

# ZVAIGŽNOTĀ DEBESS

1972./73.G.  
ZIEMA



Uz vāka 1. lpp.: Tartu observatorijas astrofiziķu grupa Riekstukalnā pie dubultteleskopa paviljona.

Uz vāka 4. lpp.: Marsa pavadoņa Fobosa fotogrāfija, kas iegūta 1971. gada 1. decembrī. Attēlā redzama pavadoņa neregulārā forma un dažāda diametra krāteri.

---

*REDAKCIJAS KOLEĢIJA: A. Alksnis, A. Balklavs (atbild. red.), N. Cimahoviča, I. Daube (atbild. sekr.), J. Francmanis, L. Roze.*

IZDEVNIECIBA «ZINĀTNE» RIGĀ 1972

2-6-1  
103-72

LATVIJAS PSR ZINĀTŅU AKADEMIJAS  
RADIOASTROFIZIKAS OBSERVATORIJAS  
POPULĀRZINĀTNISKS GADALAIKU IZDEVUMS

1972./73. GADA ZIEMA

---

A. BALKLAVS

**DIENAS KĀRTĪBĀ —  
«MELNIE CAURUMI»**

IEVADAM

Zinātnes vēsturē atzīmēts ne viens vien gadījums, kad, pamatojoties uz pareizu teoriju, atklājums vispirms paredzēts un tikai pēc tam izdarīts praktiski. Kā piemēru šīs tēzes apstiprināšanai var minēt Mendeļejeva periodiskā likuma paredzētos un vēlāk atklātos elementus, neitrino paredzēšanu, ko 1933. gadā izdarīja Pauli, lai glābtu fundamentālos enerģijas un kustības daudzuma momenta saglabāšanas likumus un ko tikai 1956. gadā reģistrēja amerikāņu fiziķi Reiness un Kouenss, gēnu atklāšanu u. c. Iznēmums nav arī astronomija. Atgādināsim kaut vai planētas Neptūns atklāšanas vēsturi, ko, pamatojoties uz Ņūtona gravitācijas teoriju, paredzēja angļu astronoms Adamss un franču astronoms Leverjē un 1846. gadā novēroja vācu astronoms Galle, un pēdējā laikā atklātos pulsārus, kas acimredzot nav nekas cits, kā amerikāņu astronoma F. Cviki jau 1934. gadā teorētiski paredzētās neitronu zvaigznes.<sup>1</sup> Pašlaik esam jauna atklājuma priekšvakarā — astrofiziķi nopietni ķērušies pie jaunu kosmisko objektu — «melno caurumu» — meklēšanas. Kas ir šie objekti ar tik dīvainu nosaukumu?

---

<sup>1</sup> Par pulsāriem skat. A. Balklava rakstu «Pulsāri? Kas tie tādi?» žurnālā «Zvaigzne», 1969., Nr. 21, 3. lpp.

## ALTERNATIVA: VAI NU «MELNIE CAURUMI», VAI CITA (NEEINŠTEINA) GRAVITĀCIJAS TEORIJA

«Melnie caurumi» ir objekti, kuru esamību paredz mūsdienu zvaigžņu evolūcijas teorija un gravitācijas teorija — Einšteina vispārīgā relativitātes teorija. Lai to labāk saprastu, apskatīsim vispārīgos vilcienos secinājumus, kādi izriet no šīm abām teorijām.

Zvaigznes nav mūžīgas. Tās rodas, staro un beidz savu eksistenci līdzīgi visiem citiem konkrētiem matērijas veidojumiem. Zvaigznes evolūciju virzošais un noteicošais spēks ir zvaigznē ietvertās gāzu masas gravitācijas potenciālā enerģija. Kad izkliedētā gāzu masā rodas noteikta lieluma blīvuma fluktuācijas, gāzes masa sāk sablīvēties pati savas gravitācijas ietekmē. Šo momentu var uzskatīt par zvaigznes jeb, labāk teikt, protozvaigznes dzimšanas momentu, jo protozvaigzne vēl nespīd, bet par zvaigznēm, kā zināms, mēs saucam pašspidošus debess ķermeņus, kas sastāv no sakaitētām gāzēm līdzīgi mūsu Saulei.

Uz protozvaigznes centru krītošo gāzu masu kinētiskā enerģija pāriet šo masu siltuma enerģijā, t. i., blīvumam centrā pieaugot, temperatūra palielinās. Kad šādā veidā temperatūra protozvaigznes centrā sasniedz vairākus miljonus grādu, sākas kodoltermiska reakcija jeb — kā to dēvē zvaigžņu evolūcijas teorijā — ūdeņraža degšanas stadija, kuras gaitā, četriem ūdeņraža atomkodoliem pakāpeniski apvienojoties, rodas viens hēlija atoma kodols un izdalās lieli enerģijas daudzumi,<sup>2</sup> kas tiek izstaroti apkārtējā telpā. Kad ūdeņraža krājumi zvaigznes kodolā ir izdeguši, zvaigzne turpina sarauties. Saraušanās procesā no jauna notiek zvaigznes gravitācijas potenciālās enerģijas transformācija gāzu masu kinētiskajā enerģijā un, blīvumam centrā pieaugot, temperatūra turpina augt, līdz sasniedz lielumu, kāds nepieciešams, lai sāktos nākamā kodolpārvērtības stadija — hēlija degšana, kuras rezultātā, trim hēlija atomu kodoliem apvienojoties, rodas oglekļa atoma kodols un atkal izdalās lieli enerģijas daudzumi.

Pēc hēlija izdegšanas zvaigznes kodolā sākas oglekļa degšana un veidojas skābeklis, pēc tam notiek skābekļa degšana utt. Kodolmateriālu degšanas laikā starojuma un gāzu spiediens, kas vērsts uz zvaigznes ārpusi, līdzsvaro gravitācijas radīto spiedienu, kas vērsts uz zvaigznes centru, un uz zināmu laiku aptur zvaigznes saraušanos. Pēc attiecīgās reakcijas izbeigšanās, t. i., kodolmateriāla izdegšanas, nelīdzsvarotais

---

<sup>2</sup> Viena šāda elementāra akta laikā, kurā četri ūdeņraža atoma kodoli apvienojas vienā hēlija atoma kodolā, izdalās apmēram  $4,31 \cdot 10^{-5}$  ergu liels enerģijas daudzums. Zinot, ka Saulē ir ap  $10^{56}$  reaģētspējīgi ūdeņraža atomkodoli, var aprēķināt kopējo enerģiju, kas var izdalīties Saulē ūdeņraža degšanas procesā.

gravitācijas spiediens saspiež kodola vielu, līdz temperatūra vai spiediens tajā pieaug tiktāl, ka var sākties jauns kodolmateriāla pārvērtību cikls.

Protams, šis apraksts ir patiesās ainas stiprs vienkāršojums. Elementu kodoltermisko pārvērtību virkne ir ļoti sarežģīta, ar daudziem reakciju atzarojumiem, kas norit noteiktos temperatūras un spiediena apstākļos zvaigznes dzīlēs. Šajā sakarībā īpaši jāatzīmē zvaigznes masas noteicošā ietekme gan uz tās vai citas reakcijas norises iespējamību vispār, gan arī uz šo reakciju norises ātrumu. Tā, piemēram, ja zvaigznes masa ir lielāka par 10 Saules masām, tad ūdeņraža krājumi zvaigznes kodolā izdeg ļoti ātri — apmēram  $10^6$ — $10^7$  gados, kas izskaidrojams ar to, ka gravitācijas izraisītais spiediens zvaigznes kodolā ir ļoti liels, kodola temperatūra ir augstāka, un ūdeņraža degšanas reakcija norit straujāk. Saules tipa zvaigznēm ūdeņraža degšana zvaigznes kodolā ilgst ap  $10^{11}$ — $10^{12}$  gadu, bet zvaigznēm, kuru masas ir mazākas par Saules masu, vēl lēnāk — degšanas ilgums šajā gadījumā pārsniedz Galaktikas vecumu. Taču svarīgi ir tas, ka gravitācija un atdzišana (enerģijas izstarošana kosmiskajā telpā) automātiski virza zvaigzni no vienas evolūcijas stadijas otrā.

No zvaigznes masas atkarīgs arī zvaigznes galīgais liktenis. Mūsdienīgu zvaigžņu evolūcijas teorija paredz trīs iespējas. Ja zvaigznes masa ir mazāka par 1,2 Saules masām, tad gravitācija saspiež zvaigznes kodola vielu, kamēr tās blīvums pieaug līdz vairākiem desmitiem tonnu kubikcentimetrā. Pie šādiem blīvumiem elektroni zvaigznes kodolā veido deģenerētu elektronu gāzi, kuras pretpiediens līdzsvaro gravitācijas spiedienu un aptur zvaigznes tālāku saraušanos. Rodas stabils veidojums — baltais punduris, kas savu nosaukumu ieguvis izstarotās baltās gaismas un mazo izmēru dēļ. Balto punduru diametri nepārsniedz dažus desmitus tūkstošus kilometru, tātad pēc apjoma tie ir apmēram tikpat lieli kā planēta Jupiters. Starojums pēc savas dabas ir termisks. Klasisks baltā pundura piemērs ir slavenais Sīriusa pavadoņs.

Ja zvaigznes masa ir lielāka par 1,2, bet mazāka par apmēram 2 Saules masām, tad zvaigzne beidz savu evolūciju kā neitronu zvaigzne.<sup>3</sup> Neitronu zvaigznes šādu nosaukumu guvušas tādēļ, ka to kodoli sastāv no neitroniem, kas veido deģenerētu neitronu gāzi. Atgrūšanas spēki starp neitroniem ir pietiekami lieli (resp., zvaigznes masa ir pietiekami maza), lai līdzsvarotu gravitācijas spiedienu un atturētu zvaigznes tālāku saraušanos. Vietas blīvums neitronu zvaigznes kodolā sasniedz vairākus desmitus un simtus miljonu tonnu kubikcentimetrā, bet neitronu zvaigžņu izmēri nepārsniedz dažus desmitus kilometru. Fizikālie apstākļi neitronu

---

<sup>3</sup> Par neitronu zvaigznēm skat. A. Balklava rakstu «Neitronu zvaigznes» žurnālā «Zinātne un Tehnika», 1968., Nr. 3, 9. lpp.

zvaigžņu dzīlēs ir ļoti savdabīgi.<sup>4</sup> Kā jau minēts, neitronu zvaigznes pašlaik identificē ar angļu astronomu 1967. gadā atklātajiem pulsāriem.

Ja zvaigznes masa pēc visu kodolenerģijas resursu izsmelšanas ir lielāka par divām Saules masām,<sup>5</sup> tad deģenerētas neitronu un pat hieperonu gāzes spiediens nevar līdzsvarot milzīgo gravitācijas spiedienu, t. i., apstādināt zvaigznes saraušanos. Saraušanās šajā gadījumā ir neierobežota, resp., zvaigzne pārdzīvo tā saucamo gravitācijas kolapsu, kura rezultātā tad tā arī pārvēršas par «melno caurumu».

Tātad «melnie caurumi» ir lielas masas zvaigžņu evolūcijas gala posms, ja vien tās evolūcijas gaitā nav atbrīvojušās no «liekās» masas, kas tām ļautu pārvērsties par baltajiem punduriem vai neitronu zvaigznēm. Taču šeit jāuzsver, ka pašlaik nav nekāda pamata pieņemt, ka šāda atbrīvošanās no «liekās» masas notiek vienmēr. Domājams, ka vismaz daļa masīvo zvaigžņu galu galā pārvēršas par «melnajiem caurumiem». Bet, pirms sākam apskatīt «melno caurumu» neparastās īpašības, vēlreiz jāuzsver, ka to eksistence, jeb, kas ir tas pats, secinājums par gravitācijas kolapsa neizbēgamību noteiktām zvaigžņu masu vērtībām, ir specifisks vispārīgās relativitātes teorijas secinājums. Šajā nozīmē ir vietā alternatīva — vai nu «melnie caurumi», vai cita (neeinšteina) gravitācijas teorija. No Ņūtona gravitācijas teorijas «melno caurumu» eksistence neizriet. Tajā gravitācijas spēks, vielas blīvumam pieaugot (vai ķermeņa rādiusam samazinoties pie nemainīgas jeb konstantas masas), aug proporcionāli blīvumam. Neierobežots jeb, kā saka, bezgala liels gravitācijas spēks Ņūtona teorijā iespējams tikai tad, kad vielas blīvums ir bezgala liels, resp., ķermeņa rādiuss pie dotās masas ir vienlīdzīgs nullei. Turpretim Einšteina vispārīgās relativitātes teorijas būtisks secinājums ir tāds, ka gravitācijas spēks var kļūt bezgala liels jau pie galīgām vielas blīvuma vērtībām, t. i., vielas blīvumam pieaugot (vai ķermeņa rādiusam samazinoties pie konstantas masas), gravitācijas spēks, pēc Einšteina teorijas, aug proporcionāli vielas blīvumam tikai zināmā blīvuma intervālā. Pie šīm, samērā mazām, vielas blīvuma vērtībām Einšteina teorija sakrīt ar Ņūtona teoriju. Bet, tiklīdz vielas blīvums kļūst lielāks par kādu kritisku vērtību, gravitācijas spēks, kas saspiež vielu, kļūst bezgala liels. Šis bezgala lielais gravitācijas spēks turpina neierobežoti saspiezt vielu, piešķirot tai bezgala lielu blīvumu. Šo neierobežoto vielas saspiešanas procesu tad arī sauc par gravitācijas kolapsu. Kritisko blīvumu var raksturot ar t. s. gravitācijas rādiusu  $R_g$ , kas nosaka ķermeņa

<sup>4</sup> Skat. A. Balklava rakstu «Jaunas atziņas par pulsāriem». — «Zvaigžņotā debess», 1971./72. gada ziema, 12. lpp.

<sup>5</sup> Šeit svarīgi ievērot, ka zvaigznes sākuma masa, jo evolūcijas laikā dažādu nestacionāru procesu un sprādzienu rezultātā tā var daļu savas masas nomest un līdz ar to pārvērsties vai nu par balto punduri, vai neitronu zvaigzni.

izmērus, līdz kādiem tas ir jāspiež (pie konstantas masas), lai gravitācijas spēks, kas saspiež ķermeņa vielu, kļūtu bezgala liels. Kritisko rādiusu  $R_g$  nosaka ķermeņa masa, un to var aprēķināt ar šādas formulas palīdzību:  $R_g = 2GM/c^2$ , kur  $R_g$  ir gravitācijas rādiuss,  $M$  — ķermeņa masa,  $G$  — gravitācijas konstante ( $= 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg} \cdot \text{s}^2$ ) un  $c$  — gaismas izplatīšanās ātrums vakuumā ( $= 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/s}$ ). Gravitācijas rādiuss, piemēram, Saulei ir ap 3 km, bet Zemei — ap 0,4 cm.

## GAISMA «MELNO CAURUMU» GOSTĀ

Noteiktas masas ķermeņa radīto gravitācijas spēku var raksturot ar tā saucamo otro kosmisko ātrumu, t. i., ātrumu, kāds jāpiešķir kādam citam ķermenim, lai tas varētu izrauties no dotā ķermeņa gravitācijas lauka. Zemei šis ātrums ir apmēram 11 km/s, Saulei — 700 km/s utt. Lai izrautos no «melnā cauruma» bezgala lielās gravitācijas skavām, kāda tam ir zem sfēras, ko nosaka gravitācijas rādiuss, būtu nepieciešams piešķirt ķermenim bezgala lielu ātrumu. Tā kā ķermenim nav iespējams piešķirt ātrumu, kas būtu lielāks par gaismas izplatīšanās ātrumu vakuumā vai vienāds ar to, tad tas nozīmē, ka izraut ķermeni, kas šķērsojis kritisko, ar gravitācijas rādiusu noteikto sfēru (to sauc arī par Svarcšilda sfēru<sup>6</sup>), no «melnā cauruma» gravitācijas lauka nav iespējams. Pat gaismas kvants nevar pārvarēt «melnā cauruma» gravitācijas tverieni un šķērsot Svarcšilda sfēru no iekšpuses. Bet tas nozīmē, ka par ārkārtīgi interesantajiem procesiem, kas pavada vielas saspiešanu līdz bezgala lieliem blīvumiem Svarcšilda sfēras iekšienē, mēs nekādu informāciju iegūt nevaram, jo gan ķermeņi (piemēram, kosmiskais kuģis ar ekipāžu vai dažādiem mēraparātiem), gan elektromagnētiskā starojuma kvanti (kosmiskā kuģa raidījumi) var šķērsot Svarcšilda sfēru tikai vienā virzienā — no ārpusē uz iekšpusi.

Svarcšilda sfēras iekšpusē var virmot līdz nieedomājami augstām temperatūrām sakarsētas gāzu masas, rasties ārkārtīgi intensīvs starojums utt., taču nekas par to neliecinās Svarcšilda sfēras ārpusē. Kā parādījis pazīstamais padomju astronoms V. Ginzburgs, šīs sfēras ārpusē neizlauzīsies arī magnētiskie lauki. Tā ir īsta gravitācijas noslēgšanās, un šī iemesla dēļ tad arī «melnie caurumi» ir dabūjuši savu eksotisko nosaukumu, jo tie ir patiešām melni caurumi kosmiskajā telpā, kas visu uzsūc, bet neko neizstaro, neko neizdod ārpusē. Savu eksistenci tie atklāj tikai ar savu gravitācijas lauku un tiem procesiem, kas norit Svarcšilda sfēras ārpusē, īpaši tās tiešā tuvumā.

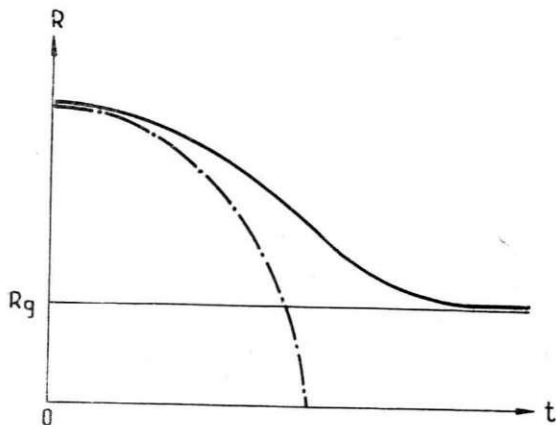
<sup>6</sup> Sfēra savu nosaukumu saņēmusi par godu amerikāņu astrofiziķim K. Svarcšildam, kas 1916. gadā aprēķināja sfēriski simetriska nerotējoša ķermeņa kolapsu.

Tā kā zvaigznes kolapss ārējam, resp., tālu no kolapsējošās zvaigznes novietotam novērotājam ir nepārtraukts process, kas nekad nebeidzas, tad «melno caurumus» literatūrā mēdz dēvēt arī par sastingušām zvaigznēm un kolapsāriem.

### «MELNO CAURUMU» TUVUMA

Kā jau atzīmēts, «melnie caurumi» ir «bīstami» tikai tad, ja šķērso Svarcšilda sfēras robežu, jo tikai uz tās gravitācijas spēks kļūst bezgala liels. Tuvoties šai sfērai un pētīt savdabīgās parādības, kādas norit ļoti lielu gravitācijas lauku apstākļos, var principā neierobežoti. Un šīs parādības ir patiešām ļoti īpatnējas, jo «melno caurumu» tuvumā laika ritms un telpas ģeometrija vairs nepakļaujas mums pazīstamās Eiklida ģeometrijas likumiem, bet gan relativitātes teorijas likumiem, bet tie, kā zināms, māca, ka vienas un tās pašas parādības gaita dažādās atskaites sistēmās ir dažāda. Šī parādība saistīta ar to, ka gravitācijas lauki, it sevišķi ļoti spēcīgi gravitācijas lauki, kādi tie ir «melno caurumu» tuvumā, ļoti izmaina telpas un laika metriskās īpašības — liec telpu un palēnina laika ritumu.

Tas, piemēram, nozīmē, ka jebkurš process, lai cik ātrs tas arī nebūtu pēc Svarcšilda sfēras tuvumā esoša novērotāja laika, novērotājam,

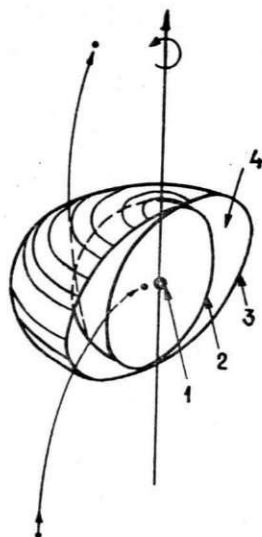


1. att. Uz «melno caurumu» brīvi kritoša ķermeņa paša laiks, ko mēra pavadošs (iekšējais) novērotājs, ir galīgs (pārtrauktā līnija). Ārējais novērotājs redz kritošo ķermeni asimptotiski tuvojoties Svarcšilda sfērai. Pēc ārēja novērotāja laika (nepārtrauktā līnija) šis process turpinās bezgala ilgi.  $R$  — attālums līdz «melnā cauruma» centram,  $R_g$  — gravitācijas rādiuss,  $t$  — laiks.

kas ir tālu no šīs sfēras (sauksim to par ārējo novērotāju), liksies daudz lēnāks. Un šī starpība būs jo lielāka, jo tuvāk Svarcšilda sfērai, t. i., jo spēcīgākā gravitācijas laukā atradīsies pirmais jeb tā saucamais iekšējais novērotājs. Uz Svarcšilda sfēras robežas laika ritums attiecībā pret ārējo novērotāju pavisam apstāsies. Šī iemesla dēļ, piemēram, ārējais novērotājs nekad nevarēs konstatēt, kad iekšējais novērotājs šķērso Svarcšilda sfēras robežu. Ja iekšējais novērotājs to gribētu pavēstīt ar radioimpulsu palīdzību, kurus viņš noraidītu sinhroni



2. att. Apgabalu starp rotējoša «melnā cauruma» (1) bezgalīgas sarkanās nobīdes virsmu (3) un notikumu horizontu (2) sauc par ergosfēru (4). Ja uz «melno caurumu» kritošs ķermenis ergosfērā sadalās divās daļās, tad viena no tām var turpināt krist uz «melno caurumu», bet otra var aizlidot projām, turklāt ar lielāku miera un kinētisko enerģiju nekā sākotnējam ķermenim.



sava pulksteņa sekunžu atskaites ritmam, tad līdz ar viņa tuvošanos Svarcšilda sfērai ārējais novērotājs šos impulsus saņemtu arvien retāk un retāk. Bet pēdējā impulsa vispār nebūtu (1. att.).<sup>7</sup>

Ārējais novērotājs redzētu, ka iekšējais novērotājs ar kosmisko kuģi no sākuma paātrināti, bet pēc tam arvien lēnāk un lēnāk tuvotos Svarcšilda sfērai, bet nekad to nešķersotu. Iekšējais novērotājs, protams, pēc sava, turklāt galīga laika sprīža šķersotu Svarcšilda sfēru un vērotu dramatiskos notikumus, kas risinās šīs sfēras iekšpusē, kamēr viņa raketi un viņu pašu nesarautu milzīgie paisyuma spēki, kādiem, kā rāda daži aprēķini, jārodas bezgala lielo gravitācijas spēku darbības rezultātā. Interesanti atzīmēt, ka uz Svarcšilda sfēras robežas laiks un telpa it kā mainās vietām. Šķērsojot sfēru, novērotāja laika palielināšanās virziens sakrīt ar telpisko izmēru samazināšanās virzienu, un novērotājs nevar pagriezt savu kustību pretējā virzienā. Viņš pat nevar apstāties, jo tas nozīmētu apstādināt laiku, bet to neviens nevar.

Ir aprēķināts, ka, kolapsējot pietiekami ātri rotējošai zvaigznei, tā beigu beigās rotē ar maksimāli iespējamo ātrumu, t. i., tās virsmas ātrums ir vienāds ar gaismas izplatīšanās ātrumu vakuumā. Telpas īpašības ap rotējošu «melno caurumu» ir ļoti īpatnējas un atšķiras no telpas īpašībām ap nerotējošu «melno caurumu». Tās pētījis amerikāņu fiziķis R. Kerrs. Izrādās, ka ap rotējošu «melno caurumu» var izdalīt divas raksturīgas virsmas — bezgalīgas sarkanās nobīdes virsmu un notikumu horizontu (2. att.). Notikumu horizontu sauc arī par «vienpusēju membrānu», jo objekts, kas atrodas uz vai iekšpus notikumu horizonta, vairs nevar aizsūtīt signālu ārējam novērotājam. Notikumu horizonts šajā nozīmē var tikt uzskatīts par Svarcšilda sfēras analogu rotējošam «melnajam caurumam». Starp notikumu horizontu un bezgalīgas sarkanās nobīdes virsmu atrodas apgabals, ko sauc par «melnā cauruma»

<sup>7</sup> Jāievēro arī tas, ka, tā kā gravitācijas lauks maina (samazina) arī radiostarojuma frekvenci, tad ārējam novērotājam visu laiku būtu jāpārskatī savs uztvērējs arvien zemāku un zemāku radiostarojuma frekvenču uztveršanai.

ergosfēru. Daļiņa, kas iekļūst ergosfērā, vēl var izrauties no tās, ja vien tai piešķir noteiktu paātrinājumu. Īpatnēji ir tas, ka ergosfērā daļiņa nevar palikt mierā.

Interesanti ir amerikāņu zinātnieka R. Penrouza aprēķini, kas rāda, ka no «melna cauruma» ergosfēras var iegūt enerģiju. Izrādās, ka noteiktos apstākļos, kad ergosfērā ielidojusi daļiņa sadalās divās daļās, viens no fragmentiem var nokrist uz «melna cauruma», bet otrs izlido no ergosfēras ar lielāku enerģiju nekā bija veselajai daļiņai pirms ielidošanas. Papildu enerģiju izlidojušais fragments iegūst no «melna cauruma» rotācijas enerģijas, kas attiecīgi samazinās.

Protams, iespējams arī apgriezts process, kad daļiņa, kas ielido ergosfērā un nokrīt uz «melna cauruma», palielina tā rotācijas enerģiju. Taču, kā parādījis padomju astrofizikis G. Doroškēvičs, kritiskais šķersgriezums «melna cauruma» sadursmēm ar daļiņām, kas palielina «melna cauruma» rotācijas enerģiju, ir mazāks nekā sadursmēm, kas to samazina. Bet tas nozīme, ka gadījuma rakstura daļiņu akrēcija noved pie pakāpeniskas «melna cauruma» rotācijas momenta samazināšanās.

## «MELNO CAURUMU» VARBŪTEJĀIS DAUDZUMS GALAKTIKĀ

Ka jau atzīmēts, «melnie caurumi» ir specifisks vispārīgās relativitātes teorijas secinājums. Jebkurš, kas atzīst vispārīgo relativitātes teoriju, bet to atzīst lielum lielais vairums mūsdienu fizikā, spiests piekrist «melno caurumu» eksistences neizbēgamībai kosmosā. Neitronu zvaigznes vēl var eksistēt Ņūtona gravitācijas teorijas ietvaros, bet «melnos caurumus» šī teorija paredzēt nevar. Balstoties uz pieņēmumu, ka «melnajiem caurumiem» ir noteikti jāeksistē kosmosā, var mēģināt aprēķināt to varbūtejo daudzumu Galaktikā.

Masīvu zvaigžņu, kuru masas ir lielākas par divām Saules masām, mūsu Galaktikā ir ļoti daudz. Ir atklāts ne mazums zvaigžņu, kuru masas ir piecdesmit un vēl vairāk Saules masas lielas. Protams, tas nenozīmē, ka jebkura masīva zvaigzne beidz savu evolūciju kā «melns caurums». Evolūcijas gaitā dažādu nestacionāru procesu rezultātā zvaigzne var zaudēt un arī zaudēt daļu savas masas. Dažreiz šis process ir lēns, t. i., notiek mierīga masas iztecēšana starpzvaigžņu telpā, citreiz šim procesam ir eksplozīvs raksturs, kā tas, domājams, ir neitronu zvaigžņu veidošanās gadījumā. No otras puses, kā jau teikts, nav nekāda pamata pieņemt, ka jebkura masīva zvaigzne evolūcijas gaitā obligāti zaudē vai noņem visu savu «lieko» masu un pārvēršas par balto punduri vai neitronu zvaigzni, tādējādi izvairoties no «melna cauruma» fatālā iznākuma.

Turklāt jāievēro arī tas, ka «melnie caurumi» var rasties ne tikai tieša masīvas zvaigznes gravitācijas kolapsa rezultātā. Nav grūti iedomāties, ka «melnie caurumi» var izveidoties arī divpakāpju un vairākpakāpju procesos. Pirmajā gadījumā notiek zvaigznes kodola pārvēršanās karstā neitronu zvaigznē un tad šī kodola pakāpeniska atdzišana un pārvēršanās «melnajā caurumā». Otrajā gadījumā vispirms var rasties stabila neitronu zvaigzne un pēc tam pakāpeniskas masas (starpzvaigžņu gāzes un putekļu) akrēcijas rezultātā (starpzvaigžņu matērijas krišana uz neitronu zvaigzni), kad zvaigznes masa pārsniedz kritisko, — «melnā cauruma» izveidošanās.

Vēl jāatzīmē arī, ka pašlaik teorētiski labi izpētīts ir vienīgi sfēriski simetriskas masas kolapss. Bet tas ir ideāls gadījums. Daudz reālāks un līdz ar to daudz svarīgāks jautājums par nesimetriskas masas kolapsu vēl joprojām ir atklats. Bet tieši šajā jomā neapšaubāmi gaidāmi daudzi interesanti rezultāti, kas palīdzētu novērtēt «melno caurumu» skaitu mūsu Galaktikā. Pašlaik mēģināsim to noteikt, balstoties tikai uz musu rīcībā esošajām zināšanām.

Kā zināms, mūsu Galaktikā ir apmēram 100 miljardi zvaigžņu (spīdošu). No tā, ka mēs pašlaik novērojam apmēram 60 pulsārus, t. i., neitronu zvaigznes, var secināt, ka to daudzums Galaktikā (kopā ar jau atdzisušām, jo pulsāru dzīves laiks ir samērā īss) ir apmēram 100 miljoni. Novērtējoši statistiski aprēķini rāda, ka apmēram tādām pašām jābūt arī «melno caurumu» daudzumam mūsu Galaktikā, tātad arī 100 vai sliktākā gadījumā 10 miljoni. Tātad arī šis stipri vien vienkāršotais novērtējums rāda, ka «melnie caurumi» nekādā ziņā nevar būt kaut kādi īpaši mūsu Galaktikas un vēl jo vairāk visas Metagalaktikas objekti. To jābūt daudz, un to meklēšana ir mūsdienu astronomijas reāls uzdevums. Jautājums ir tikai par šī procesa metodoloģisko pusi, proti, pēc kādām pazīmēm un kur meklēt «melnos caurumus».

## **KĀ NOVEROT NENOVEROJAMO?**

Kā redzējām, «melna caurums» neizstaro un neatstaro. Visu, kas nonāk tā kritiskā tuvumā, tas neatvairāmi uzsūc sevi. Bet kā tad lai novēro šos šķietami nenovērojamos objektus? Izrādās, ka gluži bezcerīgs šis uzdevums tomēr nav.

Pirmkārt, «melno caurumu» var pamanīt tā veidošanās sākuma stadijā, jo gravitācijas kolapsu, ko pārdzīvo zvaigzne, pārvēršoties par «melno caurumu», pavada spēcīgs gravitācijas starojuma impulss. Arī vēlāk daļa no «melnajā caurumā» krītošās vielas masas pārvēršas gravitācijas starojumā. Taču jāatzīmē, ka šis mehānisms, izņemot vienu

gadījumū, nav sevišķi efektīvs. Aprēķini rāda, ka daļiņa, riņķojot<sup>8</sup> ap nerotējošu «melno caurumu», pirms iekrišanas tajā paspēj izstarot gravitācijas viļņu veidā tikai ap 5,7% no savas masas. Ja kustība notiek ap rotējošu «melno caurumu» pretēji «melnā cauruma» rotācijas virzienam, tad gravitācijas viļņu veidā izstarotā enerģija ir vēl mazāka — 3,8% no daļiņas masas. Un, tikai kustoties «melnā cauruma» rotācijas virzienā, daļiņa pirms iekrišanas «caurumā» paspēj izstarot 42,3% savas masas. Taču jāievēro, ka pašlaik gravitācijas viļņu uztveršana ir ļoti problemātiska, tādēļ šis «melno caurumu» meklēšanas veids pie pašreizējā zinātnes tehniskā apbruņojuma līmeņa ir nereāls. Šis uzdevums ir jāatrisina nākotnes astronomijas nozarei — gravitācijas viļņu astronomijai.

Otrkārt, «melno caurumu» var meklēt pēc tā tuvākajā apkārtnē ģenerētā elektromagnētiskā starojuma, sevišķi rentgena un gamma staru diapazonā, jo jāievēro, ka «melnie caurumi» pēc to rašanās nepaliek absolūtā tukšumā, bet gan starpzvaigžņu vidē, kas pildīta ar gāzi un putekļiem, kaut arī ļoti retiņāti. «Melno caurumu» ļoti spēcīgais gravitācijas lauks iedarbojas uz starpzvaigžņu vides gāzi un putekļiem, tos pievelkot. Krītot uz «melno caurumu», gāzē un putekļos rodas spēcīgas virpuļveida kustības un berze, kuras rezultātā viela pakāpeniski zaudē savu kustības daudzuma momentu un enerģiju. Viela saspiežas un sakarst. Aprēķini rāda, ka atkarībā no «melnā cauruma» rotācijas rakstura viela, kritot uz «melno caurumu», var izdalīt 10—20% no savas miera masas enerģijas ekvivalenta ( $mc^2$ ). Bet tas, kā zināms, ir simtiem reižu vairāk par to enerģiju, kāda izdalās kodoltermiskās reakcijās. Daļa no šīs enerģijas tiek izstarota elektromagnētiska starojuma veidā dažādos frekvenču diapazonos. Plazmas temperatūra «melno caurumu» tuvumā var sasniegt  $10^{10}$ — $10^{12}$  °K, kas nozīmē, ka šāda plazma kļūst par intensīva rentgena un gamma starojuma avotu, tā padarot «melno caurumu», faktiski tā tuvāko apkārtni, novērojamu. Šo «melno caurumu» meklēšanas paņēmieni izstrādājuši un ieteikuši padomju fiziķi akadēmiķis J. Zeļdovičs un fizikas un matemātikas zinātnu doktors I. Novikovs.

Atkarībā no akrēcijas intensitātes, t. i., no starpzvaigžņu telpā izklīdētās matērijas blīvuma, oreola vai diska spožums ap «melno caurumu» var būt ar lielām vērtībām. Piemēram, ja akrēcijas ātrums ir  $10^{-13}$  Saules masas gadā, tad «melnā cauruma» oreola vai diska spožums būs tāds pats kā Saulei. Ja «melnā cauruma» masa ir 10 Saules masas un akrēcijas ātrums ir  $10^{-7}$  Saules masas gadā, tad «melnaiss caurums» būs novērojams kā intensīva rentgenstarojuma avots. Tomēr jāatzīmē, ka

---

<sup>8</sup> Riņķojot ap «melno caurumu», daļiņa kustas paātrināti un izstaro gravitācijas viļņus. Šī starojuma rezultātā tā zaudē daļu savas enerģijas un sāk kustēties pa orbitām, kas atrodas arvien tuvāk un tuvāk «melnajam caurumam», kamēr nonāk «melnā cauruma» kritiskā tuvumā un iekrīt tajā.

intensīvas akrēcijas gadījumā arī izdalītais starojums kļūst tik intensīvs, ka starojuma spiediens atdzen daļu kritošās vielas atpakaļ. Tas nosaka robežu maksimāli iespējamam akrēcijas ātrumam un līdz ar to arī maksimāli iespējamam «melnā cauruma» apkārtnes spožumam, kas nevar pārsniegt Saules spožumu vairāk nekā dažus miljonus reizi.

Treškārt, «melnos caurumus» var meklēt arī pēc sakarsētajiem plazmas izvirdumiem, kam jārodas rotējošu «melno caurumu» ergosfērā specifisko fizikālo apstākļu rezultātā.

### **KUR MEKLĒT «MELNOS CAURUMUS?»**

Ir pilnīgi skaidrs, ka sameklēt Galaktikas plašumos izolētus «melnos caurumus», kuru izmēri nepārsniedz dažus desmitus kilometru, ir pagaidām bezcerīgs pāsākums, jo ārkārtīgi niecīgie virsmas laukumi neļauj to tuvumā sagūstītās matērijas starojumu izdalīt uz daudz spožāk spīdošo zvaigžņu fona, ja vien starpzvaigžņu matērijas blīvums «melno caurumu» tuvumā nav liels un līdz ar to akrēcija ir intensīva. Šī iemesla dēļ astronomu uzmanība pašlaik pievērsta dubultzvaigžņu sistēmām, kuru ir ļoti daudz — gandrīz puse mūsu Galaktikas zvaigžņu.

Parasti mēs novērojam abas sistēmas komponentes. Bet, ja tās atrodas tuvu viena otrai, tad tās var atdalīt tikai pēc to spektra, jo, kustoties ap kopējo smaguma centru, vienas zvaigznes spektrāliniju sistēma ir nobīdīta pret otras zvaigznes spektrāliniju sistēmu Doplera efekta darbības dēļ.

Ja dubultzvaigžņu sistēmā ieiet «melna caurums», tad tas nebūs redzams, jo «melna caurums» pats neizstaro. Dubultzvaigžņu novērojumi ļauj aprēķināt tā saucamo sistēmas masas funkciju, kurā ietilpst abu komponentu masas un orbītas nolieces leņķis pret skata virzienu. Zinot šo funkciju un vienu no komponentes masām, var noteikt arī otras neredzamās komponentes masu. Un, ja tā ir lielāka par divām Saules masām, tad var sākt domāt par tās piederību pie «melnajiem caurumiem». Uz šādu «melno caurumu» meklēšanas iespēju (proti, meklēt tādas dubultzvaigznes, kurās viena komponente ir redzama, bet otra ar lielu masu — neredzama) pirmie norādījuši jau pieminētais akadēmiķis J. Zel'dovičs un padomju astrofiziķis O. Guseinovs.

Otra iespēja ir meklēt «melnos caurumus» ciešu dubultzvaigžņu sistēmās. Šādās sistēmās ļoti bieži notiek masas pārplūde no vienas sistēmas komponentes uz otru, t. i., viena dubultzvaigzne zaudē masu, kas aizplūst uz otru. Šādā veidā viena no zvaigznēm var zaudēt lielu daļu savas masas, resp., masas plūsma var būt ļoti intensīva. Un, ja šī otrā komponente, kuras gravitācijas lauks norauj pirmās zvaigznes apvalku, ir «melna caurums», tad, kā jau iepriekš atzīmēts, ap «melno caurumu» radīsies

intensīvi starojošs oreols vai disks, resp., sakaitētās gāzes pirms iekrišanas «melnajā caurumā» atdos daļu savas enerģijas elektromagnētiska starojuma veidā. Šī oreola starojums atšķirsies no parastā zvaigžņu starojuma ne tikai ar to, ka ļoti augsto temperatūru dēļ tajā ģenerēsies rentģena un gamma starojums, bet arī ar to, ka šī starojuma intensitāte stipri fluktuēs gāzu pārplūdes turbulentā rakstura dēļ. Šāda spožuma fluktuācijas uzrādītu arī izolēta «melnā cauruma» oreols, ja šis «melns caurums» atrastos blīvā gāzu mākonī.

### «MELNO CAURUMU» KANDIDĀTI

Izskatot pazīstamās dubultzvaigžņu sistēmas, dažādi autori ir norādījuši uz vairākām sistēmām, kurai vienu no komponentēm var turēt aizdomās kā «melno caurumu». Tabulā dots neliels šādu dubultzvaigžņu sistēmu saraksts.

Kā redzams no tabulas, tad neredzamo komponentu masas var saņiegt ļoti lielas vērtības — 10, 20, 23 Saules masas. Izskaidrot, kāpēc šādas masas zvaigznes nav redzamas, neņemot palīgā «melnos caurumus», ir grūti.

Sevišķi interesantas šajā sarakstā ir aptumsuma dubultzvaigžņu sistēma Vedēja  $\epsilon$  un spektrālā dubultzvaigžņu sistēma Dviņu  $\delta$ . Pirmo pētījis amerikāņu astrofiziķis A. Kamerons, otro — padomju astrofiziķi O. Guseinovs un H. Novruzova. Vedēja  $\epsilon$  sistēmas periods ir lielāks par 27 gadiem. Galvenā komponente ir F2 klases pārmilzis, kura masa ir aptuveni 35 Saules masas. Neredzamās komponentes minimālā masa, kas noteikta ar masas funkcijas palīdzību, ir 23 Saules masas liela. Aplūkojot šo sistēmu tuvāk, redzam, ka situācija ir diezgan paradoksāla — sistēma ir aptumsuma dubultzvaigžņu sistēma, kas nozīmē, ka galveno zvaigzni ar 27 gadu periodu kaut kas aizēno, bet šis «kaut kas» galīgi nav redzams. A. Kamerons to izskaidro tā, ka neredzamo komponenti, kas ir «melns caurums», aizsedz biezs kosmisko putekļu mākonis, ko «melns caurums» savācis no kosmiskās telpas. Mākoņa forma ir vai nu sfēra, vai disks. To izmēri ir ap 12 astronomiskās vienības. Ja putekļu daļiņas nav mazākas par 0,5 cm, tad tas dod iespēju izskaidrot, kāpēc aptumsuma laikā, kad uz Zemes redzams tikai 48% no zvaigznes gaismas, nemainās zvaigznes krāsa un neparādās zvaigznes gaismas polarizācija.

A. Kamerons apskatījis arī citu modeli, proti: Vedēja  $\epsilon$  ir ļoti jauna sistēma un neredzamā komponente ir protozvaigzne, t. i., putekļu un gāzu mākonis, kas pašlaik tikai sāk kondensēties pats savas gravitācijas iespaidā. Taču šī hipotēze ir jānoraida, jo, ja zvaigzne vēl nav izgājusi galvenās secības stadiju, tad tās temperatūrai ir jāaug par 3—5° gadā. Tas tomēr nav novērots. Bez tam putekļu un gāzu mākonim ar masu

Zvaigzne	Periods (dien-naktīs)	Redz. komp. masa (Saules masās)	Neredz. komp. masa (Saules masās)	Autori	Piezīmes
Perseja KS Pāva ξ	360,5 2214	5 4	10 4,4	O. Guseinovs, J. Zeļdovičs (1965),	«Melnos caurumus» paredz pēc nestarotjošas masas, ap kuru griežas redzamā zvaigzne
HD 187399	28	4	6,8	V. Trimbls, K. Tornis (1969)	
HD 193928	21,6	10	14,2		
HD 33232	3710	11	23		
Eridana ω Oriona 49 Vērša 71 Udensvīra ξ	3057 445,7 5200 8016	1,9 2,2 1,8 2	3,3 2,4 3,7 2,4	V. Trimbls, K. Tornis (1969)	
Dviņu δ	2239	1,8	6,3	V. Trimbls, K. Tornis (1969), O. Guseinovs, H. Novruzova (1971)	
HD 194495	4,9	6	2,8	Dž. Gibons, S. Houkings (1971)	
Vedēja ε Liras β	9900 13	35 10	23 20	A. Kamerons, D. Devinnejs (1971)	«Melnos» caurumus» paredz pēc spoža matērijas diska ap tiem

23 Saules masas un izmēriem 12 astronomiskās vienības centrā būtu jābūt temperatūrai ne mazākai par 10 000 °K. Taču arī tas nav novērots.

Arī citu iespējamo variantu analīze, kas ļautu izskaidrot Vedēja ε sistēmas<sup>9</sup> dīvainības, rāda, ka A. Kamerona hipotēze par «melno caurumu» šajā sistēmā ir ļoti piemērota, taču nav gluži neapstrīdama. Nepieciešami turpmāki novērojumi. Jāatzīmē, ka amerikāņu astronoms R. Stočers atklājis vēl vienu Vedēja ε sistēmai līdzīgu sistēmu — Herkulesa 89, kurai putekļu mākonis ap neredzamo komponenti ir vēl masīvāks.

<sup>9</sup> Sīkāk par Vedēja ε sistēmu skat. U. Dzērvīša rakstā «Kolapsārs aptumsuma dubultzvaigznē». — «Zvaigžņotā debess», 1972. gada vasara, 26. lpp.

Dviņu  $\delta$  sistēma ir, kā jau teikts, spektrāla dubultzvaigžņu sistēma. Otrā komponente ir absolūti neredzama. Nav novērojams nedz galvenās komponentes aptumsums, nedz gāze, nedz putekļi, nav novērojama arī masas pārplūde no vienas komponentes uz otru. Nav konstatējams ne rentģena, ne ultravioletais, ne redzamās gaismas, ne radiostarojums. Tātad tā ir patiešām absolūti neredzama otrā komponente un turklāt, pastāvot noteikumam, ka tā ir vismaz 4 reizes masīvāka par galveno komponenti, kuras masa ir 1,8 Saules masas. Grūti izskaidrot, kāpēc nav redzams šādas masīvas zvaigznes starojums, ja vien šī zvaigzne nav... «melns caurums». Vai teiktais nozīmē, ka «melns caurums» beidzot tomēr ir atrasts? Semahas astronomiskās observatorijas astronomi O. Gušeinovs un H. Novruzova ar šādu apgalvojumu nesteidzas.  $\delta$  Dviņus sistemātiski pētī, lai gūtu skaidru atbildi uz visiem «par» un «pret». Bet sistēma, kā redzējām, ir ļoti perspektīva.

Padomju astrofiziķi R. Sjuņajevs un N. Sakura P. Sternberga Valsts astronomiskā institūta, PSRS ZA Pielietojamās matemātikas institūta un PSRS ZA P. Ļebedjeva Fizikas institūta apvienotajā astrofizikas seminārā ziņoja par saviem aprēķiniem, kas liek uzskatīt par «melno caurumu» kandidātiem arī Volfa—Raijē zvaigznes. Tās ir masīvas zvaigznes ar masām vidēji 10 Saules masu, un to spektri norāda uz intensīvu masas iztecēšanu no šo zvaigžņu atmosfērām. R. Sjuņajeva un N. Sakura pētījumi rāda, ka pie akrecijas ātruma  $10^{-7}$  Saules masas gadā «melns caurums» imitētu ultravioletu zvaigzni, kuras spožums būtu apmēram miljons reižu lielāks nekā Saulei un no apvalka izplūstošās vielas kinētiskā enerģija — ap  $10^{38}$ — $10^{39}$  ergi/s. Šie parametri ļoti atgādina Volfa—Raijē tipa zvaigžņu parametrus, kas tad arī liek uzmanīgi izskatīt jautājumu par Volfa—Raijē zvaigžņu iespējamo piederību pie «melnajiem caurumiem». Pašlaik astronomiem zināmas 180 Volfa—Raijē zvaigznes, 50 no tām ietilpst dubultzvaigžņu sistēmās.

Pavisam nesen «melno caurumu» meklētājus iepriecināja jauns atklājums — dubultzvaigžņu sistēmā tika konstatēts rentģenstaru pulsārs Centaurs XR-3. Arī rentģenstaru avots Gulbis XR-1, šķiet, ietilpst dubultzvaigžņu sistēmā. Šie atklājumi ir iepriecinoši, — tie dod jaunu pamatu meklēt dubultzvaigžņu sistēmās «melnos caurumus», jo šādā sistēmā atklātā neitronu zvaigzne (rentģenstaru pulsārs) norāda, ka zvaigžņu evolūcijas gaita šādās sistēmās kardināli neatšķiras no izolētu zvaigžņu evolūcijas, un līdz ar to gūst apstiprinājumu pieņēmums par «melno caurumu» meklēšanas mērķtiecību šajās sistēmās.

## NOBEIGUMS

Astronomisko atklājumu dienas kārtībā tātad ir «melnie caurumi». Pēdējā laikā interese par šiem objektiem ir krasi pieaugusi. Šo interesi neapšaubāmi ir stimulējusi neitronu zvaigžņu, t. i., pulsāru, atklāšana,



kas apstiprināja mūsdienu zvaigžņu evolūcijas teorijas pamatpieņēmumu pareizību un līdz ar to palielināja ticību arī cita no šīs teorijas izrietoša secinājuma — «melno caurumu» eksistencei.

Sevišķi daudz ir strādājuši teorētiķi, lai noskaidrotu ar «melno caurumu» fiziku saistītos jautājumus. Viņu darbs deva iespēju izveidot «melno caurumu» meklēšanas metodiskos principus un apbruņot ar tiem novērotājus. Ir sastādīts vesels «melno caurumu» kandidātu saraksts, un šajā sarakstā ietilpstošos objektus intensīvi pēta. Kā redzējam, daži no tiem ir sevišķi perspektīvi. Viss teiktais liecina, ka situācija astronomijā ir nobriedusi «melno caurumu» atklāšanai un ka visā drīzumā<sup>10</sup> šie daudzējādā ziņā dīvainie kosmiskie ķermeņi kļūs par plašu un intensīvu astronomisko pētījumu objektiem. Pētījumu rezultāti bagātinās mūsu zināšanas ne tikai par šiem ļoti interesantajiem objektiem, to ģenētisko sakaru ar citiem kosmiskiem objektiem un lomu galaktiku evolūcijā, bet arī, un kas ne mazāk svarīgi, ļaus iegūt fundamentālas atziņas par laika un telpas īpašībām ekstremālu gravitācijas lauku apstākļos.<sup>11</sup>

A. ALKSNIS

## FOBOSS UN DEIMOSS

*(Marsa pavadõņu mīklas atminējums)*

«Viņi atklājuši arī divas mazākas zvaigznes jeb satelītus, kas griežas ap Marsu; no tiem tuvākais atrodas no šīs planētas centra tādā attālumā, kas trīskārt pārsniedz tās diametru, bet tālākā satelīta atstatums ir piecreiz lielāks par planētas diametru; pirmais apgriežas ap Marsu desmit stundās, otrais — divdesmit vienā ar pusi, tā ka to apgriešanās laika kvadrāts ir gandrīz proporcionāls viņu atstatumu kubam no Marsa centra, un

---

<sup>10</sup> Izteiktas prognozes, ka šis atklājums notiks 1973. gadā. Šīs prognozes pamatā ir fakts, ka neitronu zvaigznes atklāja 34 gadus pēc to paredzēšanas, t. i., 1967. gadā. Pieņemot, ka tādām pašam laika sprīdim jāpauē arī līdz «melno caurumu» atklāšanai, var gaidīt, ka tā notiks jau minētajā gadā, jo amerikāņu fiziķi R. Openheimers un H. Snaiders tos teorētiski paredzēja 1939. gadā.

<sup>11</sup> Šajā sakarībā ir izteiktas pat pavisam fantastiskas hipotēzes, proti, ka «melnie caurumi» būs tās vietas, kur būs iespējami ceļojumi laikā un telpā, t. i., ka «melno caurumu» tuvumā, kur to ārkārtīgi spēcīgais gravitācijas lauks radikāli izmaina telpas un laika struktūru, būs iespējams ienirt vienā telpas apgabalā un iznirt citā telpas apgabalā citā laika momentā. Taču šie jautājumi, kā jau atzīmēts, robežo ar fantastiku, tādēļ tos šeit tuvāk neapskatīsim.

tas skaidri liecina, ka uz šiem pavadoņiem attiecas tas pats gravitācijas likums, kam pakļauti visi pārējie debess ķermeņi.»<sup>1</sup>

Tā rakstīja jau 1726. gadā lielais angļu satīriķis Džonatans Svifts (1667.—1745.). Pēc tam arī Voltērs, viens no populārākajiem 18. gs. apgaismības darbiniekiem un rakstniekiem, savā filozofiskajā stāstā «Mikromegs» (1752.) apraksta, kā Sīriusa planētu sistēmas iedzīvotājs kopā ar filozofu no Saturna ceļojumā pa Saules sistēmu atklāj divus Marsa pavadoņus: «Atstādami Jupiteru, viņi šķērsoja ap simt miljonu jūdžu garu platību un gaja garam Marsa planētai, kas, kā zināms, ir piecreiz mazāka par mūsu mazo zemi; viņi redzēja divus mēnešus, kas kalpoja šai planētai un kas izbēguši mūsu astronomu skatiem...»<sup>2</sup>

Bet tagad no daiļliteratūras mazliet pievērsisimies Marsa pavadoņu atklāšanas vēsturei.

Saksijas astronoms Kindermans ap 18. gs. vidu apgalvoja, ka atradis ļoti spožu Marsa pavadoņi. Taču tikai H. Medlers 1830. gadā ar nelielu teleskopu, kam objektīva diametrs 100 mm, uzsāka sistemātiskus Marsa mēnešu meklējumus. Tie beidzās nesekmīgi. 1864. gadā dāņu astronoms d'Arrests Kopenhāgenā ar 10 collu refraktoru arī meklēja Marsa pavadoņus, sasniedzot 12.—13. lieluma zvaigznes, taču nemanīja nekādu pavadoņu eksistences pazīmju.

1877. gadā opozīcijas laikā Marss bija ļoti tuvu Zemei. Tik tuvu šī planēta atradās vienīgi 1845. gadā, taču toreiz vēl neeksistēja Vašingtonas observatorijas 66 cm refraktors. 1877. gadā tas bija pasaules lielākais teleskops refraktors. Asafs Holls, kura rīcībā tolaik atradās šis instruments, nolēma uzsākt nopietnus Marsa pavadoņu meklējumus. 11. augustā Holls, izvirzījis pašu planētas disku ārpus teleskopa redzes lauka, saskatīja niecīgu gaismas punktiņu. Tikai 16. augustā, pēc mākoņaina perioda, viņš varēja pārliecināties, ka vājš spīdekļis patiešām ir Marsa pavadoņš. Nākošajā, 17. augusta naktī Holls atrada arī otru Marsa pavadoņi, kas ceļoja ap Marsu iekšpus pirmatklātā pavadoņa orbitas, tāpēc bija vēl grūtāk saskatāms. Šis pavadoņš parādījās vienā un tai pašā naktī gan vienā, gan otrā planētas redzamās rīpiņas malā, un sākumā novērotājam radās iespaids, ka viņš redz veselu pavadoņu saimi. Tad par lielu pārsteigumu atklājās, ka iekšējais pavadoņš apriņķo Marsu laika sprīdī, kas ir isāks nekā pašas planētas rotācijas perioda puse.

Atklājējs deva pavadoņiem vārdus Deimoss (Bailes) un Foboss (Sausmas), pēc Iliādas, kur tā nosaukti pavadoņi, kas kaujās pavada Areju (Marsu). Foboss ir planētas tuvākais, Deimoss — tālākais pavadoņš. Tie pieder pie visgrūtāk novērojamiem Saules sistēmas objektiem. Tas ir galvenokārt tāpēc, ka šie debess ķermeņi atrodas ļoti tuvu planētas diskam.

<sup>1</sup> Dž. Svifts. Lemjuela Gulivera, sākumā ķirurga, vēlāk vairāku kuģu kapteiņa, ceļojumi pie dažādām tālām pasaules tautām. Rīgā, 1959., 177. lpp.

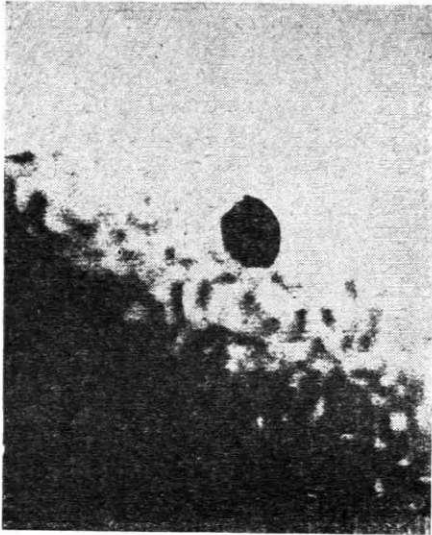
<sup>2</sup> Voltērs. Rakstu izlase. Rīgā, 1945., 75. lpp.

kura spožā gaisma nomāc pavadoņuniecīgo spīdumu. Fobosu un Deimosu pirmo reizi nofotografēja Pulkovas observatorijā 1896. gadā.

Tālāko novērojumu rezultātā noskaidrojās, ka Fobosa apriņķošanas periods ir 7 stundas 39 minūtes, t. i., vairāk nekā trīsreiz isāks par Marsa rotācijas periodu. Tāpēc Foboss lec rietumos, bet noriet austrumos, — tas ir vienīgais šāda veida gadījums Saules sistēmā. Fobosa augstums virs planētas virsmas ir ap 6000 km. Deimoss apriņķo planētu 30 stundās un 18 minūtēs, tā augstums virs planētas virsmas ir ap 20 000 km. Salīdzinot iepriekš minēto notikumu hronoloģiju, redzam, ka Dž. Svifts par tiem devis īstenībai samērā labi atbilstošas ziņas jau 150 gadus pirms to atklāšanas. Kā Svifts varēja paredzēt Marsa pavadoņu eksistenci? Tas šķiet pārsteidzoši. IZRĀDĀS, ka par Marsa pavadoņiem astronomi prātojuši jau agrāk. Septiņpadsmitajā gadsimtā bija zināmi 4 Jupitera spožie pavadoņi, kurus atklāja jau Galilejs, kā arī 5 Saturna mēneši. Tā kā Zemei ir viens Mēness, tad secināja, ka Marsam, kura orbīta atrodas starp Zemes un Jupitera orbītu, jābūt diviem pavadoņiem, atstājot iedomātai «pazudušajai» planētai, kuras orbīta esot starp Marsu un Jupiteru, trīs pavadoņus. Saprotams, ka šādai spēlei ar skaitļiem nebija nekāda pamata, jo īstenībā, kā tagad zināms, Jupiteram ir 12, bet Saturnam 9 pavadoņi. Sviftam neapšaubāmi bija pazīstamas tā laika astronomijas atziņas un problēmas. Jādoma, ka viņš labi zināja Jupitera tuvāko pavadoņu attālumu no šīs planētas centra. Ja attālumus izsaka Jupitera diametros un noapaļo, tad dabū tieši tos skaitļus, ko par Marsa pavadoņiem lasām Gulivera ceļojumos. Iedomāto Marsa pavadoņu apriņķošanas periodu Svifts nevarēja izrēķināt tāpēc, ka tolaik Marsa masa nebija zināma. Svifta uzdotie apriņķošanas laiki ir ceturtdaļa no Jupitera abu tuvāko pavadoņu apriņķošanas periodiem. Jāatzīst, ka Sviftam palaimējies diezgan labi uzminēt šo Marsa pavadoņu orbītu datus.

## VAI FOBOSS TUVOJAS MARSAM?

1945. gada amerikāņu astronoms B. Šarpless izpētīja Fobosa kustību pēc novērojumiem, ko, sākot ar 1877. gadu, bija ieguvis Hermanis Strūve Pulkovas observatorijā, kā arī pēc jaunākiem novērojumiem, kas sniedzas līdz pat 1941. gadam. Viņš secināja, ka Fobosa kustības ātrums nepārtraukti pieaug. Saskaņā ar Keplera trešo likumu tas nozīmē, ka samazinās Fobosa orbītas rādiuss. Pēc 70 miljoniem gadu Fobosa ātrums sasniegtu jau 3,5 km sekundē un orbīta pieskartos Marsa virsmai. Tātad Foboss nokristu uz Marsa. Zinātnieki dažādi mēģināja izskaidrot šo parādību. Iespējams, ka pavadoņi bremzē ap Marsu esošās putekļu daļiņas vai planētas paisyuma un bēguma spēki. Padomju astrofizikis J. Sklovskis 1959. gadā aplūkoja iespējamus spēkus, kas varētu mainīt Fobosa kustību, un nāca pie slēdziena, ka ar to palīdzību neizdodas šo parādību iz-



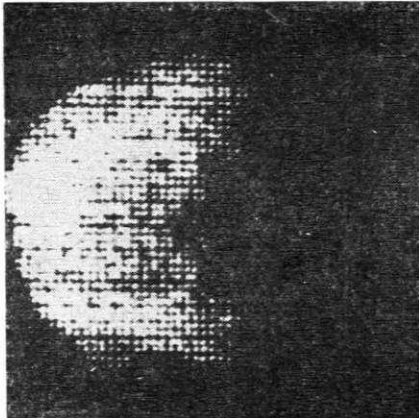
1. att. Fobosa siluets projekcijā uz Marsa virsmas. Uzņēmums iegūts 1971. gada 13. novembrī, kad «Mariner-9» atradās ap 150 000 km no Marsa.

skaidrot. Viņš vēl atzīmēja, ka atliek gan viena triviāla iespēja, proti, uzskatīt, ka Šārplesa iegūtais rezultāts ir kļūdains. Tomēr tādām pieņēmumam toreiz nebija pamata. Un J. Šklovskis izklāstīja radikālu un visai neparastu hipotēzi. Tās būtība ir šāda. Ja Fobosa vidējais blīvums būtu ap  $0,001 \text{ g/cm}^3$ , tad tā paātrināšanos varētu izskaidrot ar Marsa atmosfēras pretestību. Līdzīga parādība vērojama, aplūkojot Zemes mākslīgos pavadoņus Zemes atmosfērā. Tomēr grūti iedomāties dabisku veidojumu, kuram varētu būt tik niecīgs blīvums. Atlika pieņemt, ka Fobosam ir

tukšs vidus, bet dabiskie kosmiskie ķermeņi nevar būt ar tukšu vidu. Tātad Foboss (un tāpat laikam arī Deimoss) ir Marsa mākslīgie pavadoņi.

Sī fantastiskā ideja izraisīja visai lielus strīdus, jo tā nevar iztikt bez pieņēmuma, ka uz Marsa eksistē vai kādreiz eksistējusi augsti attīstīta civilizācija. Tādām pieņēmumam tomēr nav nekāda apstiprinājuma.

Pavisam nesen par Marsa pavadoņiem un to izcelsmi iegūta zināma skaidrība. Tas panākts ar divējāda rakstura pētījumiem.



1. *Teorētiski pētījumi.* P. Šternberga Valsts astronomijas institūta aspirante S. Vaškovjaka izstrādājusi Marsa pavadoņu kustības analītisko teoriju. Šī teorija ievēro gan Marsa saplakumu, kas 1,5 reizes lielāks nekā Zemei, gan Saules ietekmi, gan Fobosa un Deimosa savstarpējo pievilksanos. S. Vaškovjakas izstrādātā teorija labi saskan ar Marsa pavadoņu novērojumiem 50 gadu laikā

2. att. Deimosa fotogrāfija, kas iegūta 1971. gada 26. novembrī. Apgaismota apmēram puse no neregulārās formas ķermeņa. Terminātorā tuvumā ir divi krāteri ar 2 km diametru.

(no 1877. līdz 1926. gadam). Nekāda sistemātiska Fobosa kustības paātrināšanās nav konstatēta.

Gandrīz vienlaicīgi Fobosa kustību analizējis H. Vilkinss (Anglijā), izmantodams gan vecos, gan arī jaunos 1956.—1967. gadā Pulkovas observatorijā iegūtos novērojumus. Arī angļu zinātnieks nevarēja konstatēt Fobosa paātrināšanos. Šo abu viena no otra neatkarīgo pētījumu rezultāti ļauj secināt, ka B. Šarplesa slēdziens par Fobosa lēno krišanu uz Marsu patiešām bijis kļūdainis. Fobosa kustībā nekā mīklaina nav.

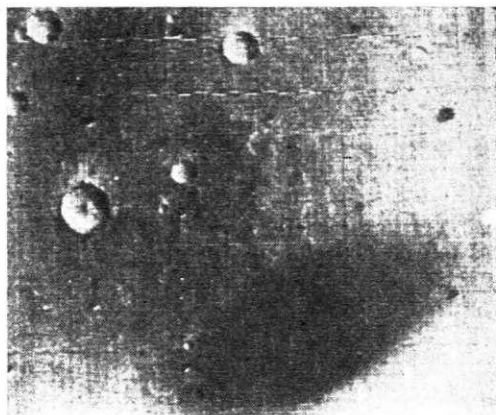
## 2. Pētījumi ar kosmiskiem

aparātiem. Jau 1969. gadā kosmiskais kuģis «Mariner-7» noraidīja uz Zemi ļoti mazu Fobosa fotogrāfiju, kas bija iegūta no samērā liela attāluma. Attēls parādīja, ka šī pavadoņa forma atgādina kartupeli, bet nekāda struktūra tajā nebija saskatāma. 1971. gada novembra beigās kosmosa kuģis «Mariner-9» uzņēma un noraidīja uz Zemi no neliela attāluma iegūtu Fobosa attēlu (sk. 4. vāku). Tajā redzams, ka Foboss ir neregulāras formas 25 km garš un 21 km plats ķermenis. Tā virsma, tāpat kā Mēnesim un Marsam, klāta ar krāteriem, kuru diametrs sniedzas līdz pat 6 km. Krāteru bagātība liecina ne vien par to, ka Foboss ir ļoti vecs debess ķermenis, bet arī par to, ka tam piemīt ievērojama struktūras stiprība.

Deimosa struktūra nav tik rupja, lai gan arī uz tā konstatēti divi gandrīz 2 km plati krāteri. Deimosa apmēri ir  $13,5 \times 12$  km.

Tagad, kad samērā precīzi zināms, cik lieli ir abi Marsa pavadoņi, var konstatēt, ka to virsmas atstarošanās spēja ir niecīga (albedo ir 0,05). Foboss un Deimoss ir vistumšākie zināmie Saules sistēmas ķermeņi, tikpat tumši kā Mēness tumšākās vietas — «jūras».

Tātad viens Marsa pavadoņu noslēpums atrisināts: pilnīgi skaidrs, ka, tāpat kā citi Saules sistēmas ķermeņi, arī Foboss un Deimoss veidojušies dabiskā ceļā. Kāds bijis šis ceļš, tā ir problēma, kuras atrisinājums vēl pieder nākotnei. Mums tagad ir arī pareizs priekšstats par Marsa pavadoņu lielumu un formu. Tagad jau zinām četrus Saules sistēmas ķermeņus, kuru virsmu klāj dažāda lieluma krāteri. Krāteru izcelsmes noskaidrošana palīdzēs izsekot šo debess ķermeņu attīstības gaitai.



3. att. Uz Marsa virsmas redzama Fobosa pusēna tumša plankuma veidā.

# ASTRONOMIJAS JAUNUMI

## UZTVERTS ALGOLA RADIOSTAROJUMS

Pēdējā laikā, stājoties ierindā ļoti jutīgiem uztvērējiem, kļuvis iespējams novērot atsevišķu zvaigžņu radiostarojumu. Pašlaik radio diapazonā novēroto zvaigžņu skaits strauji aug un sasniedz jau vairākus desmitus. Ir uztverts vairāku novu, sarkano milžu un punduru, kā arī dubultzvaigžņu radiostarojums.

1971. gada beigās ASV Nacionālajā radioastronomijas observatorijā novēroja klasiskās aptumsuma dubultzvaigznes Algola ( $\beta$  Persei) radiostarojumu 3,7 cm un 11,1 cm garā vilnī. Oktobrī un novembrī nekas neliecināja, ka Algola radiostarojums būtu mainīgs. Turpretim 1972. gada janvārī un februārī sporādiski parādījās spēcīgi radiouzliesmojumi ar intervālu 1—5 dienas. 1972. gada 21./22. janvārī Algola radiostarojuma uzliesmojumu novēroja arī Algonkvinas radioobservatorijā Kanādā 2,8 cm garā vilnī.

Iespējams, ka šāds Algola aktivitātes periods ir pārejošs. To parādīs turpmākie novērojumi.

Interesanti, ka tajā pašā laikā vairākas nedēļas neparastas variācijas novērotas arī Algola optiskajā spektrā. Ļoti ātri (stundā un vēl īsākā laikā) mainījās udeņraža līniju forma un ilgākā laikā arī kalcijs līniju forma.

Novēroto radiouzliesmojumu teorētiskā interpretācija rāda, ka šādu

spēcīgu uzliesmojumu maksimumu laikā temperatūrai jābūt tik augstai, ka Algols var kļūt arī par mainīgu rentgenstaru avotu. Neilgos laikā sprīžos tas varētu sacensties pat ar pazīstamo rentgenstaru avotu Skorpiona zvaigznajā Sco X-1. Arī starp Saules augstfrekvences radiouzliesmojumiem un rentgenstaroju pastāv laba saskaņa.

Novērotās parādības varētu izskaidrot tā, ka Perseja  $\beta$  triskāršajā sistēmā ciešo zvaigžņu pāri vienas komponentes izmestās gāzu masas absorbē otra komponente. Jautājums par masas apmaiņu dubultzvaigznēs ir ļoti svarīgs. Jauniegtie novērojumi palīdzēs astrofiziķiem teorētiskiem izstrādāt precīzākus dubultzvaigžņu modeļus.

*I. Daube*

## SAISTĪTIE UZLIESMOJUMI

Uzliesmojumi Saules hromosfērā parasti notiek negaidīti. Dažu minūšu laikā neliels apvidus — apmēram  $10^9 \text{ km}^2$  — iekvēlojas spožā gaismā un kļūst par intensīvu rentgenstaru, radioviļņu un korpuskulu avotu. Uzliesmojuma optiskā fāze izbeidzas pēc 0,5—3 stundām, bet pārējie procesi var turpināties vairākas stundas. Kad sagaidāms nākošais uzliesmojums? Uz šo jautājumu heliofiziķiem vēl nav precīzas atbildes. Tomēr ir noskaidrotas vairākas svarīgas likumības.

Pēc uzliesmojumu biežuma visi Saules aktivitātes centri nav vienā-

di. Īpaši aktīvos centros apmēram 10 dienu laikā var notikt pat vairāki desmiti uzliesmojumu. Bez tam uzliesmojumu izraisītās Saules gāzu perturbācijas izplatās arī līdz citiem, tālākiem aktivitātes centriem un var radīt uzliesmojumus tajos. Tāpēc savstarpēji saistītu uzliesmojumu pētījumi ir svarīgi ne vien aktīvo procesu prognozēm, bet arī teorētisku jautājumu risinājumam.

Līdz šim uzliesmojumu savstarpējā saistība bija konstatēta tikai samērā neilgiem laika intervāliem, ne lielākiem par 4 stundām. Tagad saistīto uzliesmojumu problēmā interesantus rezultātus guvis jaunais Irkutskas zinātnieks — Sibīrijas Zemes magnētisma, jonosfēras un radioviļņu izplatīšanās institūta līdzstrādnieks V. Kasinskis. Viņš meklējis saistību starp tādiem hromosfēras uzliesmojumiem, kas notiek pēc vairāk nekā 24 stundu starplaika.

V. Kasinskis pēti perturbāciju izplatīšanos uz Saules,<sup>1</sup> īpaši interesēdamies par lēnajiem Saules gāzu viļņojumiem, kuru izplatīšanās ātrums ir 1—10 km/s. Šādas perturbācijas, nākdamas, piemēram, no kāda aktivitātes centra Saules ziemeļu puslodē, sasniedz citu, tālāku, aktivitātes centru Saules dienvidu puslodē tikai nākamajā dienā un acīmredzot var izraisīt tajā aktīvus procesus.

Lai šādu domu pārbaudītu, V. Kasinskis statistiski analizēja

<sup>1</sup> V. Kasinskis. «Saules uzliesmojumi jaunā skatījumā». — «Zvaigžņotā debess», 1971. gada rudens, 17. lpp.

hromosfēras uzliesmojumu atkārtosanos pēc vairākām dienām, meklēdams uzliesmojumu biežuma atšķirības no gadījuma sadalījuma. Darba rezultāti bija ļoti interesanti. Izrādījās, ka hromosfēras uzliesmojumi grupējas asociācijās. Aplūkojot tikai lielos uzliesmojumus, var redzēt, ka to skaits asociācijā nepārsniedz 4, bet, ietverot aplūkojumā arī mazākos uzliesmojumus, asociācijas locekļu skaits ievērojami palielinās. Tad var runāt jau par uzliesmojumu spietu. Kompleksais uzliesmojumu process ilgst 8—32 dienas.

Savstarpējā saistība visbiežāk pastāv starp diviem hromosfēras uzliesmojumiem.

Tātd uzliesmojuma izcelšanās mirklis nav patvaļīgs, bet atkarīgs no iepriekšējiem notikumiem uz Saules. Līdz ar to palielinās varbūtība pareizi prognozēt hromosfēras uzliesmojumu izcelšanos. Heliiofizikas aktuālākais uzdevums šai laukā ir Saules dažādo viļņojumu pētīšana gan ar optiskām, gan radioastronomijas metodēm.

*N. Cimahoviča*

#### **GALAKTIKU KOPAS NORĀDA UZ VISUMA ANIZOTROPIJU**

Pētot Cviki katalogā ietilpstošās galaktiku kopas, Kijevas astronomiskās observatorijas līdzstrādnieki A. Mandžoss un V. Teļņuks-Adamčuks izdarījuši interesantu atklājumu. Kā zināms, šajā katalogā ietilpstošo galaktiku kopu forma ir stipri izstiepta un atgādina rotācijas

elipsoīdu, tādēļ ir iespējams runāt par to orientāciju telpā. A. Mandžosa un V. Teļņuka pētījumu mērķis bija noskaidrot, vai galaktiku kopas orientācija telpā ir pilnīgi nejauša, kā tam būtu jābūt izotropa un homogēna Visuma gadījumā, vai arī tām ir tendence orientēties vienā noteiktā virzienā. Šajā nolūkā viņi izmērija 851 Cviki katalogā ietilpstošajai galaktiku kopai leņķi, ko veido tās lielā ass ar deklināciju riņķi (pozīcijas leņķis  $\varphi$ ). Izrādījās, ka visas leņķa vērtības nav vienādi varbūtīgas, kā to varētu sagaidīt pie patvaļīgas galaktiku kopu orientācijas telpā. Visvairāk kopu izrādījās ar  $\varphi$  vērtībām no  $-10$  līdz  $+10^\circ$ . Iegūtos rezultātus principā iespējams noskaidrot divējādi: 1) tā kā katrai kopai leņķa  $\varphi$  vērtība ir nejaušs lielums, tad mums var būt darīšana ar statistisku šī lieluma fluktuāciju, 2) galaktiku kopas uzrāda tendenci orientēties telpā noteiktā virzienā. Statistiskā

analīze parāda, ka pirmās iespējas realizēšanās varbūtība ir ļoti niecīga.

Iegūtie rezultāti nav vēl pilnīgi droši attiecināmi uz pārējām galaktiku kopām, jo visas kopas, kuru pozīciju leņķis tika mērīts, atradās ierobežotā debess sfēras apgabalā. Nepieciešams izdarīt mērījumus arī citos apgabalos. Tomēr jau tagad no šī atklājuma var izdarīt dažus secinājumus, jo galaktiku kopu tendence orientēties noteiktā virzienā ir pretrunā ar izotropajiem Visuma modeļiem. Turpretim šāda virziena eksistenci ļoti labi parāda anizotropas Visuma modelis, pie kam tas viegli izskaidro arī galaktiku kopu eliptisko formu (ja Visums dažādos virzienos izplešas ar dažādu ātrumu, virzienā, kurā šis ātrums ir lielāks, kopa it kā «izstiepjas»). Tālākie pētījumi ļaus atbildēt uz šo un citiem ar šo atklājumu saistītiem jautājumiem.

*I. Smelds*



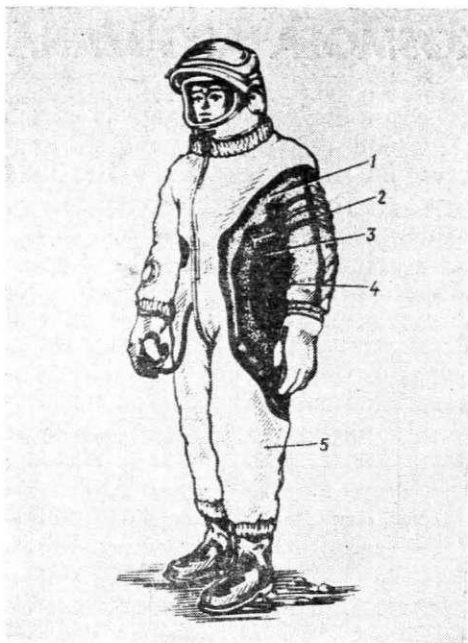
# KOSMOSA APGŪŠANA

## KOSMONAUTA SKAFANDRS

Padomju kosmonauts A. Ļeonovs pirmo reizi pasaulē izgāja no kuģa kosmosā. Kosmisko kuģu «Sojuz-4» un «Sojuz-5» lidojuma laikā J. Hrunovs un A. Jelisejevs kosmosā veica darbu kompleksu un aparātu montāžu, daudzus novērojumus un pētījumus, bet pēc tam pārgāja no viena kuģa uz otru. Tuvā nākotnē kosmonautiem vajadzēs veikt atklātā kosmosā dažāda veida darbus: montēt zinātnisko iekārtu, lielas Saules baterijas un antenas, montēt un remontēt orbitālas stacijas un automātiskos kosmiskos aparātus. Šo darbu izpildei būs nepieciešami droši un ērti skafandri. Skafandru uzdevums ir arī kosmonautu dzīvības procesu nodrošināšana avārijas gadījumos, kuri šādos lidojumos netiek izslēgti. Kosmiskais skafandrs zināmā mērā pilda kuģa hermētiskās kabīnes funkcijas. Padomju konstruktoriem vajadzēja pielikt ne mazums pūļu, lai radītu viegli un ātri uzvelkamus skafandrus.

Skafandrs ir daudzkārtains hermētisks apģērbs, kas sastāv no kombinezona ar hermētisku ķiveri, cimdiem un apaviem. Atklātā kosmosā izmantojamo skafandru komplektā ietilpst arī autonoma aparatūra, kas nodrošina skafandra iekšienē dzīvei nepieciešamos apstākļus.

Katrai skafandra kārtai ir savas funkcijas kosmonautu pasargāšanā no atklātā kosmosa bīstamās iedarbības (1. att.). Hermētiskā kārtā (2) atdala ar gāzi piepildīto skafandra iekšpusi no kosmiskā vakuuma. Tā nodrošina atmosfēras saglabāšanu skafandrā, kā arī kavē gāzes aizplūšanu apkārtējā vidē. Kosmiskajos skafandros parasti izmanto divas hermētiskas kārtas, otra ir dublējoša un automātiski sāk darboties, ja pirmo sabojā. Iekšējās atmosfēras spiedienu caur hermētisko kārtu uzņem spēka kārtā (1), kura apgādāta ar speciāliem šarnīriem, lai nodrošinātu kosmonauta roku un kāju kustīgumu. Skafandra cimdiem katram pirkstam arī ir vai-



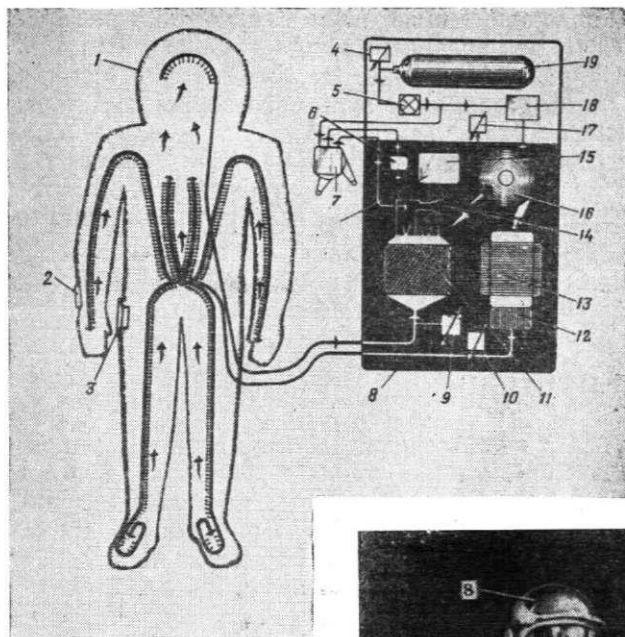
1. att. Skafandra uzbūves shēma.

rāki miniatūri šarnīri. Spēka kārtā nosaka skafandra lielumu un formu un aizkavē skafandra uzpūšanos no iekšējā spiediena. Skafandra piemērošanai kosmonauta augumam spēka kārtā ir trosu vai auklu regulēšanas sistēma. Vairākas plānas metalizētas plēves kārtas (5), virs kurām pārvilkta bieza balta drēbe ar atstarojošām īpašībām, rada drošu termisko aizsardzību, kosmonautam atrodoties saulē vai Zemes un kuģa ēnā. Skafandra ķivere ir hermētiska kaska, kas pasargā galvu no traumām sitienu gadījumos un kurā iemontēts iestiklojums apkārtnes skatīšanai. Iestiklojums sastāv no caurspīdīga stikla, kurš hermētiski savienots ar kasku, un gaismas filtra. Pēdē-

jais aizsargā acis un seju no žilbinošas gaismas, un Saules termiskās un ultravioletās radiācijas iedarbības. Ķiveres iekšpusē atrodas sakaru sistēmas mikrofoni un telefoni. Telpu starp kosmonauta ķermeni un hermētisko kārtu aizpilda vairāki desmiti litru gaisa. Atmosfēras spiediena, sastāva un temperatūras regulēšanu veic dzīvības nodrošināšanas sistēma. Daļa no šīs sistēmas iemontēta pašā skafandrā, daļa — portatīvā pārnēsājamā mugursomā.

Vienkāršākā dzīvības nodrošināšanas sistēma ir tāda, kurā pievada skābekli un aizvāc kaitīgos piemaisījumus. Daļu no šī skābekļa kosmonauts izmanto elpošanai, daļa, plūstot ap ķermeni, piesātinās ar mitrumu un ogļskābo gāzi, sasilst, bet pēc tam tiek izmesta kosmosā. Šādu sistēmu lietoja kosmonauts A. Ļeonovs. Tā ir vienkārša, droša un ērta, bet lielā skābekļa patēriņa dēļ derīga tikai īslaicīgai iziešanai kosmosā. J. Hrunova un A. Jelisejeva skafandri bija apgādāti ar reģenerācijas tipa autonomām dzīvības nodrošināšanas sistēmām (2. att.).

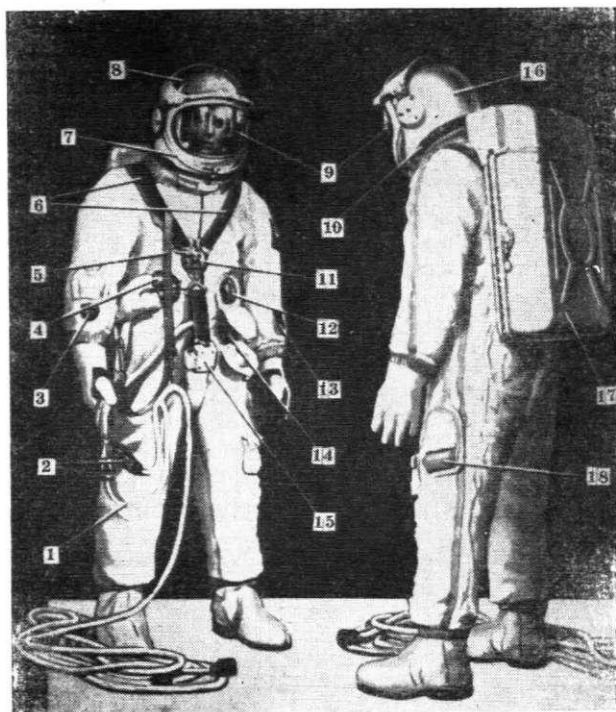
Skābekļa krājumi glabājas balonos mugursomā zem augsta spiediena un tiek padoti ar regulatoru palīdzību. Centrbēdzes ventilators, kuru darbina elektrodzinējs, liek skābeklim cirkulēt caur skafandru un mugursomu. Ogļskābo gāzi absorbē ar ķīmisku absorbētāju. Skābekļa žāvēšanu un dzesēšanu veic dzesēšanas iekārta (11, 13, 16). Skafandrā un mugursomā



2. att. Dzīvības nodrošināšanas sistēmas mugursomas uzbūves shēma.

3. att. Kosmonauta skafandrs:

1 — telemetrijas fāle, 2 — savienojumi, 3 — manometrs, 4 — komunikāciju savienojums, 5 — drošināšanas fāle, 6 — mugursomas piestiprināšanas sistēma, 7 — iluminatora aizvēršanas skava, 8 — gaismas filtrs, 9 — skafandra iluminators, 10 — savienojošais riņķis, 11 — mugursomas piestiprināšanas sistēmas slēdis, 12 — skafandra darba režīma izvēles rokturis, 13 — spogulis, 14 — uzdotā spiediena uzturēšanas rokturis, 15 — dzīvības nodrošināšanas sistēmas vadības pults, 16 — hermētiskā ķivere, 17 — dzīvības nodrošināšanas sistēmas mugursoma, 18 — rezerves skābekļa padeves ieslēgšanas rokturis.



uzstādīti skābekļa krājuma, spiediena, temperatūras u. c. rādītāju mēraparāti un signālu iekārtas. Šie dati tiek noraidīti uz kuģa vadības pulti un uz Zemi. Bez tam ir arī vairākas signāliekārtas, kas brīdina par bīstamu režīmu iestāšanos (4, 10, 17). Mugursomu ar skafandru savieno caurules, kurām ir ātri darbojošies atvienotāji.

Skafandra dehermetizācijas gadījumā sāk darboties automātiska iekārta, un tā pievada papildu skābekli noplūdes kompensācijai. Elektrodzinēja bojājuma gadījumā kosmonauts var ieslēgt inžektoru, kas izmanto saspīestā skābekļa enerģiju gāzes cirkulācijai (14).

*O. Paupers*

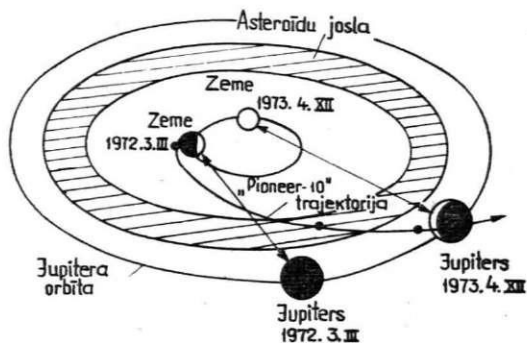
(Pēc žurnāla «Aviācija i kosmonautika» materiāliem)

### «PIONEER-10» DODAS UZ JUPITERU

1972. gada 3. martā pl. 04<sup>st</sup> 49<sup>m</sup> pēc Maskavas laika no Kenedija zemesraga Florīdā ar raķeti «Atlas-Centaur» tika palaists kosmiskais aparāts «Pioneer-10» Jupitera virzienā. Aparāta palaišana bija paredzēta 28. februārī, taču lielā vēja dēļ to nācās vairākkārt atlikt. 15 minūtes pēc starta aparāts atdalījās no nesējraķetes pēdējās pakāpes. Tā ātrums atdalīšanās brīdī bija ap 50 000 kilometri stundā. «Pioneer-10» svars 256 kg. Elektroenerģijai izmantotas radioizotopās iekārtas.

Kosmiskā aparāta «Pioneer-10» galvenais mērķis ir Jupiteris — Saules sistēmas lielākā planēta. Tas atrodas 5 reizes tālāk no Saules nekā Zeme un veic vienu apgriezīenu ap Sauli 12 gados. Jupitera masa ir vairāk nekā 2 reizes lielāka par visu pārējo Saules sistēmas planētu masu un 318 reizes lielāka nekā Zemes masa; planētas diametrs 11 reizes lielāks par Zemes diametru.

«Pioneer-10» trajektorijas garums līdz Jupiteram ir apmēram 1 mil-



1. att. «Pioneer-10» lidojuma shēma (līdz Jupiteram).

jards kilometru. Visbīstamākais šī ceļa posms ir ap 280 000 kilometrus platā asteroidu josla starp Marsa un Jupitera orbītām, kuru aparāts sasniedza 1972. gada jūlijā. Saduroties ar lielāku asteroīdu, aparāts var tikt pilnīgi sabojāts, taču varbūtība satikt kādu no tiem ir neliela — tā nepārsniedz 10%. Aprēķini rāda, ka neviens no 34 lielajiem asteroīdiem šajā laikā «Pioneer-10» trases tuvumā neatrodas.

Ja viss veiksies labi, tad minimālā (ap 140 000 km) attālumā no Jupitera «Pioneer-10» būs 1973. gada 4. decembrī. Planētas novērojumi sāksies jau agrāk — apmēram 560 000 kilometru attālumā. Ir ielānots iegūt 10 Jupitera virsmas fotogrāfijas sarkanajos un zilajos staros (ekspozīcija 25—50 min., aparatūras izšķiršanas spēja — 200 kilometri). Iespējams, ka izdosies nofotografēt arī noslēpumaino «sarkano plankumu» — Jupitera atmosfērā «peldošu» ovālu, sarkanīgu plankumu, kuru 1965. gadā atklāja itāļu astronoms Kasīni. Tā garums apmēram 40 000 kilometri, platums — 13 000 kilometri. Tajā pašā laikā ir paredzēts veikt arī planētas magnētiskā lauka, radiācijas joslu, atmosfēras sastāva un temperatūras sadalījuma pētījumus.

Aparāts izies cauri visu 12 Jupitera pavadoņu orbītām apmēram 400 000 km attālumā no Jo, 300 000 km — no Eiropas un 500 000 km — no Ganimēda, novēros to atmosfēras, magnētiskos laukus un virsmas īpatnības.

Visā trases garumā plānots izdarīt starpplanētu vides pētījumus.

Pagājis garām Jupiteram, «Pioneer-10» dosies tālāk. 1980. gadā tas atradīsies Urāna orbitas tuvumā. Ap šo laiku (apmēram 2,4 miljardi km attālumā no Zemes) izbeigsies radiosakari ar aparātu, ja tā raidītāji vispār vēl darbosies. Vēl pēc dažiem gadiem «Pioneer-10» pametīs Saules sistēmu. Pašreizējie aprēķini liek domāt, ka tas dosies Vērša zvaigznāja spožākās zvaigznes Aldebarana virzienā, taču sasniegt to viņam izdotos tikai pēc 1,7 miljardiem gadu. Apmēram 80 000 gados «Pioneer-10» būs attālinājies no Saules sistēmas par 1 parseku ( $1 \text{ ps} \approx 30,9 \cdot 10^{12} \text{ km}$ ) un atradīsies Saulei tuvāko zvaigžņu tuvumā.

Pastāv zināma iespēja, ka, ceļodams starpzvaigžņu telpā, «Pioneer-10» var nejauši satikt citas civilizācijas, tāpēc tajā ir ievietota alumīnija plāksnīte ar īsām ziņām par cilvēkiem, kas aparātu palaiduši, un to atrašanās vietu Galaktikā. Plāksnītē iegravēts virieša un sievietes attēls (virietis pacēlis sveicienam labo roku), attēlota ūdeņraža atoma shēma un Saules stāvoklis attiecībā pret dažiem pulsāriem aparāta palaišanas brīdī. Doti arī sievietes auguma izmēri un vēl daži citi dati. Zinātnieki, kas bija atbildīgi par plāksnītes izgatavošanu, apgalvo, ka gravējums ir pietiekoši dziļš, lai izturētu starpzvaigžņu vides postošo iedarbību vismaz 10 parseku, bet iespējams pat, ka ap 100 parseku garā ceļā. Tas ir daudz ilgāk nekā var saglabāties jebkurš cilvēka roku darinājums uz Zemes.

Ā. Alksne

## «APOLLO-16» UZ MĒNESS

1972. gada 16. aprīli pl. 20<sup>st</sup> 54<sup>m</sup> pēc Maskavas laika ar kosmisko kuģi «Apollo-16» no Kenedija zemesraga uz Mēnesi startēja piektā amerikāņu Mēness ekspedīcija. Tās sastāvā bija pirmā ranga kapteinis Džons Jangs, kapteinleitnants Tomass Metingli un apakšpulkvedis Čarlzs Djuks. Dž. Jangam tas bija jau ceturtais lidojums kosmosā, T. Metingli un C. Djukam — pirmais.

### CEĻĀ UZ MĒNESI

Pl. 21<sup>st</sup> 06<sup>m</sup> nesējaķetes «Saturn-5» pēdējā pakāpe ar kosmisko kuģi iegāja sākotnējā orbitā ap Zemi. Orbitas perigeja augstums — 172 km, apoģeja — 176 km. Drīz pēc izešanas orbitā tika konstatēta neliela spiediena paaugstināšanās raķetes pēdējās pakāpes hēlija balonos. Apstākļu analīze parādīja, ka tālāko lidojumu tas netraucēs, tāpēc paredzētajā laikā tika ieslēgts pēdējās pakāpes galvenais dzinējs kuģa ievadīšanai trajektorijā uz Mēnesi. Dzinējs darbojās 343 sekundes un piešķīra kuģim 10441 m/s lielu ātrumu. Pl. 23<sup>st</sup> 58<sup>m</sup>, kad kuģis atradās ap 11 000 km no Zemes, sākās tā nodalījumu pārkārtošana. Šo operāciju pārraidīja pa televīziju. Attēlu kvalitāte bija labāka nekā iepriekšējos «Apollo» lidojumos, jo tika izmantota jauna signālu pārveidošanas sistēma.

17. aprīli pl. 01<sup>st</sup> 09<sup>m</sup> kosmiskais kuģis atdalījās no nesējaķetes pēdējās pakāpes.

Pl. 04<sup>st</sup> 45<sup>m</sup> kosmonauti caur ekipāžas nodalījuma logu pamanīja, ka no Mēness kabīnes korpusa diezgan lielām pārslām lobās nost siltuma izolācija. Uz bojājuma vietu tika vērsta televīzijas kamera, lai speciālisti uz Zemes pēc attēla varētu noteikt lobīšanās cēloni un bojājuma pakāpi. Taču bojājumi izrādījās niecīgi, un lidojuma programma tāpēc nebija jāmaina. Bojājumu cēlonis netika noskaidrots. Iespējams, ka uz Mēness kabīnes sienas kuģa manevrēšanas laikā bija nokļuvusi no galvenā bloka palīgdzinējiem izplūstošā sadegušās degvielas strūkļa, un izolācija sāka lobīties strūklas termiskās vai ķīmiskās iedarbības rezultātā. Bojāts bija tikai papildizolācijas slānis, kas paredzēts gadījumam, ja «Apollo-16» startētu dienu vēlāk par plānoto un tāpēc Mēness kabīne uz Mēness at-rastos zem lielāka Saules staru krišanas leņķa attiecībā pret horizontu. Tā kā «Apollo-16» startēja laikā, tad papildizolācijas slānis nebija nepieciešams. Atlobījušās izolācijas daļiņas lidinājās ap kosmisko kuģi un turpmāk ļoti traucēja novērojumus.

18. aprīli pl. 11<sup>st</sup> 30<sup>m</sup>, kad kosmonauts Metingli veica žirostabilizētās platformas stāvokļa korekciju, piepeši iedegās sarkanais avārijas signāls, kas rādīja, ka nepagriežas viens no žiroblokiem. No Zemes noraidīja vairākas komandas, kuras Metingli ievadīja borta skaitļošanas mašīnā. Tā

rezultātā pēc 18 minūtēm žirobloks sāka griezties, un 45 minūtes pēc avārijas signāla žiroplatforma bija nostādīta vajadzīgajā stāvoklī.

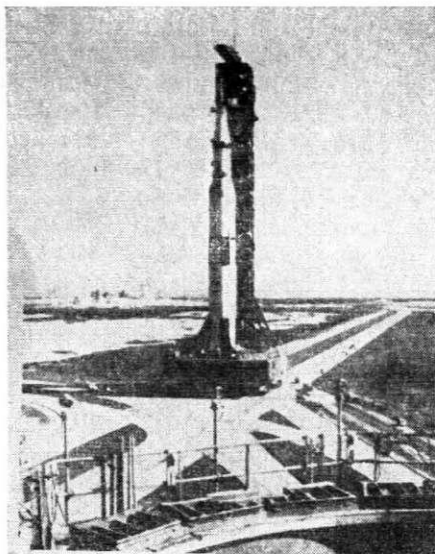
Avārijas cēlonis bija kļūme borta skaitļojamā mašīnā. Analīze parādīja, ka, pārslēdzot slēdžus instrukcijā paredzētajā kārtībā, notiek magnētiska mijiedarbība un rodas elektriskais lauks, kas rada traucējumus skaitļošanas mašīnas darbā. Lai novērstu līdzīgu gadījumu atkārtanos, tika izmainīta slēdžu pārslēgšanas kārtība un ievadīta papildu programma, kas ļautu izvairīties no kļūmēm, ja tomēr rastos elektriskais lauks. Ja kļūmi neizdotos novērst, kuģa manevrēšana kļūtu bīstama, būtu jāatsakās no pāriešanas uz selenocentrisko orbītu un nosēšanās uz Mēness. Aplidojīs Mēnesi 131 km attālumā, kosmiskais kuģis atgrieztos atpakaļ uz Zemi.

Lidojuma laikā kosmonauti veica arī elektroforēzes eksperimentus un novēroja fosfēnus, kurus kosmonauti redz tumsā un pat ar aizvērtām acīm.

19. aprīlī pl. 05<sup>st</sup> 07<sup>m</sup> «Apollo-16» nonāca Mēness gravitācijas laukā. 21 000 km attālumā līdz Mēnesim tika nomests panelis no nodalījuma, kur atradās Mēness uzņemšanas un zondēšanas iekārtas un automātiskais Mēness pavadoņš. Kosmonauti redzēja, kā panelis kūleņodams attālinājās no kuģa.

Pl. 23<sup>st</sup> 23<sup>m</sup>, kad «Apollo-16» atradās aiz Mēness un sakari ar to pārtrūka, tika ieslēgts marša dzinējs. Tas darbojās 375 sekundes un samazināja kuģa ātrumu apmēram par 1 km/s. Kuģis iegāja sākotnējā selenocentriskā orbītā, kuras periselēnija augstums — 108 km, aposelēnija — 304 km.

20. aprīlī pl. 00<sup>st</sup> 03<sup>m</sup>, 39 minūtes vēlāk nekā bija paredzēts, uz Mēness nokrita nesējraķetes «Saturn-5» pēdējā pakāpe. Dažu borta dzinēja iekārtas bojājumu dēļ pakāpes trajektoriju nebija iespējams koriģēt, un tā nokrita 253 km no aprēķinātā rajona 102 km uz ziemeļiem no «Apollo-12» nolaišanās vietas. Pakāpes svars bija ap 15 t, ātrums nokrītot — 2,6 km/s, trieciena spēks ekvivalents 11 t troļļa sprādzienam. Kritienu reģistrēja «Apollo-12», «Apollo-14» un «Apollo-15» kosmonautu atstātie seismometri.



1. att. «Apollo-16» nesējraķete ceļā no montāžas ēkas uz starta vietu.

Seismisko viļņu izplatīšanās ātrums līdz 24 km dziļumam visumā atbilda zinātnieku priekšstatiem par Mēness iežu sastāvu šajā dziļumā, turpretī ātrums 64 km dziļumā (8,8 km/s) bija negaidīti liels.

Pl. 03<sup>st</sup> 33<sup>m</sup> tika vēlreiz ieslēgts dzinējs, lai pārietu uz zemāku orbitu, no kuras notika Mēness kabīnes nolaišanās uz Mēness. Jaunās orbītas parametri — 19,6 un 109,3 km.

Pēc kārtējās atpūtas sākās skafandru uzgērbšana, kas šoreiz veicās bez kļūmēm. Izmēģinot skafandrus iepriekšējā dienā, Djuka skafandram tikai ar grūtībām izdevās aizvilkt rāvējslēdzēju — tas pēkšņi izrādījās par šauru un spieda. Speciālisti izteicās, ka skafandrs droši vien glabājot bija sagulējies un tajā izveidojušas ieloces. Janga un Djuka skafandros atradās toroidāla bāciņa ar apelsīnu sulu un salda nūjiņa, lai, ilgāk atrodoties ārpus kabīnes, varētu padzerties un sūkt nūjiņu. Djuka skafandrā iemutum izrādījās bojāts vārstulis un apelsīnu sula sāka sūkties zem ķiveres. Kosmonauts centās pilienu uztvert ar muti, bet ne vienmēr tas izdevās, un, Djuka vārdiem runājot, zem ķiveres izveidojās «sulas šampūns», kas traucēja skatīties un radija nepatīkamu sajūtu, jo galva lipa pie ķiveres.

Pl. 18<sup>st</sup> 02<sup>m</sup> kosmonauti Jangs un Djuks pārgāja uz Mēness kabīni un uzsāka borta sistēmu pārbaudi. 12. apgriezienā pl. 21<sup>st</sup> 07<sup>m</sup>, kad kosmiskais kuģis atradās aiz Mēness, Mēness kabīne atdalījās no galvenā bloka. Taču Mēness kabīnes nolaišanās tika aizkavēta, jo 13. apgriezienu laikā, kad vajadzēja ieslēgt galvenā bloka marša dzinēju, lai pārietu uz t. s. satikšanās orbitu (parametri 96 un 127 km), atklājās bojājumi vienā no dzinēja iekārtas rezerves sistēmām. Dzinēja ieslēgšanu atlika līdz bojājumu bīstamības pakāpes noskaidrošanai.

Ja izrādītos, ka galvenā bloka marša dzinēju ieslēgt nav iespējams, nolaišanos uz Mēness būtu jāatliek, Mēness kabīnei atkal jāsavienojas ar galveno bloku un ar tās nolaišanās pakāpes dzinēju palīdzību jāpāriet no selenocentriskās orbītas uz trajektoriju lidojumam uz Zemi. Lai gan Mēness kabīnes dzinēja vilcējspēks bija divas reizes mazāks nekā marša dzinējam, tomēr kosmonautu dzīvībām briesmas nedraudēja, jo skabekļa, ūdens, elektroenerģijas un degvielas krājumi bija pietiekoši, lai atgrieztos uz Zemes.

Mēness kabīne pēc atdalīšanās atradās ap 180 m attālumā no galvenā bloka. Lidojuma vadītāji pavēlēja Metingli ar palīgdzinēju palīdzību tuvināt galveno bloku Mēness kabīnei un turpināt grupveida lidojumu 30 m attālumā. Galvenais bloks un kabīne tika orientēti tā, lai nekavējoties varētu sākt savienošanos.

Uz Zemes tajā pašā laikā tika izdarīti mēģinājumi ar analogām dzinēju iekārtām, situāciju atkārtoja uz modeļejošām iekārtām, veica aprēķinus ar skaitļojamām mašīnām. Rezultāti parādīja, ka dzinējus var ieslēgt, neapdraudot kuģa drošību.



Pl. 04<sup>st</sup> 16<sup>m</sup>, 16. apgrieziena laikā, Metingli ieslēdza marša dzinēju un ievadīja galveno bloku orbitā, kuras periselēnijs 98,2 km, aposelēnijs 125,4 km. Pl. 05<sup>st</sup> 11<sup>m</sup> ieslēdza Mēness kabīnes dzinēju. Kabīne bija aplidojusi 3 liekus apgriezienus, tāpēc dzinēja ieslēgšanas momentā atradās 6,4 km uz dienvidiem un 4,8 km augstāk no iepriekš paredzētās vietas. Lidojuma vadīšana bija ļoti sarežģīta. Nosēšanās rajonu klāja lieli akmeņi; lidojuma vadītājam Jangam nācās manevrēt, lai atrastu līdzienāku vietu, tāpēc nolaišanās beigu posms bija garāks nekā paredzēts. Mēness kabīne nosēdās 150 m uz ziemeļiem un 215 m uz rietumiem no iepriekš paredzētās vietas. Lidojuma laikā ap Mēnesi Jangs un Djuks lūdza Zemei atļauju atpūsties pēc nolaišanās uz Mēness un pirms izešanas no Mēness kabīnes. Atļauja tika dota.

## UZ MĒNESS

Pēc kosmonautu nolaišanās uz Mēness speciālisti uz Zemes izstrādāja jaunu darbības programmu, jo nosēšanās aizkavējās gandrīz par 6 stundām un nebija paredzēta arī kosmonautu atpūta tūlīt pēc nolaišanās. Izstrādājot jauno programmu, tika ievēroti kosmonautu rīcībā esošie degvielas, ūdens, skābekļa un elektroenerģijas krājumi kā Mēness kabīnē, tā arī galvenajā blokā. Izrādījās, ka uz Mēness ir iespējams veikt visu iepriekš paredzēto programmu, kas bija aprēķināta 73 stundām, bet galvenajam blokam pēc Mēness kabīnes atgriešanās programma jāsaīsina par vienu diennakti.

21. aprīlī pēc atpūtas kosmonauti Jangs un Djuks sagatavojās pirmajai izkāpšanai uz Mēness. Pl. 19<sup>st</sup> 56<sup>m</sup> izgāja Jangs, 5 minūtes vēlāk viņam sekoja Djuks. Pirmo reizi amerikāņu Mēness ekspedīciju vēsturē izešana uz Mēness netika rādīta pa televīziju, jo bija bojāta Mēness kabīnes uz Zemi vērstā antena.

Kosmonauti izpētīja nolaišanās vietu. Izrādījās, ka bija izdevies veiksmīgi nosēties uz horizontāla laukuma neliela krātera pašā centrā. Krātera diametrs 50 m, nogāžu slīpums 30°; nosēžoties uz nogāzes, kabīne atrastos bīstami slīpā stāvoklī. Kosmonauti uzstādīja ultravioleto spektrogrāfu, sakārtoja Mēness automobili un pārnesa uz to televīzijas kameru. Pl. 21 sākās televīzijas pārraide no Mēness virsmas, izmantojot automobiļa antenu.

Nosēšanās rajonā Mēness virsmu klāja ap 15 cm bieza putekļu kārtā. Novietojot zinātnisko aparāturu, Djukam izkrita no rokām kāda detaļa. Pacēlās tik liels putekļu mākonis, it kā būtu sprāgusi bumba. Arī kosmonautu skafandrus pārklāja bieza putekļu kārtā, un pirms atgriešanās kabīnē tos nācās ilgi tīrīt ar speciālām sukām.

Mērot siltuma plūsmas no Mēness dzilēm, «Apollo-15» kosmonauti reģistrēja 2 reizes lielāku temperatūru, nekā bija gaidīts. Lai pārbaudītu

šo rezultātu, līdzīgs eksperiments bija paredzēts arī «Apollo-16» programmā. Taču novietojot eksperimentam nepieciešamo aparātu, Jangam nejauši aizķērās kāja un viņš pārrāva kabeli, kas savienoja to ar telemetrisko bloku. Zemes speciālisti priekšlikumu kabeli salabot noraidīja, jo tas prasītu daudz laika un izjauktu turpmāko programmu, tāpēc no šī ļoti svarīgā eksperimenta nācās atteikties.

Pirmajā dienā kosmonauti izmēģināja automobili, apbraukāja ar to tuvumā esošos krāterus, salasīja iežu paraugus.

22. aprīli pl. 02<sup>st</sup> 55<sup>m</sup> Jangs un Djuks atgriezās Mēness kabīnē. Pirmā pastaiga pa Mēness virsmu ilga 6 stundas 54 minūtes, ar Mēness automobili kosmonauti nobrauca 4,2 km un salasīja 17,7 kg iežu paraugu. Kosmonauti konstatēja, ka ļoti plāna (daži mm) grunts virsējā kārtiņa ir pelēkā krāsā, bet dziļāk — balta. Domājams, ka pelēkā krāsa ir izveidojusies kosmisko staru, Saules vēja un meteoru putekļu iedarbībā. Zinātnieki uzskata, ka «Apollo-16» nolaišanās rajonā Mēness virskārta ir vecāka nekā iepriekšējo ekspedīciju nolaišanās vietās, jo tā ir samērā blīva un liecina par ilgstošu ārējo faktoru iedarbību.

Abi kosmonauti jutās labi, tikai Jangs visu laiku sala, pat tad, kad atradās saulē un strādāja, turpretī Djukam bija karsti, un viņš bija ieslēdzis skafandra dzesēšanas iekārtu uz maksimālo jaudu. Saulē tobrīd bija +46°C, bet ēnā —60°C.

Otrreiz kosmonauti izgāja no kabīnes pl. 19<sup>st</sup> 41<sup>m</sup> un devās automobili uz apmēram 500 m augsto Stouna kalnu dienvidos no kabīnes. Sākumā automobilis attīstīja 12 km/st lielu ātrumu, vēlāk daudzo akmeņu dēļ ātrumu vajadzēja samazināt uz 6 km/st. Kosmonauti uzbrauca kalnā līdz Činko krāteru grupai 220 m augstumā, apskatīja un fotografēja apkārtni, salasīja grunts paraugus, galvenokārt brekčijas (zinātnieki te domāja atrast daudz vulkāniskas izcelsmes kristāliskus bazaltus). Atpakaļceļā atrasti «neparasti balti akmeņi» un viens pelēkbalts kristālisks akmens.

No kratišanās pa nelīdzeno apvidu sabojājās automobiļa diferenta indikators, un reizēm kosmonauti nesaprata, vai viņi brauc pa nogāzi uz augšu, vai uz leju. Turpmāk mašīnas diferentu paziņoja no Zemes. Pēc kāda laika izgāja no ierindas arī navigācijas sistēma un kosmonautiem bija jāatgriežas pa turp braucot atstāto sliedi.

Otro reizi kosmonauti atradās ārpus kabīnes 7 stundas 23 minūtes, nobrauca 11,5 km un salasīja 40,5 kg paraugu. Kosmonauti jutās daudz labāk nekā pirmajā dienā; pulss vidēji abiem bija 84 sitieni minūtē un Djukam minūtē nepārsniedza 132 sitienus, bet Jangam — 114 (iepriekšējā dienā reizēm bija 150 sitieni minūtē). Djuks tikai žēlojās, ka viņam ļoti sāpējuši pirksti, sevišķi darbojoties ar grunts paraugu caurulītēm.

Neparasti liela nolaišanās rajonā izrādījās magnētiskā lauka intensitāte — magnetometrs rādīja 238 gammas, kamēr «Apollo-12» reģistrētā intensitāte nepārsniedza 37, bet «Apollo-14» — 103 gammas.

Tajā pašā laikā galvenais bloks turpināja lidojumu pa selenocentrisku orbītu. Kosmonauts Metingli novēroja, fotografēja un zondēja Mēness virsmu. Tika noteikts galīgais Mēness kabīnes starta moments — 24. aprīlī pl. 04<sup>st</sup> 26<sup>m</sup>.

23. aprīlī pl. 18<sup>st</sup> 33<sup>m</sup> Jangs un Djuks trešo reizi izgāja uz Mēness un devās uz 5 km attālo krāteri, kura diametrs 1200 m. Krāteri viņi sasniedza 35 minūtēs. Tā malā bija ļoti daudz gan lielu, gan mazu akmeņu, daži no tiem sasniedza 10—15 m augstumu. Kosmonauti atskaldīja paraugus no vairākiem akmeņiem, fotografēja krāteri un apkārtni. Atpakaļceļā dažos ceļa posmos automobilis pārvietojās ar 16 km/st lielu ātrumu.

Pēc atgriešanās automobilis tika novietots tā, lai televīzijas kamera varētu uzņemt kabīnes startu no Mēness. Kosmonauti izņēma arī filmu no spektrogrāfa, lai nogādātu to uz Zemi. Beidzot viņi nodemonstrēja lēcienus un «šķēpa mešanu» Mēness apstākļos.

24. aprīlī pl. 00<sup>st</sup> 03<sup>m</sup> kosmonauti atgriezās Mēness kabīnē. Trešo reizi viņi uzturējās ārā 5 stundas 40 minūtes un nobrauca 11,4 km.

Mēness kabīne startēja no Mēness tieši paredzētajā laikā. Televīzijas kamerā bija redzams, ka no tās apakšējās daļas atdalījās kādi gabali, taču nebija saprotams, kas tie bija. Kabīne izgāja selenocentriskā orbītā un pl. 06<sup>st</sup> 35<sup>m</sup> savienojās ar galveno bloku. Pirms savienošanās Metingli pēc pavēles no Zemes aplidoja Mēness kabīni, lai noskaidrotu, kas par gabaliem atdalījās no tās starta momentā. Tā izrādījās siltuma izolācija. Savukārt Jangs un Djuks no Mēness kabīnes apskatīja galveno bloku un pārliecinājās, ka tas ir kārtībā.

Pavisam kopā Jangs un Djuks atradās uz Mēness 71 stundu 02 minūtes, no tām 20 stundas 14 minūtes ārpus Mēness kabīnes («Apollo-15» — 18 st. 37 min.) un savāca 111 kg paraugu («Apollo-15» — 77 kg).

24. aprīlī pēc atpūtas kosmonauti pabeidza kravas pārvietošanu no Mēness kabīnes uz galveno bloku. Lielas grūtības sagādāja 18 kg smaga akmens novietošana. Pl. 23<sup>st</sup> 54<sup>m</sup> atdalījās Mēness kabīnes izlietotā pakāpe. Bija paredzēts, ka tā tiks nobremzēta un nokritis uz Mēness, taču dažādu iemeslu dēļ bremzēšanu neizdarīja, un tā palika selenocentriskā orbītā, pa kuru kustēsies apmēram 250 dienas un tikai tad nokritīs uz Mēness.

25. aprīlī tika palaists mākslīgais Mēness pavadonis.

64. apgriezienā tika ieslēgts marša dzinējs galvenā bloka ievadīšanai trajektorijā uz Zemi. Manevrs bija veiksmīgs, un kosmiskais kuģis sāka attālināties no Mēness.

## MĀJUP!

Programmā bija paredzēta kosmonauta Metingli izešana kosmosā. Sakarā ar programmas maiņu izešanas laiks tika vairākkārt izmainīts. Tas sākās 25. aprīlī pl. 23<sup>st</sup> 43<sup>m</sup>, kad kuģis bija ap 300 000 km no Zemes.

Izīšanai Metingli izmantoja 7,6 m garu falli, kurā atradās caurules skābekļa un ūdens pievadīšanai un sakaru kabelis. Atrazdamies kosmosā, Metingli uzstādīja televīzijas kameru, izņēma izlietotās filmas no panorāmas un topogrāfiskās kameras un iznesa konteineru ar mikrobioloģiskiem objektiem — baktērijām, vīrusiem, sēnītēm (kopskaitā ap 60 miljonu mikroorganismu). Viena mikroorganismu daļa tika pakļauta ultravioletajam starojumam, otra — vakuuma iedarbībai, bet trešā — bezsvara stāvoklim un kosmiskajam aukstumam. Šim eksperimentam ir liela nozīme ilgstoša kosmiskā lidojuma iespaida pētīšanai uz cilvēka organismu. Tajā pašā laikā Djuks izlida līdz pleciem no lūkas un iznesa atklātā kosmosā konteineru ar dažādiem bioloģiskiem objektiem — sporām, sēklām, pupām, krevēšu oliņām u. c.

Metingli uzturējās kosmosā 62 minūtes. Viņa pulss šajā laikā bija 130—168 sitieni minūtē, kamēr Jangam un Djukam — 70—80 sitieni minūtē.

Turpmākais lidojums noritēja bez starpgadījumiem. 27. aprīlī, apmēram 44 000 km attālumā no Zemes, tika izdarīta trajektorijas pēdējā korekcija, kas nodrošināja aprēķināto ielēšanas leņķi Zemes atmosfērā ( $6^{\circ}5'$ ) un nosēšanas punktā, kura koordinātes  $00^{\circ}40'$  dienvidu platuma un  $156^{\circ}03'$  rietumu garuma. Pl.  $22^{\text{st}} 17^{\text{m}}$  ekipāžas kabīne atdalījās no dzinēja un  $22^{\text{st}} 31^{\text{m}}$  iegāja Zemes atmosfērā. Tās ātrums bija 11 026 m/s, t. i., nedaudz lielāks nekā iepriekšējo kosmisko kuģu atgriešanās ātrums. Uz dažām minūtēm pārtrūka radiosakari, jo, kuģim ieejot atmosfērā, ap to izveidojas jonizēts mākonis, kas traucē radioviļņu izplatīšanos. Pl.  $22^{\text{st}} 39^{\text{m}}$  tika izlaisti bremzējošie izpletņi, bet  $22^{\text{st}} 45^{\text{m}}$  kabīne ar kosmonautiem nolaidās Klusajā okeānā. Glābšanas operācijā piedalījās aviācijas bāzes kuģis «Tikonderoga», 4 helikopteri un 2 lidmašīnas (gadījumā, ja nosēšanās notiktu tālu no kuģa). Faktiski kosmonauti nolaidās 1,8 km no kuģa — 0,8 km uz rietumiem un 0,3 km uz dienvidiem no aprēķinātā punkta. Tā bija visprecīzākā nosēšanās visā «Apollo» lidojumu vēsturē.

Pl.  $23^{\text{st}} 23^{\text{m}}$  kosmonauti jau atradās uz kuģa.

## PĒC LIDOJUMA

Pēc medicīnas speciālistu slēdziena, «Apollo-16» kosmonauti Dž. Jangs, T. Metingli un Č. Djuks pēc ekspedīcijas uz Mēnesi jutās labi, lai gan lidojuma laikā viņi zaudēja 2,0—3,4 kg svara un samazinājās sirds apjoms.

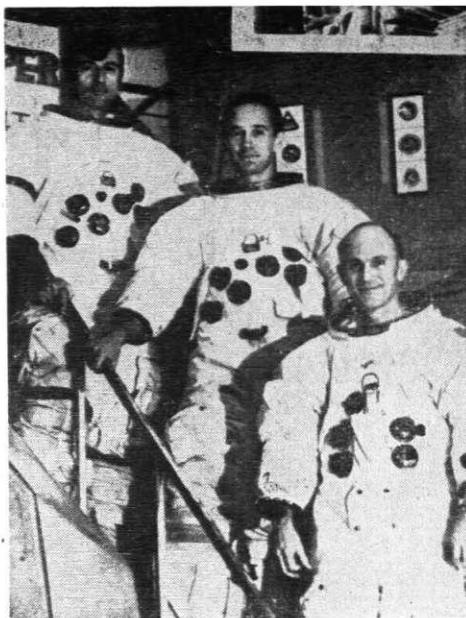
Svara samazināšanās konstatēta arī iepriekšējo Mēness ekspedīciju dalībniekiem, izņemot «Apollo-14» kosmonautu A. Šepardu, kurš lidojuma laikā uzbarojās par 0,5 kg. Kosmonautu svara zudumu zinātnieki izskaidro ar ūdens daudzuma samazināšanos organismā, taču nav vēl skaidrs, kādā veidā tas notiek. Pieņēmums, ka ūdens izdalās ar urīnu, nav apstiprinājies.

2. att. «Apollo-16» komandas locekļi: kosmiskā kuģa kapteinis Dž. Jangs (no kreisās), Č. Djuks un T. Metingli treniņa laikā.

Kosmonautu sirds apjoma samazināšanās tika konstatēta, salīdzinot rentgena uzņēmumus, kas iegūti ar speciālu aparāturu pirms un pēc lidojuma. Arī šai parādībai zinātnieki nezina izskaidrojumu. Iespējams, ka sirds muskulis zaudē masu, bet iespējams arī, ka sirds samazinās uz šķidruma zuduma rēķina organismā.

Nopietna problēma ir kālija daudzuma samazināšanās kosmonautu organismā. «Apollo-15» kosmonautiem tā rezultātā radās sirds ritma traucējumi. «Apollo-16» kosmonautiem kālija deva tika palielināta gandrīz divkārtīgi; sirds aritmija lidojuma laikā viņiem netika konstatēta.

Fiziskie vingrinājumi pēc lidojuma rādīja, ka «Apollo-16» kosmonautu vispārējais stāvoklis ir labāks nekā iepriekšējā kosmiskā lidojuma dalībniekiem. Piemēram, slodzes deficīts «Apollo-16» kosmonautiem bija tikai 20%, bet «Apollo-15» kosmonautiem — 44%.



*Ā. Alksne*

# OBSERVATORIJAS UN ASTRONOMI

A. SPEKTORS

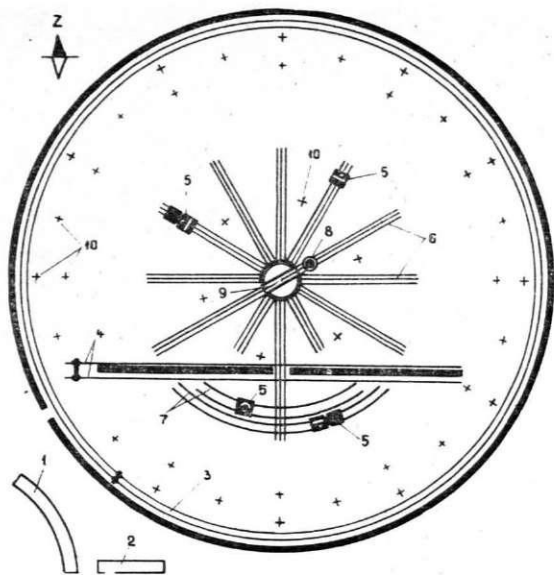
## PSRS ZINĀTŅU AKADĒMIJAS RADIOTELESKOPS RATAN-600

Ziemeļkaukāzā Stavropoles novada Karača-jevo-Čerkeskas autonomā apgabala Zeļeņčukas stacijas tuvumā norit gigantiska radioteleskopa antenas celtniecība. Šeit top PSRS Zinātņu akadēmijas Speciālās astrofizikas observatorijas radioteleskops RATAN-600. Tas būs lielākais radioastronomiskais instruments Padomju Savienībā, kā arī viens no unikālākajiem radioteleskopiem pasaulē.

Šī radioteleskopa antena ir izveidota kā reflektora tipa daudzelementu antena, kuras atstarojošā virsma sastāv no vairāk nekā 900 nedaudz izliektiem atstarojošiem elementiem, ar 7,4 m augstumu un 2 m platumu. Sākuma stāvoklī šie elementi ir izvietoti pa riņķa līniju, katrs no tiem var pagriezties ap savu horizontālo un vertikālo asi, kā arī pārvietoties radiālajā virzienā. Šāda antenas konstrukcija dod iespēju veikt novērojumus jebkurā virzienā virs horizonta, kā arī vienlaikus novērot dažādos virzienos ar vairākiem uztvērējiem. Paredzams, ka varēs uzstādīt līdz trīsdesmit savstarpēji neatkarīgus uztvērējus, un tas arī ir viens no svarīgākajiem rādītājiem, ar ko RATAN-600 atšķiras no visiem esošajiem radioteleskopiem.

RATAN-600 radioastronomiskā stacija aizņems 45 ha lielu laukumu Zeļeņčukas stacijas dienvidu nomalē. Stacijas sastāvā ietilpst (1. att.) laboratoriju korpuss 1 ar tehnisko bloku, kas satur kriogēno staciju šķidra slāpekļa un hēlija iegūšanai, telefonu komutatoru un divus motorģeneratorus ar 75 kW jaudu. Atstarotāja sekciju montāžai un remontam ir uzbūvētas eksperimentālās darbnīcas 2, kur veiks arī citus mehāniskos darbus. Atstarotāja sekciju uzstādīšanai un demontāžai izmantos ceļamkrānus, kas pārvietosies pa speciāliem sliežu ceļiem

1. att. Radioteleskopa RATAN-600 izvietojuma plāns.



3 un 4 gar galveno un periskopiskajiem atstarotājiem. Periskopiskie atstarotāji kopā ar diviem apstarotājiem 5, kas pārvietosies pa lokveida sliežu ceļiem 7, veidos sistēmu, kas nodrošinās iespēju sekot pētāmajam objektam. Pārējie apstarotāji 5 būs izvietoti uz 12 radiālos virzienos vērstiem sliežu ceļiem 6 pēc katriem  $30^\circ$ . Novērojumos, ko veiks ar šiem apstarotājiem, nebūs iespējams sekot pētāmajam objektam, bet, tā kā daudzus radioastronomiskos pētījumus var veikt, arī nesekojojot objektam, tad šāda konstrukcija sevi attaisnos.

Riņķa centrā atrodas speciāls apstarotājs 8, kas paredzēts novērojumiem zenītā, kad viss galvenā atstarotāja gredzens ar 600 m diametru tiek izmantots šim mērķim. Turpat riņķa centrā atrodas arī pagriežams disks 9 ar sliedēm, kas kalpo apstarotāju pārvietošanai no viena sliežu ceļa uz citu. Radioteleskopa visu daļu precīzai iestādīšanai kalpo ģeodēziskie reperi 10.

Galvenos astrofizikālos uzdevumus, kādi ir paredzēti radioteleskopam RATAN-600, var sadalīt četrās grupās: 1) spektrālie novērojumi uz visām radiodiapazonā zināmajām spektrāllīnijām, kā arī jaunu spektrāllīniju meklējumi; 2) Galaktikas un ārpusgalaktikas radiostarojuma avotu pētījumi nepārtrauktā spektrā; 3) Saules un 4) planētu radionovērojumi.

RATAN-600 lielā izšķiršanas spēja pavērs daudz jaunu iespēju šo galveno uzdevumu risināšanai. Uz 21 cm viļņa RATAN-600 izšķiršanas spēja būs  $2' \times 2'$ , kas ļaus pētīt vairāku neitrālā ūdeņraža mākoņu struktūru vai vismaz pielietot statistiskās metodes šo mākoņu pētniecībā. 21 cm spektrāllīniju varēs reģistrēt arī no vairākiem desmitiem galaktiku un domājams, ka četrām vai piecām tuvākajām no tām būs iespējams izdalīt arī atsevišķo spirālo zaru radiostarojumu.

Lielu interesi izraisa arī starpzvaigžņu vides molekulu spektrālo līniju novērojumi ar lielu izšķiršanas spēju. Starpzvaigžņu formaldehīna pēti-

jumi uz 6 cm viļņa ar 20" izšķiršanas spēju ļaus vēl efektīvāk risināt daudzus uzdevumus, kas saistīti ar attālumiem līdz šiem avotiem un to struktūru.

Piena Ceļa siltuma starojuma mērījumi uz 3 cm viļņa pavērs iespēju noteikt jonizētās gāzes masu sadalījumu Galaktikā. Pateicoties lielajai izšķiršanas spējai, šajos novērojumos varēs veikt arī sīkstruktūras pētījumus. Paredzams, ka RATAN-600 jutība ļaus uztvert un novērtēt dažu tuvāko zvaigžņu siltuma radiostarojumu, kas varētu dot jaunu metodi zvaigžņu hromosfēru un koronu pētījumiem. Radiogalaktiku un kvazāru radiostarojuma novērojumos varēs precizēt to leņķiskos izmērus, iegūt jaunus datus par to spektru, kā arī palīdzēs tos precīzāk identificēt ar jau zināmajiem objektiem.

Saules hromosfēras struktūras pētījumos vissvarīgākā loma ir starojumam ar viļņu garumu 8 mm—3 cm. Tieši šajā diapazonā radioteleskopam RATAN-600 ir visaugstākā izšķiršanas spēja (5 līdz 20 loka sekundes). Sistemātiski Saules radiostarojuma novērojumi uz šīm frekvencēm ļaus iegūt viennozīmīgus datus par Saules radiostarojuma intensitātes sadalījumu pa Saules disku. Spektrālos un polarizācijas novērojumos ar lielu izšķiršanas spēju noskaidrosies dažādu radiostarojuma ģenerācijas mehānismu nozīme Saules summārajā radiostarojumā, kā arī magnētisko lauku struktūra aktīvajos apgabalos.

Radioteleskops RATAN-600 dos iespēju padomju zinātniekiem pētīt visus Saules sistēmas ķermeņus, protams, atkarībā no to izmēriem un attāluma no Zemes. Lielā izšķiršanas spēja ļaus novērtēt planētu radiostarojuma intensitātes sadalījumu, kā arī atdalīt planētu radiostarojumu no to pavadoņu radiostarojuma pat tik tālai planētai kā Neptūns. Varēs veikt arī Saules sistēmu planētu radiolokācijas pētījumus 8 mm viļņu diapazonā.

Minēto astrofizikālo uzdevumu risināšanai radioteleskops RATAN-600 pirmajā kārtā tiks apgādāts ar vairākiem augstas jutības radiometriem. Viļņu diapazonam no 0,8 līdz 21 cm būs izgatavoti vairāki diskreti radiometri, kuru ieejās izmantos parametriskos pastiprinātājus vai māzerus.

Radiodiapazona spektrālīniju pētniecībai izgatavos arī spektrālos uztvērējus uz 0,8; 3; 5; 18 un 21 cm viļņu garumiem, kas atļaus veikt novērojumus uz visām pašreiz zināmajām spektrālīnijām. Efektīvākai šo spektrālo uztvērēju izmantošanai tiks izgatavoti arī vismaz četri spektra analizatori ar dažādiem joslu platumiem.

Paredzams, ka radioteleskopa RATAN-600 pirmā kārtā stāsies darbā jau 1973. gadā. Tas nozīmē, ka varēs veikt novērojumus bez sekošanas avotam, jo periskopiskos atstarotājus un pārejo pavadīšanas sistēmu uzstādīs aptuveni gadu pēc radioteleskopa pirmās kārtas pabeigšanas.

Nav šaubu, ka jaunais radioteleskops RATAN-600 pavērs jaunas iespējas radioastronomijas attīstībai. Paredzams, ka ar RATAN-600 strādās ne tikai Speciālās astrofizikas observatorijas zinātnieki, bet arī citi Padomju Savienības un ārzemju radioastronomi.



# KONFERENCES UN SANĀKSMES

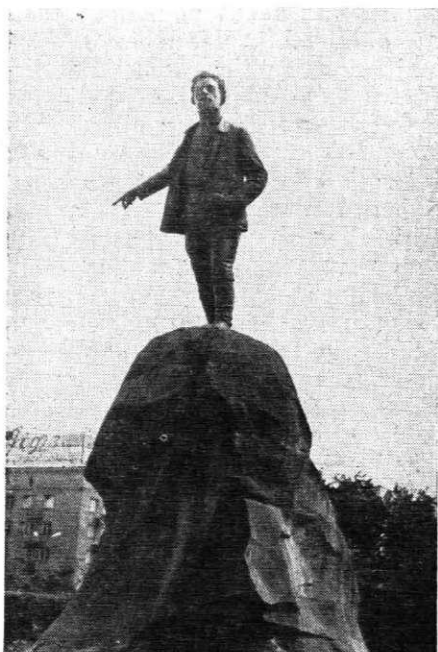
## PSRS ZA ASTRONOMIJAS PADOMES PLĒNUMS SVERDLOVSKĀ

Kārtējais PSRS Zinātņu akadēmijas Astronomijas padomes plēnumš šogad notika Sverdlovskā no 12. līdz 15. jūnijam M. Gorkija Urālu Valsts universitātes aktu zālē. To ievadīja PSRS Zinātņu akadēmijas Astronomijas padomes priekšsēdētāja, PSRS Zinātņu akadēmijas korespondētājlocekļa E. Musteļa uzruna. Plēnuma dalībniekus sveica Sverdlovskas pilsētas izpildkomitejas un Partijas komitejas pārstāvis un M. Gorkija Urālu Valsts universitātes rektors, kas, uzsverot astronomijas lielo nozīmi mūsdienu zinātnes attīstībā, izteica gandarījumu un prieku, ka plēnumš notiek Sverdlovskā, kā arī novēlēja tā dalībniekiem labi pastrādāt un patīkami atpūsties.

Pēc šīs ievada daļas sākās plēnuma tiešais darbs. Plēnuma dalībnieki noklausījās trīs zinātniskus referātus. Igaunijas PSR Zinātņu akadēmijas Tartu observatorijas zvaigžņu astronomijas sektora vadītājs, Igaunijas PSR Zinātņu akadēmijas korespondētājlocekļš G. Kuzmins referātā «Zvaigžņu sistēmu dinamikas un evolūcijas problēmas» ziņoja par veiktajiem darbiem mūsu Galaktikas un citu zvaigžņu sistēmu struktūras un dinamikas pētījumos. Ar statistiskām metodēm pētot zvaigžņu sistēmas, kas tiek uzskatītas kā ļoti daudzu materiālu punktu gravitatīvas sadarbes sistēmas, G. Kuzminam izdevās atklāt trešo kustības integrāli un parametru C, kas kopā ar Oorta parametriem A un B nosaka zvaigžņu kustību mūsu Galaktikā. G. Kuzmina darbi šajā virzienā guvuši plašu ievēribu ne tikai mūsu zemē, bet arī ārzemēs. Par tiem G. Kuzmins 1971. gadā saņēma PSRS Zinātņu akadēmijas F. Bredihina prēmiju.

I. Zongolovičš referātā «Pavadoņu ģeodēzijas ģeometriskās metodes» aplūkoja metodes, kā Zemes mērišanai nepieciešamās koordinātu asis saistīt ar Zemes rotācijas asi, tās masas

1. att. M. Gorkija Urālu Valsts universitātes ēka, kur notika PSRS ZA Astronomijas padomes plēnums.



2. att. J. Sverdlova piemineklis Sverdlovskā.

centru utt. un kā šim nolūkam izmantot Zemes mākslīgo pavadoņu novērojumus.

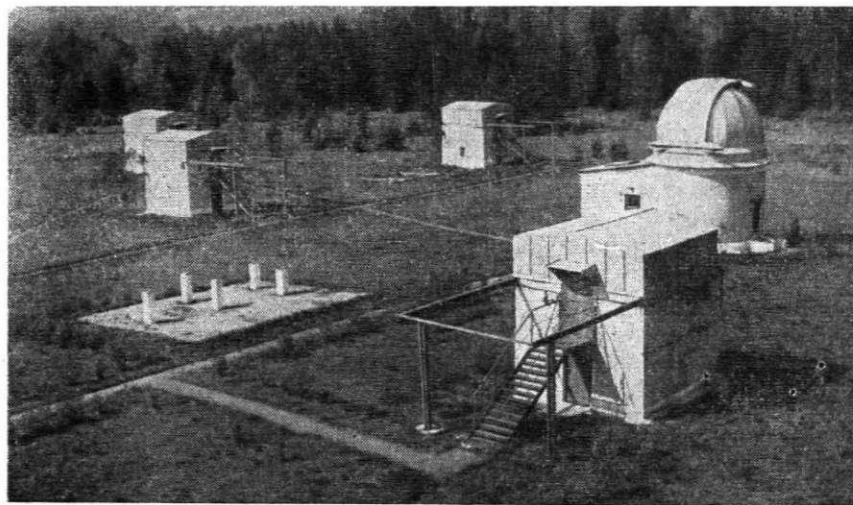
Trešais referāts bija M. Gorkija Urālu Valsts universitātes Astronomiskās observatorijas direktores profesores K. Barhatovas «Pārskats par Kourovas observatorijā un Urālu universitātes Astronomijas un ģeodēzijas katedrā veiktajiem darbiem». Kā jau pats nosaukums rāda, viņa ziņoja par Urālu universitātes astronomu pētījumu rezultātiem un sasniegumiem jaunās observatorijas celtniecībā un darba organizēšanā.

13. jūnijā plēnuma rīta sēdes darbu vadīja vecākais padomju astronoms akadēmiķis A. Mihailovs. Sēde sākās ar atskaites gadā mirušo astronomu piemiņas godināšanu. Pēc tam atskaiti par Astronomijas padomes prezidija zinātnisko un organizatorisko darbu 1971./72. gadā sniedza E. Mustelis, bet pārskatu par Astronomijas padomes starptautiskajiem

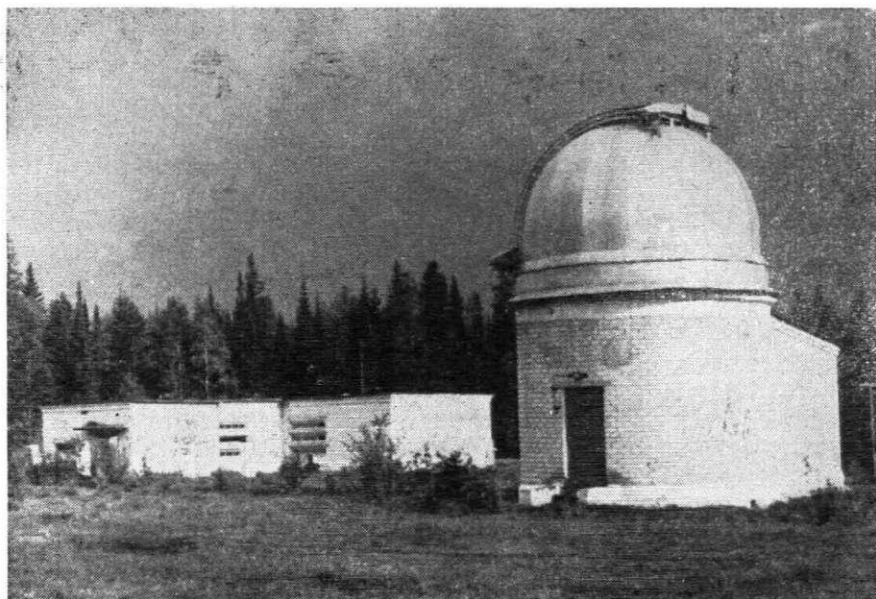
sakariem — padomes priekšsēdētāja vietniece fiz. un mat. zinātņu doktore A. Maseviča. Ar abām atskaitēm plēnuma dalībnieki varēja iepazīties jau iepriekš, tādēļ pēc to nolasišanas izraisījās dzīvas un lietišķas deba-tes. Tās turpinājās arī pēcpusdienas sēdē, ko vadīja Armēnijas PSR Zinātņu akadēmijas prezidents, Birakānas observatorijas direktors PSRS ZA īstenais loceklis V. Ambarcumjans. Debatēs sevišķi tika uzsvērta nepieciešamība palielināt Astronomijas padomes lomu zinātnisko pētījumu koordinācijas jautājumos, kā arī izrādīt lielāku aktivitāti un neatlaidību, kārtojot tādas astronomiskajām iestādēm vitāli svarīgus jautājumus kā apgādi ar modernu un augsttražīgu fotoplašu, filmu, spektrofotogrammu utt. mērīšanas aparāturu. Par atskaitēs un debatēs skartajiem aktuāla-jiem astronomijas attīstības jautājumiem sēde pieņēma plašu lēmumu.

Nākamajā dienā plēnuma dalībnieki iepazīnās ar M. Gorkija Urālu Valsts universitātes Astronomiskās observatorijas darbu un noklausījās tās līdzstrādnieku referātus: A. Borisovs — «Daži ārpuszemes astronomi-jas jautājumi», A. Vasiļevskis — «Sarkano milžu pētījumi vaļējās zvaig-žņu kopās», M. Svečņikovs — «Ciešu dubultsistēmu pētījumi», F. Rožav-skis — «Saules plankumu nepārtrauktā spektra pētījumi», kas ļāva iepa-ziēt Sverdlovskas astronomu sasniegumus viņu pētījumu pamatvirzienos.

Pirmais referāts apskatīja galvenokārt tos darbus, kas gan mūsu zemē, gan arī ārzemēs veltīti Mēness apgūšanas jautājumiem, dažādu



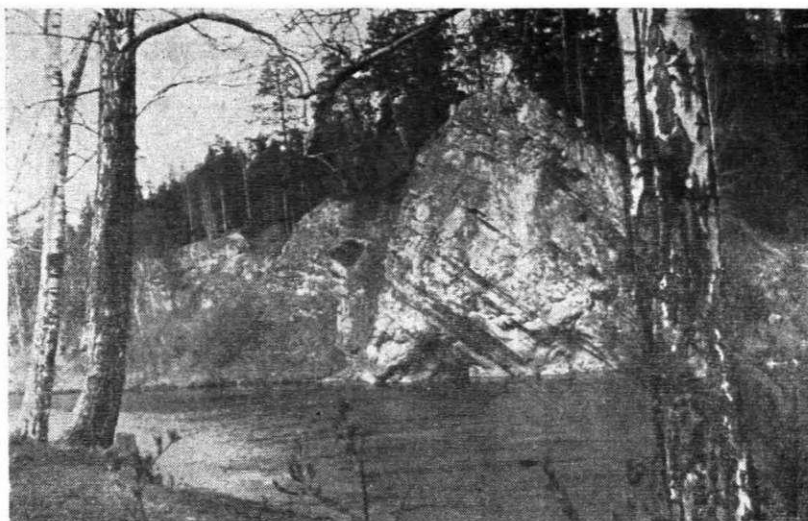
3. att. M. Gorkija Urālu Valsts universitātes Kourovas observatorijā.



4. att. Kourovas observatorijas paviljons.

astronomisku problēmu risināšanai. A. Vasiļevskis iepazīstināja ar Sverdlovskas astronomu oriģinālpētījumiem par vieniem no interesantākajiem zvaigžņu valsts pārstāvjiem — sarkanajiem milžiem, kas ir arī Latvijas PSR ZA Radioastrofizikas observatorijas astronomu zinātniskā darba objekts. Sverdlovskas astronomi galvenokārt pētījuši vaļējās kopas, jo tās ir vecas zvaigžņu sistēmas un tādēļ bagātas ar sarkanajiem milžiem. Otrs no iemesliem, kādēļ Sverdlovskas astronomi saviem pētījumiem izvēlējušies zvaigžņu kopas, ir tas, ka līdz tām ir iespējams samērā precīzi noteikt attālumu un līdz ar to precīzi aprēķināt kopas zvaigžņu absolūtos lielumus un citus svarīgus zvaigžņu fizikālos rādītājus. Sverdlovskas astronomi ir pētījuši sarkano milžu ķīmisko sastāvu un sadalījumu uz diagrammas krāsa—spožums. Sarkano milžu ķīmiskā sastāva pētīšanai izmantots Abastumanas observatorijas vidējas dispersijas spektrogrāfs (166 Å/mm).

M. Svečņikovs pastāstīja par rezultātiem, kādus Sverdlovskas astronomi guvuši, pētot ciešas dubultzvaigžņu sistēmas. Izrādās, ka šādās ciešās dubultzvaigžņu sistēmās notiek ne tikai masas pārtecēšana no vienas sistēmas komponentes uz otru, bet arī un pat galvenokārt masas iztecē-



5. att. Gleznainās Čusovajas krastos.

šana no sistēmas, t. i., sistēma zaudē masu vispār. Uz to norāda novērojumu dati par būtiskām sistēmas orbitālā momenta izmaiņām, ko nevar izskaidrot ar masas pārtēcēšanu no vienas sistēmas komponentes uz otru.

Plēnuma pēdējā referātā (F. Rožavskis) bija aplūkotas un izanalizētas Saules plankumu nepārtraukto spektru īpatnības.

Plēnuma pēdējā dienā tā dalībnieki devās apskatīt Sverdlovskas astronomu novērošanas bāzi — Kourovas observatoriju, kas atrodas... citā pasaules daļā — Eiropā, 90 km attālumā no Sverdlovskas.<sup>1</sup> Netālu no observatorijas tek gleznām krastu klintīm rotātā Urālu upe Čusovaja. Observatorija ir jauna — tā atklāta 1965. gadā. Galvenie instrumenti — 48 cm reflektors un horizontālais Saules teleskops. Observatorija ir moderni iekārtota, darbiniekiem radīti labi darba un dzīves apstākļi.

Viesmīlīgie saimnieki bija veltījuši daudz pūļu, lai plēnuma dalībnieki varētu labi un interesanti pavadīt arī no sēdēm brīvo laiku. Bija organizētas ekskursijas pa Sverdlovsku, uz Pionieru pils pasaku istabu, uz Juvelieru izstrādājumu fabriku un Sverdlovskas Valsts mineraloģijas muzeju, kurā izstādītais eksponātu klāsts sniedz plašu pārskatu par Urālu kalnu milzīgajām izrakteņu bagātībām.

*A. Balklavs*

<sup>1</sup> Robeža starp Eiropu un Āziju atrodas 40 km attālumā no Kourovas observatorijas.

## VII VISSAVIENĪBAS KONFERENCE RADIOASTRONOMIJĀ

1972. gada 19.—24. jūnijā Gorkijā strādāja VII Vissavienības konference radioastronomijā, ko bija organizējuši PSRS Zinātņu akadēmijas Radioastronomijas kompleksās problēmas zinātniskā padome, KPFSR augstākās un vidējās speciālās izglītības ministrijas Radiofizikas zinātniskās pētniecības institūts un Gorkijas apgabala A. Popova radiotehnikas biedrības valde. Konferencē piedalījās ap 450 dalībnieku no 55 iestādēm, tajā skaitā 7 akadēmiķi un akadēmiju korespondētājlodekļi, 28 zinātņu doktori un 91 zinātņu kandidāti. Konferenci atklāja PSRS Zinātņu akadēmijas viceprezidents, Radioastronomijas kompleksās problēmas zinātniskās padomes priekšsēdētājs akadēmiķis V. Koteļņikovs. Ar kļūsuma brīdi klātesošie godināja astronomu J. Ikaunieka un V. Vitkēviča piemiņu.

Plenārsēdēs konferences dalībnieki noklausījās 7 referātus. A. Salomonovičs referātā «Padomju radioastronomijas 25 gadi» deva pārskatu par padomju radioastronomu sasniegumiem gadsimta ceturksņa laikā kopš pirmajiem padomju radioastronomu pētījumiem 1947. gadā, kad uz Brazīlijas piekrasti, lai novērotu pilnu Saules aptumsumu, devās PSRS Zinātņu akadēmijas ekspedīcijas kuģis. Kopš tā laika padomju radioastronomi guvuši vispārārtzītus panākumus Galaktikas un ārpusgalaktikas radioastronomijā, kā arī Saules un planētu pētišanā ar radioastronomiskām metodēm. Ar katru gadu paplašinās radioteleskopu parks. J. Zeļdoviča un J. Parijska referātā tika apskatīti reliktā starojuma jaunākie mērījumi un to kosmoloģiskā nozīme. S. P. kelnera, R. Soročenko un V. Streļņicka referāts bija veltīts zvaigžņu rašanās jautājumiem un iespējām to pētišanai ar radioastronomiskām metodēm.

Vienu no pēdējiem V. Vitkēviča darbiem «PSRS ZA Fizikas institūtā veiktie pulsāru un starpzvaigžņu vides pētījumi» nolasīja J. Šitovs. V. Vitkēviča vadībā veikti plaši pulsāru novērojumi. Pēc V. Vitkēviča klasifikācijas, pastāv 2 pulsāru klases — pirmā, kurā ietilpst pulsāri, kam tā sauktie starpimpulsi ar laiku maina savu novietojumu attiecībā pret galvenajiem impulsiem, un otrā, kurā ietilpstošiem pulsāriem gan arī var būt sarežģīta starpimpulsu struktūra, taču starpimpulsu dreifs ar laiku nav novērojams. Pirmās klases pulsāru impulsu formu, iespējams, nosaka vairāki radiostarojuma apgabali, kas lēni dreifē apkārt neitronu zvaigznei. Kā raksturīgu piemēru te var minēt pulsāru CP 0808. Otrās klases pulsāru izstarojuma ainu acīmredzot nosaka ar neitronu zvaigznes virsmu cieši saistīti impulsu avoti, kuri parasti arī ir vairāki. Pie otrās klases pieder, piemēram, pulsārs CP 1133. Pateicoties pulsāru starojuma impulsu dabai un noteiktai polarizācijai, tie ir vērtīgs līdzeklis starpzvaigžņu vides nehomogenitāšu un magnētiskā lauka izpēti. PSRS ZA Fizikas institūtā veiktie pētījumi rāda, ka starpzvaigžņu vides nehomogenitāšu raksturīgie izmēri ir ar kārtu  $10^5$  km, bet

magnētiskā lauka blīvums  $1 \div 4$  mikrogausi. V. Zeļeņņakova ziņojums «Par pulsāru radiostarojuma izcelšanos» bija teorētisko darbu apskats šajā jomā. Pašlaik uzskata, ka pulsāri ir ātri rotējošas neitronu zvaigznes ar ļoti spēcīgu magnētisko lauku, un to lineārie griešanās ātrumi sasniedz līdz  $0,8$  gaismas ātruma. Šādu pulsāru tipisks caurmērs ir ap  $10$  km, bet masa — tuva Saules masai. Izstarojošiem avotiem raksturīga magnētiskā lauka intensitāte ap  $5 \cdot 10^7$  erstedu, bet to tuvumā elektriskā lauka intensitātei jāsasniedz ap  $3 \cdot 10^{10}$  CGSE vienības. Domājams, ka pulsāru starojums ir koherents māzera starojums. V. Troickis pastāstīja par KPFSR augstākās un vidējās speciālās izglītības ministrijas radioteleskopu, kura būve tuvākā laikā sāksies Gorkijas apgabalā. Šī radioteleskopa paraboloīda spoguļa atvēruma diametrs būs  $70$  m un tas darbosies  $0,5$  līdz  $500$  cm diapazonā. Viļņa garumiem, kas mazāki par  $3$  cm, tā efektīgais laukums pārsniegs VFR  $100$  m diametra radioteleskopa efektīgo laukumu. Radioteleskops atradīsies attālu no rūpniecības rajoniem un lielākām apdzīvotām vietām, tādējādi būs labi pasargāts no traucējumiem. Radioteleskopa darba zinātniskajā programmā ietilpst avotu katalogu sastādīšana milimetru un centimetru viļņu diapazonos, zvaigžņu termiskā starojuma novērošana, planētu, mazo planētu un Saules radiostarojuma pētījumi. L. Gindilis pastāstīja par starptautisko simpoziju jautājumā par sakariem ar ārpuszemes civilizācijām. Simpozijš notika Armēnijas PSR Birakānas observatorijā 1971. gadā.

Tālākais konferences darbs noritēja atsevišķās sekcijās.

*Galaktiskās un ārpusgalaktiskās radioastronomijas sekcijā.* Vēl arvien radioastronomu uzmanības centrā ir pulsāri. Tiem tad arī bija veltīta vesela sekcijas sēde. Ziņojumos tika aplūkotas impulsu spektra sīkstruktūras, to islaicīgās variācijas un amplitūdas fluktuācijas, kā arī modeļi, kas skaidro optisko, rentgena un gammas starojuma ģenerāciju pulsāros.

Izmantojot radiointerferometrus ar neatkarīgu pierakstu, iespējams realizēt lielas bāzes un līdz ar to paaugstināt izšķiršanas spēju, kura nepieciešama diskrešu radioavotu struktūras pētījumos. Vairāki referenti apkopāja iegūtos rezultātus diskrešu radioavotu struktūras pētījumos metru un dekametru viļņos.

Interesanti bija ziņojumi par radioavotu starojuma intensitātes absolūtiem mērījumiem. Gorkijas radioastronomi K. Stankevičs un D. Dmitrenko referēja par Gulbja A un Kasiopēja A radiostarojuma spektru. Pēdējam avotam autori konstatējuši spektra indeksa samazināšanos vidēji par  $1,8\%$  gadā. Mērījumi aptver decimetru un centimetru viļņu diapazonu.

Vairākus ziņojumus nolasīja par neitrālā ūdeņraža sadalījumu Galaktikā un galaktiskā fona struktūru.

*Mēness un planētu radioastronomisko pētījumu sekcijā.* Sakarā ar 1970. gada lielo opozīciju, kā arī kosmisko staciju «Marss-2» un «Marss-3» darbību sekcijas sēdēs ļoti daudz referātu bija veltīti Marsa izpētei.

Marsa novērojumi radiodiapazonā no Zemes Padomju Savienībā veikti galvenokārt ar Serpuhovas un Krīmas 22 m radioteleskopu antenām, dažādos viļņu diapazonos. Iegūti precīzāki dati par Marsa siltuma starojumu, kā arī pētītas Marsa atmosfēras refrakcijas īpašības mierīgos apstākļos un smilšu vētras laikā uz Marsa.

Ar kosmiskajiem aparātiem «Marss-2» un «Marss-3» arī veikti vairāki darbi radiodiapazonā. Marsa atmosfēras caurstarošana ar radioviļņiem no šiem aparātiem ievērojami paplašinājusi mūsu zināšanas par Marsa atmosfēru un jonosfēru. No šiem aparātiem izdarīti arī Marsa siltuma starojuma un tā polarizācijas mērījumi.

Sekcijas dalībnieki noklausījās vairākus referātus par Merkura, Venēras, Jupitera un tā pavadoņa Kallisto siltuma starojuma pētījumiem. Liels darbs arī veikts Mēness pētniecībā gan ar parastajām radioastronomijas metodēm, gan arī ar stacijas «Luna-18» palīdzību.

Šīs sekcijas ietvaros speciāla sēde bija veltīta Zemes atmosfēras pētījumiem ar radioastronomiskajām metodēm. Iegūtie rezultāti galvenokārt ļauj precizēt Zemes atmosfēras absorbējošās īpašības radiodiapazonā. Sevišķi svarīgi ir iegūtie dati milimetru un submilimetru viļņu diapazonos.

*Saules radioastronomisko pētījumu sekcijā.* Sekcijas sēdēs vispirms aplūkoja jaunākos teorētiskos pētījumus, kas saistīti ar Saules radiostarojuma ģenerācijas mehānismiem, un pēc tam novērojumu rezultātus apsprieda, izejot no jaunākajām teorētiskajām atziņām. Vairāki darbi bija veltīti kvaziperiodisko fluktuāciju novērojumiem un šo rezultātu interpretācijai. Reizē ar to tika apskatīts arī Saules magnētiskā lauka svārstību spektrs un hromosfēras augstuma fluktuācijas. Sīki iztirzāja mierīgā Saules radiostarojuma pētījumus. Ļoti plaši Saules radiostarojuma pētījumi veikti Gorkijas universitātes Radiofizikas zinātniskās pētniecības institūtā ar jauno milimetru viļņu radioteleskopu. Vairāki darbi bija veltīti 1970. g. 7. marta Saules aptumsuma rezultātu interpretācijai.

*Aparatūras un radioastronomisko pētījumu metožu sekcijā.* Daudzi sekcijas sēdēs nolasītie referāti bija veltīti submilimetru diapazona radioastronomiskajai tehnikai. Interesi izraisīja V. Abļazova, J. Kovaļova u. c. ziņojumi par milimetru viļņu spektrāliem radiometriem Saules pētīšanai. D. Koroļkovs iepazīstināja sekcijas dalībniekus ar iespējām pielietot radioastronomijas vajadzībām detektorus, kuru darbības pamatā ir Džozefsona efekts. Šie detektoru var izrādīties perspektīvi milimetru viļņu diapazonā. Teorētiski minimālā šādu detektoru jauda 4 mm vilnim ir  $10^{-16}$  W.

Vairāki referenti apskatīja jautājumus, kas saistīti ar radiometru stabilitātes paaugstināšanu.

L. Kogans referēja par optimālo signāla uzkrāšanas laiku un nepieciešamo heterodina stabilitāti radiointerferometros ar supergarām bāzēm.



Autors pamatojas uz rezultātiem, kas iegūti, strādājot ar interferometru, kura bāzes garums  $\approx 0,5 \cdot 10^9 \lambda$ .

Radioastronomisko novērojumu un rezultātu apstrādes automatizācijai bija veltīta vesela sekcijas sēde. Pusvadītāju ierīces rod arvien plašāku pielietojumu radioastronomiskajā aparātūrā. Vairāki ziņojumi bija veltīti modulatoru un vājinātāju konstrukcijām ar *p-i-n* struktūrām. V. Bogots ziņoja par heterodina izstrādāšanu ar Ganna diodēm 2 cm diapazona radiometram. Šādus ģeneratorus raksturo mazs masu jaudas patēriņš, liela mehāniskā stabilitāte un zemāki trokšņu līmeņi nekā klistroniem.

Daudzi ziņojumi izraisīja plašas diskusijas.

*Radioteleskopu un antenu iekārtu sekcijā.* Sēdēs nolasītie referāti plaši atspoguļoja gan jaunākos teorētiskos darbus šajā jomā, gan arī antenu būves norisi mūsu valstī. Daudzi teorētiskie darbi bija veltīti galvenokārt antenu parametru noteikšanas metožu uzlabošanai. Tika apskatīta antenu parametru mērīšanas «melnā» diska metode, antenu izkļiedes koeficientu mērīšanas metode pēc Zemes un atmosfēras starojuma un citi jaunāji. Krimas observatorijas zinātnieki ziņoja par 22 m radioteleskopa antenas parametriem isāko centimetru viļņu diapazonā. Vairāki referāti bija veltīti arī radioastronomisko metožu pielietošanai lielu izmēru antenu īpašību pētīšanai.

Dalībnieku nedalītu uzmanību saistīja referāti, kuros apskatīja jaunāko nesen uzbūvēto un pašreiz būvējamo antenu parametrus un tehniskās iespējas. Gorkijas Radiofizikas institūtā nesen slājusies darbā Krausa sistēmas divspoguļu antena. Tās virsmas precizitāte ļauj strādāt milimetru viļņu diapazonā, sākot no 1 mm. Pulkovas radioastronomi referēja par sava lielā radioteleskopa antenas īpašību uzlabošanas iespējām, kā arī informēja konferences dalībniekus par radioteleskopa RATAN-600 celtniecības darbu norisi un paredzamajiem antenas parametriem.

Ļoti lielu pilnīgi grozāmu antenu ar 70 m diametru būvē PSRS Augstākās un vidējās speciālās izglītības ministrija. Grupa Maskavas zinātnieku klātesošos iepazīstināja ar jaunās antenas paredzamajām īpašībām un darbības sistēmu.

*Mākslīgas izcelšanās signālu meklējumu sekcijā.* Sekcijas vadītājs — PSRS ZA korespondētājloceklis V. Troickis — ziņoja par impulsveida signālu meklējumiem decimetru un centimetru viļņu diapazonos. Lai izvairītos no vietēja rakstura traucējumiem, uztvērēji bija novietoti vairākās attālas vietās. 3% no visiem uztvertiem impulsveida uzliesmojumiem reģistrēja visās novērošanas vietās. Vairums uzliesmojumu decimetru viļņu diapazonā bija saistīti ar Saules aktivitāti un Zemes atmosfēras augšējiem slāņiem. Lai turpmākos mērījumos tos izskaustu, lietderīgi pāriet uz isākiem viļņiem, kur mazāki traucējumi, un izvietot uztverošo aparāturu ārpus atmosfēras robežām.

N. Kardaševs referēja par informācijas signālu meklēšanas optimālo diapazonu un iespējamiem izsaukšanas signāliem. Par optimālāko atzīstami dm viļņi un submilimetru viļņu rajons no 1 mm līdz 100  $\mu$ , lai gan pēdējā vēl jāpēta pašreiz nezināmā fona komponente.

Ar «Zinātniskās un tehniskās pētniecības problēmas par sakariem ar ārpuszemes civilizācijas programmas» projektu sekcijas dalībniekus iepazīstināja L. Gindilis. Projekts paredz pētījumiem speciāli izstrādātu programmu un aparatūru. Pētījumi veicami ilgākā laika posmā. Jāievēro arī morāli psiholoģiskais faktors, jo ātri iegūstami pozitīvi rezultāti ir mazvarbūtīgi. Tā kā nav *a priori* zināšanu, tad jāstrādā vairākos virzienos.

Nobeigumā jāatzīmē lielā interese par šo tematu. Sekcijas sēdēs piedalījās gandrīz visi konferences dalībnieki.

Dz. Blūms, G. Ozoliņš, A. Spektors

## AIZPUTES VIDUSSKOLĀ

1972. gada 11. maijā notika zinātniska konference, kas bija veltīta ievērojamā astronoma, Baldones radioastrofizikas observatorijas dibinātāja un izveidotāja, Jāņa Ikaunieka 60. dzimšanas dienas atcerei. Aizputniekiem



1. att. Stendi J. Ikaunieka piemiņas stūrīti.

Jānis Ikaunieks ir sevišķi tuvs, jo mūsu skola (no 1936. līdz 1940. g.) bija viņa pirmā darba vieta skolotāja gaitās. Konferencē referēja J. Ikaunieka darba biedri un viņa darba turpinātāji — fizikas un matemātikas zinātņu kandidāti Ilga Daube, Natālija Cimahoviča un Andrejs Alksnis.

J. Ikaunieks nekad nevēlējās, lai par viņu runātu, vēl jo vairāk, — viņš pat to aizliedza kad un kur vien varēja. Šis zinātnieka domas tika ņemtas vērā, plānojot konferences darba kārtību.

Pirmais referāts, ko nolasīja observatorijas zinātniskā sekretāre I. Daube, bija par tēmu «Jānis Ikaunieks un Radioastrofizikas observatorija Baldonē». Referente 23 gadus strādājusi kopā ar Ikaunieku, tādēļ ļoti pārskatāmi raksturoja observatorijas tapšanas ceļu no neliela astronomijas sektora 6 cilvēku sastāvā, «kura vadītājs un dvēsele bija Ikaunieks», līdz 60 observatorijas darbinieku lielam kolektīvam mūsu dienās. J. Ikaunieks bija neatlaidīgs un sīksts cilvēks, kas prata tālredzīgi skatīt daudzas problēmas desmitiem gadu uz priekšu. Viņš aizstāvēja un pamatoja observatorijas celtniecības nepieciešamību mūsu republikā, rūpējās par observatorijas materiālās bāzes izveidošanu. I. Daube interesanti pastāstīja arī par sarkanajām milžu, sevišķi oglekļa grupas zvaigznēm, kuru pētīšana bija zinātnieka darba galvenais saturs.

Vecākā zinātniskā līdzstrādniece N. Cimahoviča savā referātā «Mūsu zvaigzne Saule» parādīja, ka Saule tiešām ir vienīgā zvaigzne, kurai var izpētīt virsmas detaļas. Kopš 1958. gada arī Baldones observatorijā uztver Saules radioizstarojumu 1,5 m un vēlāk arī citos viļņu garumos. Saules pētījumiem ir ne tikai zinātniska, bet arī plaša praktiska nozīme, jo Saules aktivitātes izmaiņas ietekmē arī klimatu un cilvēku veselības stāvokli, piem., asins sastāvu un centrālās nervu sistēmas darbību. Kā jau savā laikā paredzēja J. Ikaunieks, šiem pētījumiem ir lielas perspektīvas.

Referātā «Pulsāri» observatorijas vecākais zinātniskais līdzstrādnieks A. Alksnis deva jaunus, ļoti interesantus datus par šiem tikai 1967. gadā atklātajiem visai savdabīgiem objektiem.

Skolas zālē bija izvietota izstāde: 3 stendi ar fotogrāfijām par J. Ikaunieku — skolotāju un astronomu —, par pašu observatoriju, J. Ikaunieka populārzinātniskās grāmatas, Astronomiskie kalendāri, «Zvaigžņotās debess» izdevumi, atmiņu sakopojumi un citi materiāli.

Referātus noklausījās skolotāji, 7.—11. kl. skolēni un interesenti arī no jaunākajām klasēm, J. Ikaunieka bijušie skolēni un viesi.



REFERĒTS LATVIJAS PĪR ZA  
RADIOFIZIKAS OBSERVATORIJAS  
ASTRONOMI

1. I. DAUBE — JĀNIS IKAUNIEKS UN RADIOFIZIKAS OBSERVATORIA
2. N. CIMAHOVICHA — MŪSU ZVAIGZNE — SAULE
3. A. ALKSNIS — PULSĀRI

AICINĀTI VIŅI 7.—11. KL. SKOLĒNI

2. att. Zinātniskās konferences afiša.



3. att. Sanaksmes referenti. No kreisas uz labo: Aizputes vidusskolas mācību daļas vadītāja un J. Ikaunieka skolniece astronome R. Savelļeva, LPSR ZA Radioastrofizikas observatorijas vecākie zinātniskie līdzstrādnieki A. Alksnis un N. Cimahoviča, observatorijas zinātniskā sekretāre I. Daube.

10. klašu skolēniem konference sakrita ar astronomijas kursa noslēgumu, un viņiem bija jānodod mājas darbs par iespajdiem sanāksmē. Vairāki skolēni siki atreferēja astronomu stāstijumu. Tas liecina, ka viņi kļuvuši zināšanām bagātāki, ir radusies vēlēšanās uzzināt vēl vairāk. Citi salīdzina dzirdēto ar iepriekš lasīto un pastāsta, ko jaunu uzzinājuši par mūsu republikas zinātnieku devumu astronomijas attīstībā, par J. Ikaunieka personību. Vairāki skolēni izsaka savus pārdzīvojumus, domas un izjūtas. Sacerējumu virsraksti ir dažādi: «Zinātniskā konference mūsu skolā», «Tikšanās ar astronomiem», «Astronomijas pēcpusdiens», taču visi darbi liecina, ka šī konference ir saviļņojusi tās dalībniekus un paplašinājusi viņu zināšanu loku.

Konferences noslēgumā skolēni pateicās saviem viesiem par apciemojumu un par saistošo stāstijumu. Astronomi kopā ar aizputniekiem apmeklēja veco Aizputes vidusskolas un internāta ēku, kur kādreiz dzīvoja un strādāja J. Ikaunieks, apskatīja arī 13. gs. latviešu dzīves drūmo liecinieci — veco ordeņa pili, izstaigāja Misiņkalnu un Tebras krastus.

Ļoti gribētos izteikt vēlēšanos, lai skolā, kurā 4 gadus kādreiz mācīja Ikaunieks, tiešām piepildītos astronomes Ilgas Daubes viesu grāmatā ierakstītie vārdi: «Kaut astronomija un zvaigznes šinī skolā vienmēr būtu cieņā.»

*R. Savelļeva,  
Aizputes vidusskolas  
astronomijas skolotāja*

# ASTRONOMIJA SKOLĀ

## 2. ALKSNE

### CIK LIELAS IR ZVAIGZNES?

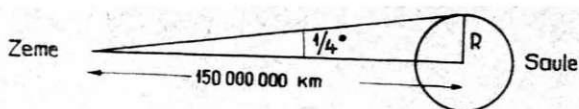
Lūkojoties uz zvaigznēm ar neapbruņotu aci vai binokli, mēs redzam tikai sīkus, spidošus punktus. Zvaigznes atrodas tik tālu no mums, ka pat pasaules vislielākajos teleskopos to diski nav saskatāmi.

Tomēr starp visām zvaigznēm ir viena, kuras disku var aplūkot katrs — tā ir mūsu Saule. Neaizmirsīsim, ka uz Sauli drīkst skatīties tikai caur ļoti tumšām acenēm vai apkvēpinātu stiklu! Ļoti ērti Saules disku var novērot, projicējot to caur binokli vai nelielu tālskati uz balta ekrāna. Novērotājam Saule vienmēr izskatās kā ideāli apaļš disks ar asu malu. Raugoties no Zemes, šī diska diametrs redzams pusgrādu lielā leņķī. Precīzāk, Saules diska vidējais diametrs loka mēra vienībās ir  $31'59''$  jeb rādiuss —  $15'59''{,}5$ . Mēs runājam par vidējo diametru tāpēc, ka attālums starp Sauli un Zemi nepārtraukti mainās un līdz ar to mainās redzamais leņķiskais diametrs no  $32'35''$  janvārī līdz  $31'31''$  jūlijā. Lai noteiktu Saules diametru lineāras mēra vienībās, jāzin arī attālums līdz mūsu zvaigznei. Saules vidējais attālums no Zemes tagad noteikts ar precizitāti līdz 500 km un vienlīdzīgs 149 598 500 km.

Zinot Saules vidējo leņķisko rādiusu un vidējo attālumu, no taisnleņķa trisstūra Zeme, Saules centrs, Saules mala (1. att.), varam aprēķināt, ka tās rādiuss lineārās mēra vienībās ir 695 000 km vai diametrs — 1 390 000 km.

Saule, tāpat kā Zeme, pēc formas ir lode, bet daudz mazāk saspiesta, jo ap savu asi griežas lēni. Saules lodei ir gandrīz pareiza forma, kamēr Zeme patiesībā ir elipsoīds. Salīdzinot mūsu planētas vidējo rādiusu — 6366 km — ar Saules rādiusu, varam konstatēt, ka Saule ir 109 reizes lielāka par Zemi (2. att.).

Saule līdzīgi visām citām zvaigznēm sa-

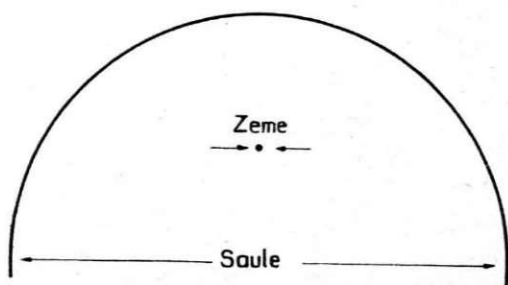


1. att. Saules rādiuss ir redzams  $\frac{1}{4}^\circ$  lielā leņķī. Attālums no Zemes līdz Saulei ir 150 000 000 km. Saules rādiusu kilometros var aprēķināt no taisnleņķa trīsstūra.

stāv no sakarsetām gāzēm, un tāpēc Saules lodei nav cietas vai šķidrās virsmas, kāda norobežo Zemi no tās atmosfēras. Tomēr mēs skaidri redzam asu Saules diska malu! Kāpēc? Gaismas stari nāk no Saules gāzu masas dažāda dziļuma slāņiem. Pat ārējie slāņi nav pilnīgi caurspīdīgi, un, jo dziļāks slānis, jo mazāk gaismas no tā saņemam. Noteiktā dziļumā Saules viela kļūst pavisam necaurspīdīga, pie kam pāreja no caurspīdīgā uz pilnīgi necaurspīdīgo slāni notiek krasī. Necauspīdīgā Saules daļa, t. i., daļa, no kuras gaisma ārā neizplūst, atrodas tikai kādus 50—150 km dziļāk par slāņiem, no kuriem Sauli atstāj ap 80% gaismas. Lūk, šīs krasās pārejas dēļ vielas caurspīdībā Saules mala izskatās nevis izplūdusi, bet gan asa, noteikta, kaut arī vielas blīvumā stingra robeža nepastāv. Saules redzamo virsmu — fotosfēru jeb «gaismas sfēru» — aptver ļoti plaša atmosfēra. Pats ārējais atmosfēras slānis — Saules vainags — stiepjas miljoniem km tālu no spīdekļa. Saules atmosfēru var novērot aptumsuma laikā, kad spožo disku aizsedz Mēness, vai arī jebkurā laikā ar speciālām iekārtām.

Tātad, runājot par Saules vai citu zvaigžņu izmēriem, dati attiecināmi uz šo debess objektu redzamajiem, fotosfēras iezīmētajiem diskiem. Patiesībā zvaigzni kā atsevišķu debess ķermeni nebūt nenorobežo redzamais disks. Katru zvaigzni aptver atmosfēra, kas ir vairāk vai mazāk plaša un vairāk vai mazāk blīva. Tomēr, salīdzinot Saules un tālo zvaigžņu disku izmērus, mēs varam gūt zināmu priekšstatu par to, cik lielas zvaigznes vispār mēdz būt. Tā kā mums labi pazīstamā Saule noder par sava veida etalonu, tad 1. tabulā apkopoti daži mūsu zvaigzni raksturojoši dati.

Kādi tad ir citu zvaigžņu izmēri salīdzinājumā ar Sauli — tādi paši, lielāki vai mazāki? Ja arī zvaigžņu diski nav saskatāmi un tieši izmērāmi,



2. att. Saules diametrs ir 109 reizes lielāks par Zemes diametru.

1. tabula

## Dažas ziņas par Sauli

Attālums no Zemes	149 598 500 km
Leņķiskais diametrs	31'59''
Lineārais diametrs	1 390 000 km
Spektra klase	G2V
Virsmas temperatūra	6000°K

atbildi uz šo jautājumu tomēr varam rast. Lai aprēķinātu kādas zvaigznes rādiusu, pilnīgi pietiekami zināt tās virsmas temperatūru un patieso spožumu — lielumus, kurus samērā precīzi var noteikt novērojumu ceļā.

Pēc Stefana likuma, enerģija  $Q$ , ko izstaro zvaigznes virsmas  $1 \text{ cm}^2$ , ir proporcionāla temperatūras ceturtajai pakāpei:

$$Q = \sigma T^4.$$

Pilna zvaigznes izstarotā enerģija ir katra kvadrācentimetra izstarotās enerģijas summa:

$$L = 4\pi R^2 \cdot Q \text{ jeb } L = 4\pi\sigma R^2 T^4.$$

Šādas vienādības var uzrakstīt Saulei un jebkurai citai zvaigznei. Dalot vienādības, iegūstam sakarību

$$\frac{L_{zv}}{L_{\odot}} = \left(\frac{R_{zv}}{R_{\odot}}\right)^2 \left(\frac{T_{zv}}{T_{\odot}}\right)^4.$$

Pieņemot Saules rādiusu  $R_{\odot}$  un izstarotās enerģijas daudzumu  $L_{\odot}$  par vienību, dabūjam formulu

$$R_{zv} = \sqrt{L_{zv}} \left(\frac{T_{\odot}}{T_{zv}}\right)^2, \quad (1)$$

pēc kuras var izskaitļot zvaigznes rādiusu  $R_{zv}$ . Aprēķināsim divu zvaigžņu rādiusus, izmantojot datus, kas doti 2. tabulā.

2. tabula

## Betelgeizes un Barnarda zvaigznes rādiusi

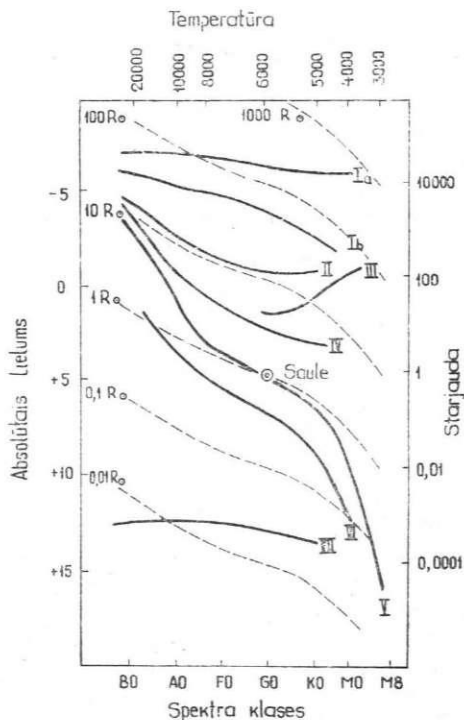
Zvaigzne	Sp	$T$	$M_V$	$L$	$R$
Saule	G2V	6000°K	4, m8	1	1
Betelgeize	M2I	3450	-5, 5	13200	350
Barnarda zv.	M5V	3330	13, 2	0,0004	0,07

Aukstā, sarkanā Betelgeize jeb Oriona  $\alpha$  ziemas naktīs spoži spīd virs krāšņās Oriona Jostas. Vizuālais absolūtais lielums Betelgeizei ir par  $+4,8 - (-5,5) = +10,3$  zvaigžņu lielumiem spožāks nekā Saulei. To zinot, pēc formulas

$$\lg L_{zv} = 0,4 (M_{\odot} - M_{zv})$$

varam aprēķināt, ka Betelgeize izstaro 13000 reizes vairāk nekā Saule. No 2. tabulas datiem varam arī aprēķināt, ka Saules temperatūra ir 1,7 reizes augstāka par Betelgeizes temperatūru. Ievietojot šos lielumu formulā (1), uzzinām, ka Betelgeizes rādiuss ir 350 reizes lielāks par Saules rādiusu. Līdzīgā kārtā atrodam Barnarda zvaigznes rādiusu. Tas vienlīdzīgs tikai 0,07 Saules rādiusa. Niecīgā Barnarda zvaigznīte nav saskatāma ar neapbruņotu aci, kaut arī tā ir nākamā Saulei tuvākā zvaigzne aiz vistuvākās — Cen  $\alpha$ .

Mūsu aprēķini liecina, ka pastāv zvaigznes, kas ir gan krietni lielākas, gan mazākas par Sauli. Pievērsīsim uzmanību tam, ka Betelgeizes un Barnarda zvaigznes izmēri ir atšķirīgi, bet temperatūras vienādas. Patiesām, sakarība starp zvaigžņu temperatūrām un patiesiem spožumiem (tātad arī izmēriem) nav viennozīmīga. Vienas un tās pašas temperatūras zvaigznēm var būt dažāds patiesais spožums. To jau šī gadsimta sākumā parādīja E. Hercsprungs un H. Resels, sakārtojot zvaigznes spektra—spožuma diagrammā. Spektra—spožuma diagramma, ko parasti dēvē par Hercsprunga Resela diagrammu, 3. attēlā parādīta tādā izskatā, kāda tā pa-



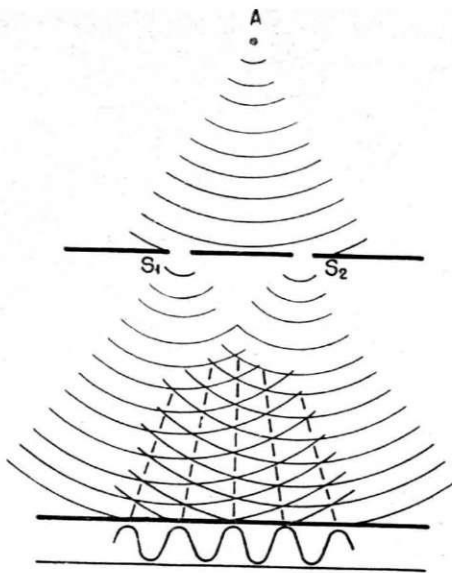
3. att. Spektra—spožuma diagrammā zvaigznes izvietojas nevienmērīgi un sadalās atsevišķās secībās, kas iezīmētas ar nepārtrauktām līnijām. Zvaigznēm bagātākā ir V jeb galvenā secība. Saule ir galvenās secības locekle. Ar pārtrauktām līnijām iezīmētas joslas, kur izvietojas vienādu diametru zvaigznes. Pārmilži (I secība) ir simtiem reižu lielāki par Sauli, milži (III secība) desmitiem reižu lielāki, bet punduri (V secība) līdzīgi Saulei un mazāki.



zīstama šodien. Uz abscisu ass ir atliktas zvaigžņu spektru klases (apakšā) un atbilstošās temperatūras (augšā). Uz ordinātu ass atlikti patiesie spožumi, kas izteikti absolūtos lielumos  $M_V$  (pa kreisi) vai starjaudās (pa labi). Zvaigznes diagrammā izvietojas nevienmērīgi, tās sadalās atsevišķās secībās, kas iezīmētas ar nepārtrauktām līnijām: I a un b — pārmilži, II — spožie milži, III — parastie milži, IV — zemmilži, V — galvenās secības zvaigznes jeb punduri, VI — zempunduri un VII — baltie punduri. Nosaukumi — pārmilži, milži, punduri u. c. — atsevišķu secību zvaigznēm nav nejausi. Tie atspoguļo atšķirības ne tikai zvaigžņu patiesos spožumos, bet arī izmēros. Tā, lielā Betelgeize ir I secības pārmilzis, bet sīkā Barnarda zvaigznīte — V secības punduris. 3. attēlā ar pārtrauktām līnijām iezīmētas joslas, kur izvietojas vienāda lieluma zvaigznes. Piemēram, aukstie pārmilži pēc izmēriem pārsniedz Sauli simtiem reižu, bet aukstie milži desmitiem reižu. Turpretim auksto punduru rādiusi var būt desmitām reižu mazāki par Saules rādiusu. Tātad zvaigžņu izmēros pastāv ārkārtējas atšķirības. Ja Saules attēlu iedomājami kā punktu ar diametru 1 mm, tad pārmilzis būtu jāzīmē kā 100 līdz 1000 mm liela ripa, ko nemaz nevarētu ievietot uz šīs lappuses. Bet, ja 1 mm lielas iedomājami zvaigžņu pasaules mazākās pārstāves, tad Saule būtu jāzīmē 10 līdz 100 reizes lielāka. Jāatzīst, ka mūsu Saule tomēr pieder pie samērā mazām zvaigznēm, — tā ir V secības punduris.

Līdz šim mēs vadījāmi no aprēķinu ceļā iegūtiem datiem par zvaigžņu diametriem. Izrādās, ka pat tad, ja diskus saskatīt nevar, nelielam skaitam zvaigžņu tomēr ir izdevies izmērīt leņķiskos diametrus. Īsumā apskatīsim vairākas zvaigžņu diametru mērīšanas metodes.

Pirmo reizi zvaigžņu diametru mērījumu veica A. Maikelsons un F. Pīzs 1920. gada decembrī ar Vilsona kalna 6 metru interferometru (ASV). Ideja par interferences parādības izmantošanu debess spīdekļu diametru mērīšanai radās pagājušā gadsimta otrajā pusē. 1890. gadā A. Maikelsons to pirmoreiz izmantoja Jupitera pavadoņa diametra mēri-

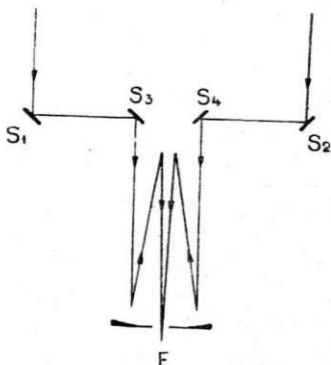


4. att. Punktveida gaismas avots A apgaismo divas spraugas  $S_1$  un  $S_2$ . Viļņotā līnija parāda intensitātes izmaiņas, kas rodas, interferējot sfēriskiem viļņiem no spraugām  $S_1$  un  $S_2$ .

šanai. Ar zvaigžņu interferometra pamatprincipu iepazīsimies, izmantojot 4. attēlu. Ja gaisma no punktveida avota  $A$  krīt uz divām spraugām  $S_1$  un  $S_2$ , tad fokālā plaknē veidojas tumšas un gaišas joslas, kas mijas savā starpā. Ja  $\lambda$  ir punktveida avota izstarotās gaismas viļņa garums un  $d$  ir attālums starp spraugām, tad joslas citu no citas atdala leņķiskais attālums  $Q = \lambda/d$ . Kad abas spraugas apgaismo divi punktveida avoti, rodas divi gaišo un tumšo joslu tīkli. Bet, ja abi avoti izrādās novietoti leņķiskā attālumā tieši  $Q/2$ , tad viena avota radītās gaišās joslas sedz otra avota tumšās joslas, un joslainā aina vispār izzūd. Tātad, zinot attālumu starp spraugām, pie kura joslas vairs nav redzamas, var noteikt leņķi starp abiem gaismas avotiem. Mērot apaļu un vienmērīgi izgaismotu zvaigznes disku, divu punktveida avotu lomā var iedomāties diska divu pušu apgaismojuma centrus.

Zvaigžņu interferometra shēma parādīta 5. attēlā. Tālas zvaigznes gaisma krīt uz spoguļiem  $S_1$  un  $S_2$ , kas to atstaro uz spoguļiem  $S_3$  un  $S_4$ . Tālāk, atstarojusies no teleskopa galvenā spoguļa, tā nonāk fokusā  $F$ . Spoguļi  $S_1$  un  $S_2$  ir montēti uz teleskopam piestiprinātās sliedes, un novērotājs tos var pārbīdīt pēc vajadzības. Abi spoguļi novietoti tā, lai divi zvaigznes attēli fokālā plaknē savietojas. Ja katru no attēliem apskatītu atsevišķi, tad būtu redzami parastie difrakcijas riņķi. Bet, aplūkojot savietotu attēlu, interferences rezultātā redzamas tumšas un gaišas joslas kā iepriekš aprakstītajā piemērā. Pārvietojot kustīgos spoguļus  $S_1$  un  $S_2$ , novērotājs maina attēla izskatu un fiksē attālumu starp spoguļiem, pie kura joslas izzūd.

A. Maikelsons un F. Pizs sāka darbu ar 6 metru zvaigžņu interferometru un vēlāk uzbūvēja arī 15 metru interferometru. Ar tiem izmērija 7 zvaigžņu leņķiskos diametrus  $d$ , kas doti 3. tabulā. 7 zvaigžņu mērījumi — tie bija 10 gadu darba augļi! Izmēritie leņķiskie diametri atrodas robežās no  $0'',056$  līdz  $0'',020$  un mērījumu precizitāte nepārsniedz 10—20% no izmērītā lieluma. 3. tabulā dotas ziņas arī par spektriem, kas liecina, ka visas izmērītās zvaigznes ir aukstie milži un pārmilži. Tikai šim milzīgajām zvaigznēm leņķiskie diametri izrādās pietiekami lieli, lai varētu sekmīgi veikt mērījumus. Kādi ir to lineārie diametri  $R$ , vai tie atbilst mūsu priekšstatiem, kas iegūti uz teorētisku spriedumu pamata? Lai varētu noteikt lineāros diametrus, jāzin zvaigžņu attālumi no Saules. Tāpēc 3. tabulas trešajā ailē dotas zvaigžņu trigonometriskās paralakses  $\pi$ . Kaut arī



5. att. Maikelsona zvaigžņu interferometra shēma.

Ar Maikelsona interferometru izmēritie zvaigžņu diametri

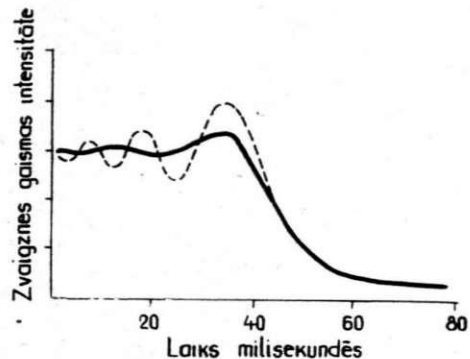
Zvaigzne	Sp	$\pi$	Attālums	Diametrs	Rādiuss
$\alpha$ Cet, Mira	M5III	+0,"013	251 g. g.	0,"047—0,"056	390—460 $R_{\odot}$
$\alpha$ Ori, Betelgeize	M2I	+0,005	653	0,034—0,047	730—1000 $R_{\odot}$
$\alpha$ Sco, Antares	MII	+0,019	172	0,040	170
$\alpha$ Her	M5III	—0,007		0,030	
$\beta$ Peg, Seats	M2III	+0,015	218	0,021	150
$\alpha$ Boo, Arktūrs	K2III	+0,090	36	0,020	22
$\alpha$ Tau, Aldebarans	K2III	+0,048	68	0,020	43

paralaksēs desmitiem un simtiem gaismas gadu tālām zvaigznēm noteiktas visai neprecīzi, tomēr varam tās izmantot zvaigžņu lineāro diametru aptuvenai novērtēšanai pēc formulās

$$R = 107,5 \frac{d''}{\pi''}$$

Kā to varēja sagaidīt, izmērīto zvaigžņu rādiusi  $R$  ir no dažiem desmitiem līdz vairākiem simtiem reižu lielāki par Saules rādiusu  $R_{\odot}$ . Salīdzināsim Betelgeizes mērījumu datus ar mūsu aprēķinātiem 2. tabulā. Saskaņa šķiet slikta, jo pēc tiešiem mērījumiem Betelgeizes disks izrādās divreiz lielāks. Te jāsap, pirmkārt, ka, atkārtoti mērot Betelgeizi, ir iegūti atšķirīgi rezultāti, kas daļēji varbūt atspoguļo šīs pulsējošās mainīgas zvaigznes diska reālas izmaiņas. Otrkārt, Betelgeizes paralakse nav droši zināma, jo šī zvaigzne atrodas ārkārtīgi tālu no Saules. Tā ir noteikta daudzās observatorijās, bet rezultāti atšķiras par 0'', 010—0'', 020. Atkarībā no pieņemtā paralaksēs lieluma arī dabūsim ļoti atšķirīgus lineāros diametrus. Tā kā gan 2., gan 3. tabulas dati tomēr liecina, ka Betelgeize ir simtiem reižu lielāka par Sauli, tad šīs ziņas var uzskatīt par pilnīgi pietiekami saskanīgām.

Bez Maikelsona interferometra milzīgo, auksto zvaigžņu disku mērīšanai izmanto arī citu, dabas



6. att. Pārtrauktā likne parāda starojuma intensitātes maiņas, ja Mēness pārklāj punktveida gaismas avotu. Nepārtrauktā likne atbilst gadījumam, kad Mēness aizsedz zvaigzni, kuras diametrs 0'',0074.

dotu «iekārtu». Runa ir par spožu zvaigžņu aizklāšanu, Mēnesim virzoties pa savu ceļu. Ja necaurspīdīgs ekrāns (šajā gadījumā Mēness disks) pārse-  
 dz punktveida gaismas avotu, tad difrakcija rada spožuma maksimumus un minimumus (pārtrauktā likne 6. att.). Bet, ja gaismas avota izmēri atšķiras no punkta (kā pietiekami lielai zvaigžnei), tad difrakcijas aina izmainās, pie kam atkarībā no zvaigznes leņķiskā diametra (nepārtrauktā likne 6. att.). Zvaigznes aizklāšanas norise ļoti rūpīgi jāreģistrē un iegūtā likne jāsalīdzina ar teorētiski aprēķinātām, — tad var spriest par pētā-  
 mās zvaigznes diska diametru.

Zvaigznes aizklāšana notiek ļoti ātri un šajā isajā brīdī jāfiksē 6. at-  
 tēlā parādītā difrakcijas aina. Veiksmīgi to var izdarīt tikai ar fotoelek-  
 triskām reģistrācijas iekārtām. Šo metodi 20 gadus atpakaļ sāka plaši lie-  
 tot angļu astronoms D. Evanss, kas savus novērojumus veica Dienvid-  
 āfrikā. Pašlaik var minēt 3 zvaigznes, kuru disku mērījumos ir gūti ļabi  
 panākumi (4. tab.). Antaresam, kura aizklāšana 1950.—1953. gadā daudz-  
 kārt novērota, dati ļabi saskan ar interferometra mērījumu rezultātiem (sk.  
 3. tab.). Tomēr J. Teilors no Harvarda observatorijas, analizējot tos pašus  
 novērojumu datus ar smalkākām matemātiskām metodēm un pielietojot  
 elektronu skaitļojamās mašīnas, ir parādījis, ka Antaresa disks patiesībā  
 sastāv no spožas centrālās daļas, kuras leņķiskais rādiuss — 0",019, un  
 malējās, daudz mazāk intensīvās daļas ar radiusu 0",028. Iespējams, ka  
 malējā daļa uzskatāma par Antaresa ārējiem atmosfēras slāņiem vai  
 zvaigznes apvalku.

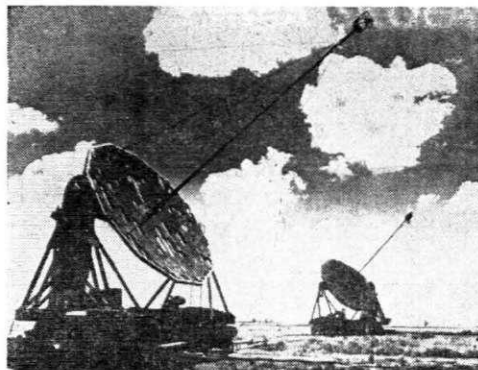
Divas apskatītās metodes lietojamas tikai auksto K un M spektra kla-  
 ses pārmilžu un milžu mērīšanai, jo to diametri ir ļoti lieli. Kopš 1964.  
 gada Austrālijā, jaundibinātajā Narrabri observatorijā, mēra arī karsto  
 O, B, A un F spektra klases zvaigžņu leņķiskos diametrus. 1967. gadā tika  
 publicēti pirmie mērījumi 15 zvaigznēm. 5. tabulā doti 6 spožu, ļabi pazīs-  
 tamu zvaigžņu raksturlielumi. Salīdzinot ar 3. tabulas datiem, varam pār-  
 liecināties, ka karsto zvaigžņu leņķiskie un lineārie diametri ir daudz  
 mazāki. Gandrīz visas tabulā minētās zvaigznes pieder pie punduriem  
 (V secība) un atrodas samērā tuvu Saulei. Tāpēc to paralakses noteiktas  
 daudz precīzāk nekā aukstiem milžiem vai pārmilžiem un labāk varam  
 novērtēt lineāros diametrus. Vairums Narrabri observatorijā izmērīto  
 zvaigžņu izrādās tikai dažas reizes lielākas par Sauli.

4. tabula

Zvaigžņu diametri, kas izmērīti ar aizklāšanas metodi

Zvaigzne	Sp	$\pi$	Attālums	Diametrs	Rādiuss
$\lambda$ Aqr	M2III	0,012	272 g. g.	0,0074	66R $\odot$
$\alpha$ Sco, Antares	M1I	0,019	172	0,041	236
$\mu$ Gem	M3III	0,021	142	0,023	118

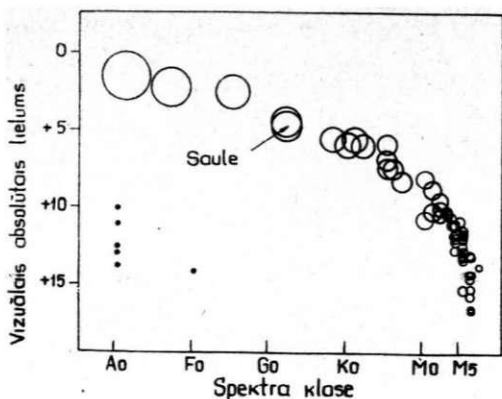
7. att. Intensitātes interferometra spoguļi Narrabri observatorijā Austrālijā.



Kā Austrālijas astronomiem izdevies noteikt tik mazu zvaigžņu leņķiskos diametrus? R. Brauns kopā ar saviem kolēģiem uzbūvējis pavisam jauna tipa iekārtu, kas nosaukta par intensitātes interferometru. Tā sastāv no diviem 6 m spoguļiem, kas var slidēt pa apaļu sliežu ceļu 188 m diametrā (7. att.). Spoguļi mērāmās

zvaigznes gaismu koncentrē uz diviem fotopavairotājiem, kuros rodas fotoelektronu plūsmas. Intensitātes interferometra teorētiskais pamatojums ir ļoti sarežģīts, bet īsumā varētu teikt, ka šeit meklē korelāciju starp fotoelektronu skaitu abos uztvērējos. Katrā ziņā intensitātes interferometrs uz to liktās cerības praksē ir pilnīgi attaisnojis. Šī instrumenta priekšrocības ir tās, ka tas pretēji Maikelsona interferometram neprasa lielu mehānisku precizitāti uzbūvē un mērījumus ar to maz ietekmē Zemes atmosfēras vienmērības. Pēdējais apstākļi intensitātes interferometram nodrošina lielu izšķiršanas spēju —  $0'',0005$ . Mazu leņķisko diametru mērījumu kļūda nepārsniedz 2—10% no mērāmā lieluma. Diemžēl interferometram ir slihta signāla-trokšņa attiecība, tāpēc tas lietojams tikai karstu zvaigžņu mērīšanai. Kaut arī Narrabri instrumenta spoguļiem ir lieli diametri, mērīt ar tiem var tikai spožas zvaigznes līdz 2. zvaigžņu lielumam. Lai samazinātu kļūdu, katras zvaigznes mērījumi tiek daudzkārt atkārtoti, 1. lieluma zvaigznes diametra noteikšanai ar precizitāti līdz 5% vajag apmēram 40 stundas tīrā novērojumu laika. Tas nozīmē, ka praktiski vienas zvaigznes leņķiskā diametra mērīšanai jāpatērē apmēram 1 mēnesis. Nav brīnums, ka zvaigžņu disku mērīšanas darbi virzās uz priekšu lēnām.

Astronomi neatlaidīgi meklē jaunas iespējas, kā mērīt zvaigžņu diskus precīzāk un ātrāk. Ņujorkas universitātes observatorijā izveidots zvaigžņu interferometrs, kurā izmanto fotogrāfisku novērošanas metodi. Teleskopam pievienota īpaša kamera, ar kuru, izdarot ļoti īsas ekspozīcijas, var iegūt liela mēroga uzņēmumus šaurā viļņa garuma intervālā. Mērāmo zvaigznes attēlu iegūst laboratorijā, ņemot talkā lāzeru un savietojot kopā 25 atsevišķus uzņēmumus. Šo uzņēmumu iegūšanai vajadzīgas tikai nedaudzas minūtes. Pagaidām diametri izmērīti 4 spožām zvaigznēm: Antaresam —  $0'',042 \pm 0'',003$ ,  $\alpha$  Her —  $0'',031 \pm 0'',003$ , Arktūram —  $0'',022 \pm 0'',003$  un Seatam —  $0'',016 \pm 0'',002$ . Rezultāti labi saskan ar



8. att. Riņķiši attēlo Saulei tuvo zvaigžņu relatīvos diametrus. Līdz 17 gaismas gadu attālumam ir tikai 3 zvaigznes, kas lielākas par Sauli, un viena pavisam līdzīga tai.

A. Maikelsona un F. Pīza datiem (sk. 3. tab.). Mazāk pilnīgi Betelgeizes un Miras novērojumi parādījuši, ka tās ir lielākas par  $0'',05$ .

Noslēgumā noskaidrosim, cik lielas zvaigznes visbiežāk sastopamas. Vispirms iepazīsimies ar zvaigžņu sastāvu Saules vistuvākā, labi izpētītā apkārtnē līdz 5 parseku jeb 17 gaismas gadu attālumam.

Seit ir zināmas 59 zvaigznes. To relatīvie diametri parādīti 8. attēlā. No visām tuvām zvaigznēm tikai 3 izrādās lielākas par Sauli, starp tām vislielākā ir spožais Sīriuss. Austrālijā izdarītie mērījumi rāda, ka Sīriuss ir 1,7 reizes lielāks par Sauli (5. tab.). Pavisam līdzīgi rādīsi ir Saulei un tās tuvākajai kaimiņienei Galaktikā — triskāršās sistēmas Cen  $\alpha$  spožākai komponentei A. Toties šīs pašas sistēmas vājākās komponentes C rādīsi ir vienlīdzīgs 0,03 Saules rādīša. Tātad  $\alpha$  Cen C ir tikai 3 reizes lielāka par Zemi! 8. attēlā redzams, ka gandrīz visas tuvās zvaigznes ir mazākas par Sauli. Saules tuvumā uz vairāk nekā pussimta punduru nav neviena milža vai pārmilža. Ja apskatām zvaigznes līdz 25 parsekiem jeb 82 gaismas gadiem, kur pagaidām ir atrastas un izpētītas tikai daļa zvaigžņu (sīkākos un vājākos pundurišus tik tālu nemaz nevar saskatīt), tad uz apmēram 2000 galvenās secības zvaigžņu (V secība) sastopam ap 50 milžu. Atstatums līdz Saulei tuvākiem pārmilžiem jāskaita simtos gaismas gadu, jo tie Galaktikā sastopami vēl retāk nekā milži. Toties katrs

5. tabula

Zvaigžņu diametri, kas izmērīti ar intensitātes interferometru

Zvaigzne	Sp	$\pi$	Attālums	Diametrs	Rādīss
$\alpha$ CMa, Sīriuss	A1V	+0,377	9 g. g.	0,00585	1,7 $R_{\odot}$
$\alpha$ CMi, Procioms	F5IV	+0,287	11	0,00531	1,9
$\alpha$ Lyr, Vega	A0V	+0,123	26	0,00331	2,9
$\alpha$ Aql, Altairs	A7V	+0,196	17	0,00279	1,5
$\beta$ Ori, Rigels	B8I	+0,004	816	0,00257	69
$\alpha$ Leo, Reguls	B7V	+0,039	84	0,00133	3,6

pārmilzis ir grandioza parādība. Iedomājieties zvaigzni, kurā ietilpst Venēras, Zemes, Marsa orbītas!

Kad esam guvuši priekšstatu par zvaigžņu leņķiskiem diametriem, pārlicināsimies, vai ir pareizs raksta sākumā izteiktais apgalvojums, ka zvaigžņu diskus nav iespējams redzēt pat pašos lielākajos teleskopos.

Teorija liecina, ka zvaigznes attēla diametrs  $d$  ir atkarīgs no teleskopa diametra  $D$ :

$$d'' = \frac{28}{D}.$$

Šis lielums ir  $0'',110$ —2,5 metru teleskopam,  $0'',056$ —5 metru teleskopam un  $0'',047$ —6 metru teleskopam. Tātad Palomāra kalna 5 m teleskopā ASV un Zelenčukas 6 m teleskopā, ko būvē Padomju Savienībā, teorētiski it kā būtu iespējams novērot pašu lielāko zvaigžņu diskus. Tomēr Zemes atmosfēras turbulence padara attēlus izplūdušus un krasi samazina izšķiršanas spēju. Tāpēc zvaigžņu diskus tomēr saskatīt nevar.

# JAUNĀS GRĀMATAS

## RADIOASTRONOMU RAKSTU KRĀJUMS

Ar 1971. gadu Radioastrofizikas observatorijā radioastronomiskie darbi koncentrēti Saules fizikā. Lielā pieredze, kas uzkrāta, gatavojot aparāturu krustveida interferometram, tagad lieti noder, izstrādājot complicētu eksperimentu Saules radiostarojuma pētīšanai.

Kopīgo darbu uzsākot, Saules grupas kolektīvs publicējis rakstu krājumu, kurā apkopoti iepriekšējos gados veiktie darbi aparātūras nozarē. Saules pētījumu rezultāti, kā arī izklāstīta turpmākā darba programma.

Aparatūras jautājumiem veltīti krājuma pirmie pieci raksti. J. Ikaunieks un G. Ozoliņš kopā ar Maskavas inženieriem K. Mogiļņikovu un A. Pružansku veikuši 30 m paraboliskas antenas apstarpēšanas sistēmas aprēķinu un modeļošanu milimetru viļņu diapazonā. G. Ozoliņš izveidojis fāzu stabiliu sistēmu heterodina frekvences pārraidei augstas izšķiršanas radiointerferometrā, bet kopā ar J. Līci pētījis fāzu nestabilitāti parametriskā frekvenču reizinātājā. M. Eliass apraksta mainīgu aiztures līniju divantenu radiointerferometram, kas darbojas apertūras sintēzes režīmā. M. Eliass un A. Gailāns izstrādājuši impulsu frekvences decimālu pārveidotāju, kas nepieciešams radiointerferometra aiztures līnijas automatīkai, lai nodrošinātu tās darbību, ja attālumi starp antenām ir dažādi.

Radiometru Saules radiostarojuma novērojumiem 187 Mhz frekvencē apskatījis N. Demakovs.

A. Balklavs savā rakstā «Par antenas pētīšanas vienādojuma atrisinājumu» pamato divas šī vienādojuma atrisināšanas metodes, kas piemērotas novērošanas rezultātu mašinizētai apstrādei.

M. Kamenskis un N. Cimahoviča analizējuši 1968. gada 22. septembra Saules daļējā aptumsuma novērojumu rezultātus, salīdzinot iegūto Saules radiodiametra vērtību ar citos aptumsumos iegūtajiem da-

tiem. N. Cimahoviča pētījusi zaļās līnijas novērojumu datus Starptautiskā ģeofiziskā gada (1957. g. 1. jūl.—1958. g. 31. dec.) un Starptautiskās ģeofiziskās sadarbības (1959. g. 1. janv.—1959. g. 31. dec.) periodā. Izrādās, ka šai laikā uz Saules bija 2 pastāvīgas aktivitātes joslas. Rakstā, kas veltīts Saules radiouzliesmojumu daudzdimensionālajai klasifikācijai, parādīts, kā iespējams apvienot abas līdz šim atsevišķi lietotās radiouzliesmojumu klasifikācijas — monohromātisko un spektrālo. Krājumā publicēts arī pārskats par PSRS Saules radiodienesta datiem 1964.—1968. gadā, kad Radioastrofizikas observatorijās pienākumos ietilpa šo datu vākšana un analīze.

A. Avotiņš, A. Balklavs, E. Bervalds, M. Kamenskis un N. Cimahoviča izstrādājuši Radioastrofizikas observatorijas jaunā radioteleskopa RT-10 projektu un zinātnisko pētījumu programmu. RT-10 antena ir 10 m diametra paraboloids, kas piemērots darbam 50—150 cm viļņu garumu diapazonā. Radioteleskops paredzēts triju Saules fizikas problēmu risinājumam. Pats pirmais tā uzdevums būs reģistrēt Saules radiostarojuma plūsmas kvaziperiodiskās fluktuācijas decimetru viļņu diapazonā. Šīs fluktuācijas satur informāciju par dinamiskajiem procesiem Saules atmosfērā — Saules plazmas svārstībām. Līdztekus tam RT-10 reģistrēs arī Saules radiostarojuma vispārējo plūsmu, lai vāktu ziņas par radiouzliesmojumu saistību ar kvaziperiodiskajām fluktuācijām. Visbeidzot, ar RT-10 paredzēts novērot arī Saules radioviļņu polarizāciju.

Jāpiezīmē, ka patlaban RT-10 antena jau ir uzstādīta un tiek izgatavota tās automatizētās vadības sistēma. Tiek gatavota arī aparatūra pirmā uzdevuma risinājumam — kvaziperiodisko fluktuāciju novērojumiem.

*Dz. Blūms*



# ZVAIGŽNOTĀ DEBESS 1972./73. g. ZIEMĀ

Kurš gan nav priecājies par ziemas zvaigžņoto debesi, kas līdzinās tumšam samtam un pie kuras līdzīgi pērlēm izbārstīti tūkstošiem zvaigžņu! Tumšās un garās naktis, kā arī dzidrais gaiss ziemā ir ļoti labvēlīgi debess spīdekļu novērojumiem. Ziemā ir novērojama gandrīz visa tā zvaigžņotās debess daļa, kas vispār mūsu ģeogrāfiskajos platumos ir redzama. Ziemas laikā nevar saskatīt vienīgi tos zvaigznājus, kuru tuvumā atrodas Saule — Strēlnieku, Skorpionu un tiem apkārt esošos zvaigznājus.

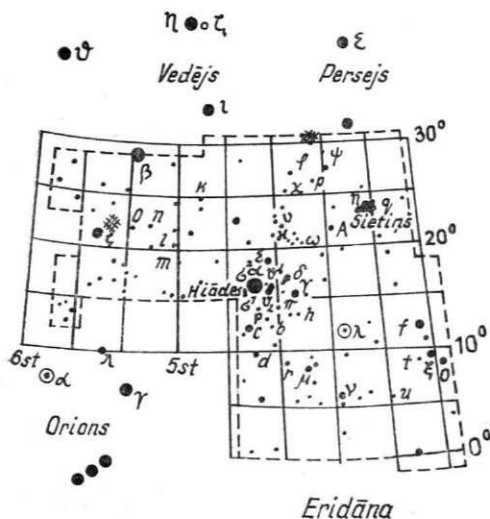
1972./73. gada ziema sākas 21. decembrī plkst. 21<sup>st</sup> 13<sup>m</sup> pēc Maskavas dekrēta laika. Saule šajā momentā atrodas ziemas saulgriežu punktā Strēlnieka zvaigznājā un tai ir vislielākā iespējamā dienvidu deklinācija ( $-23^{\circ} 27'$ ).

Isumā norādīsim ziemai raksturīgākos zvaigznājus un sīkāk pakavēsimies pie Vērša zvaigznāja.

Ziemas debesi raksturīgākais ir Oriona zvaigznājs, kas janvāra sākumā ap pusnakti atrodas tieši dienvidos. To viegli pazīt pēc trīs zvaigžņu virknes — t. s. Oriona jostas.

Virš šīs jostas redzama iesarkana spoža zvaigzne — tā ir Oriona  $\alpha$  jeb Betelgeize. Zem jostas saskatāma otra spoža zvaigzne Oriona  $\beta$  jeb Rigels. Abas šīs zvaigznes ir īsti pārmilži zvaigžņu pasaulē. Tā, piemēram, Betelgeizes diametrs ir 400 reizes lielāks, bet tās patiesais spožums — 3000 reizes lielāks nekā mūsu Saulei.

Zem Oriona jostas trim zvaigznēm novietojies plaši pazīstamais Oriona miglājs. Tumšās bezmēness naktīs miglājs ļoti novērojams jau pavisam nelielā teleskopā vai pat binoklī. Šeit atrodas viena no plašākajām jauno zvaigžņu apvienībām — asociācijām. Oriona miglājā ar skolas tipa refraktoru saskatāma interesanta četrkārīga zvaigzne — t. s. Oriona Trapece. Netālu no Oriona atrodamas vēl dažas citas ļoti spo-



1. att. Vērša zvaigznājs.

žas zvaigznes. Pagarinot Oriona jostu virzienā pa kreisi uz leju, atradīsim visspožāko debess zvaigzni — Sīriusu jeb Lielā Suņa  $\alpha$ , kuras spožums — 1<sup>m</sup>,4. Mūsu ģeogrāfiskajos platumos šī zvaigzne arvien redzama zemu pie apvāršņa, tāpēc Zemei atmosfēras nevienmērīgo kustību dēļ tā parasti stipri mirgo un laistās visās varavīksnes krāsās. Patiesībā Sīriuss ir balta zvaigzne.

Krietni augstāk saskatāms Mazā Suņa zvaigznājs, kura spožākā zvaigzne ir Procions jeb Mazā Suņa  $\alpha$ .

Ievērosim, ka Sīriuss, Betelgeize un Procions veido gandrīz pareizu vienādmalu trijstūri.

Pagarinot Oriona jostu uz augšu pa labi, atrodam vēl vienu spožu zvaigzni — Vērša  $\alpha$  jeb Aldebaranu. Tāpat kā Betelgeize, tas ir iesarkanā krāsā. Vērša zvaigznājā atrodas plaši pazīstamā vaļējā zvaigžņu kopa — Sietiņš. No šīs vietas uz augšu — starp Sietiņu un Kasiopejas zvaigznāju — sākas vesela zvaigžņu virkne, kas iezīmē Perseja zvaigznāju. Šis zvaigžņotās debess apgabals izskatās ļoti skaists, ja to aplūko nelielā tālskati ar vismazāko palielinājumu vai binoklī. Pavēršot tālskati uz apgabalu starp Perseja un Kasiopejas zvaigznāju, redzama divkārsā zvaigžņu kopa — Perseja  $h$  un  $\chi$ .

Augstāk virs Oriona un Vērša atrodas Vedēja zvaigznājs. Tā spožākā zvaigzne — Kapella ( $\alpha$  Vedēja). Kapella, tāpat kā Saule, ir dzeltena zvaigzne, un tai tād ir tāda pati virsmas temperatūra kā Saulei. Atšķirībā no Saules Kapella ir dubultzvaigzne. Tās abas komponentes ir dzeltenie milži, kamēr Saule ir parasta galvenās secības zvaigzne.

Binoklī vai nelielā teleskopā Vedēja zvaigznājā viegli ieraudzīt 3 vaļējas zvaigžņu kopas M 36, M 37 un M 38.

Nedaudz zemāk pa kreisi no Vedēja atrodas Dviņu zvaigznājs ar divām spožām zvaigznēm — Kastoru un Polluksu. Vēl tālāk uz austrumiem var novērot Vēža un Lauvas zvaigznāju. Vēža zvaigznājā atrodas skaista zvaigžņu kopa, t. s. Sile, Lauvas zvaigznājs ievērojams vēl ar vienu pirmā lieluma zvaigzni — Regulu, kurš novietojies gandrīz uz pašas ekliptikas. Vēl ziemas sākumā var novērot Zivju un Auna zvaigznājus, kuri atrodas uz rietumiem no Vērša un Perseja. Ziemas otrajā pusē, sevišķi no rītiem, jau parādās austrumos Jaunava un Svāri.

Ziemas debess ziemeļu pusē redzami parastie pie mums nenorietošie zvaigznāji — Lielie un Mazie Greizie Rati, Kasiopeja un citi. Vakara stundās Lielie Greizie Rati ir ziemeļaustrumos, pret rītu tie tuvojas zenītam. Zemu pie ziemeļu apvāršņa var saskatīt pirmā lieluma zvaigzni — Vegu (Liras  $\alpha$ ).

## PASTAIGA PA VĒRŠA ZVAIGZNĀJU

Vērša zvaigznājs ir viens no divpadsmit zodiaka zvaigznājiem. Tas aizņem pie debesīm 840 kvadrātgrādu lielu apgabalu. Ar neapbruņotu aci Vērša zvaigznājā var saskatīt apmēram 120 zvaigznes.

Viens no ievēribas cienīgiem un novērojumiem pieejamākiem Vērša objektiem ir vaļēja zvaigžņu kopa Plejādes jeb Sietiņš, kas atrodams uz dienvidiem no Perseja zvaigznāja. Ar neapbruņotu aci Sietiņā var ieraudzīt 5—9 zvaigznes, bet jau Galilejs savā nepilnīgajā teleskopā saskatījis 36 zvaigznes. Tāpēc, apbruņojoties ar spēcīgu binokli vai nelielu teleskopu, varam ieraudzīt vairākus desmitus zvaigžņu. Pavisam Plejādēs ir ap 280 zvaigžņu. Galvenās 7 Sietiņa zvaigznes — tās, kurām doti savi mitoloģiskie nosaukumi — ir baltie milži ar virsmas temperatūru 15 000°. Jau 1859. gadā bija konstatēts, ka Plejādes ir it kā iegremdētas kosmiskās gāzes mākonī. Tomēr šis miglājs pats neizstaro, bet gan tikai izkliedē Sietiņa zvaigžņu gaismu. Plejādes ir viena no tuvākajām un jaunākajām zvaigžņu apvienībām — o tipa asociācijām 420 gaismas gadu attālumā.

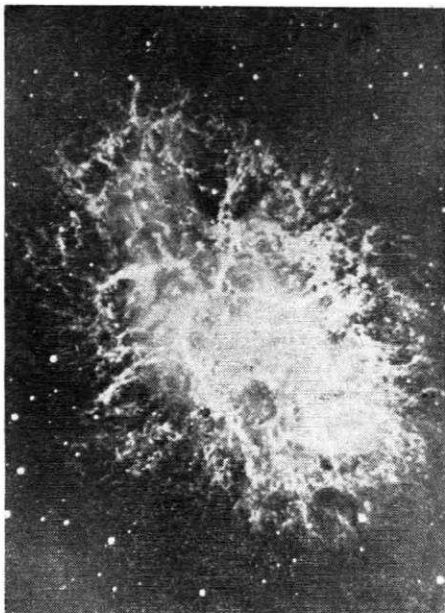
Netālu no Plejādēm atrodas otra Vērša zvaigznāja vaļēja zvaigžņu kopa — Hiādes. Tur zvaigznes ir plašāk izkaisītas nekā Sietiņā. Hiādes ir mums tuvākā zvaigžņu kopa (130 gaismas gadu attālumā).

Spožākā Vērša zvaigzne — Aldebarans ( $1^m,06$ ) — tikai projicējas uz Hiādēm, bet pati nepieder pie šīs kopas un atrodas no mums divreiz tuvāk par Hiādēm, t. i., 64 g. g. attālumā. Aldebarans — sarkanais milzis, kura absolūtais spožums vairāk nekā 100 reizes lielāks nekā Saulei un tā diametrs pārsniedz Saules diametru 30 reizes. Teleskopā var saskatīt Aldebarana vājo pavadoni ( $10^m,5$ ).

Uz Ziemeļiem no Aldebarana var sameklēt divas dubultzvaigznes — Vērša  $\varphi$  un  $\chi$ .  $52''$  attālumā no iesarkanās Vērša  $\varphi$  ( $5^m,1$ ) var ieraudzīt otru šīs zvaigznes zilgano komponenti ( $8^m,7$ ). Vērša  $\chi$  komponentu spožumi ir attiecīgi  $5^m,4$  un  $8^m,2$ ; leņķiskais attālums starp tām  $19''$ .

Vērša zvaigznājā atrodas viens no visinteresantākajiem zvaigžņotās debess objektiem — Krabja miglājs. Diemžēl to ieraudzīt var tikai spēcīgos teleskopos. Krabja miglājs ir grandiozas katastrofas sekas, tas radies supernovas uzliesmojuma rezultātā 1054. gadā. Tā leņķiskie izmēri pašreiz ir  $6' \times 4'$ , bet spožums  $8^m,4$ . Miglājs nepārtraukti izplešas par  $0,21$  gadā, jo Krabja miglāja gāzes lido radiālā virzienā ar ātrumu 1000 km/s. Krabja miglājs nepārstāj sagādāt astronomiem dažādus pārsteigumus. Bija konstatēts, ka tas izstaro spēcīgu radioviļņu plūsmu, rentģena starus, gamma starojumu 10 MeV diapazonā.

1968. gadā Krabja miglāja centrā bija atklāts pulsārs NP 0532, kurš ik sekundi izstaro 30 radioimpulsus. Jau nākamā gada sākumā amerikāņu



2. att. Krabja miglājs Vērša zvaigznājā.

astronomi paziņoja, ka izdevies konstatēt šim pulsāram optiskus un rentgenstarojuma impulsus ar tādu pašu atkārtošanās periodu kā radioimpulsiem. Tā bija atklāts pirmais (pagaidām vienīgais) optiskais pulsārs. Impulsu atkārtošanās periods lēnām palielinās — par 36,5 nanosekundēm diennaktī. Uzskatot pulsārus par ātri rotējošām neitronu zvaigznēm, jāpieņem, ka pulsārā NP 0532 rotācijas palēnināšanās rezultātā izdalās kolosāla enerģija — ap  $10^{38}$  ergi/s. Šīs enerģijas pilnīgi pietiek, lai nodrošinātu visa Krabja miglāja starošanu.

No Vērša zvaigznāja maiņzvaigznēm var norādīt Vērša  $\lambda$ , ko samērā viegli novērot. Tā ir

Algola tipa aptumsuma maiņzvaigzne. Tās spožums izmainās no  $3^m,5$  līdz  $4^m,0$  ar 3,95 diennakšu periodu.

## PLANĒTAS

*Merkurs* decembra beigās un janvārī nav redzams, jo 28. janvārī atrodas augšējā konjunktijā, tātad aiz Saules. Februārī un marta sākumā tas saskatāms vakaros pēc Saules rietu Zivju zvaigznājā. Merkurs izskatās kā spoža 0. lieluma zvaigzne, tomēr gaišās debess dēļ dienvidrietumu pusē to atrast ir pagrūti.

*Venēra* decembra beigās un līdz 10. janvārim saskatāma no rītiem Strēlnieka, Skorpiona, pēc tam Čūskneša zvaigznājā.

*Marss* atrodas zemu pie apvāršņa dienvidrietumos, līdz 10. janvārim Skorpiona, pēc tam Čūskneša zvaigznājā. No 7. februāra to var ieraudzīt Strēlnieka zvaigznājā no rītiem pirms Saules lēkta.

*Jupiters* ziemas mēnešos nav redzams. 10. janvārī tas atrodas konjunktijā ar Sauli, un tikai martā to var ieraudzīt mazliet pa kreisi no Marsa, Mežāža zvaigznājā.

*Saturns* labi saskatāms gandrīz visu nakti Vērša zvaigznājā. Janvārī tas atrodas uz augšu pa kreisi no Aldebarana. Tālskatī Saturns novēro-

jams kā maziņš disks ar redzamo polāro diametru 18" un ar gredzenu, kura redzami izmēri 46"×20". 13. februārī Saturns atrodas stāvēšanā, pēc tam sāk virzīties uz priekšu. Arī martā tas labi redzams vakaros Vērša zvaigznājā.

Urāns 1972. gada decembrī un visu 1973. gadu atrodas Jaunavas zvaigznājā, novērojams nakts otrajā pusē. 27. janvārī Urāns atrodas stāvēšanā un sāk pretējo kustību, kas ilgst līdz 27. jūnijam.

## MĒNESS

### ● (jauns Mēness)

5. decembrī	pl. 23 <sup>st</sup> 25 <sup>m</sup>
4. janvārī	„ 18 43
3. februārī	„ 12 24
5. martā	„ 3 08

### ☉ (pilns Mēness)

20. decembrī	pl. 12 <sup>st</sup> 46 <sup>m</sup>
19. janvārī	„ 0 29
17. februārī	„ 13 07
19. martā	„ 2 34

### ☾ (pirmais ceturksnis)

13. decembrī	pl. 21 <sup>st</sup> 36 <sup>m</sup>
12. janvārī	„ 8 28
10. februārī	„ 17 06
12. martā	„ 0 26

### ☽ (pēdējais ceturksnis)

27. decembrī	pl. 13 <sup>st</sup> 28 <sup>m</sup>
26. janvārī	„ 9 05
25. februārī	„ 6 12
27. martā	„ 2 47

*J. Miezis*

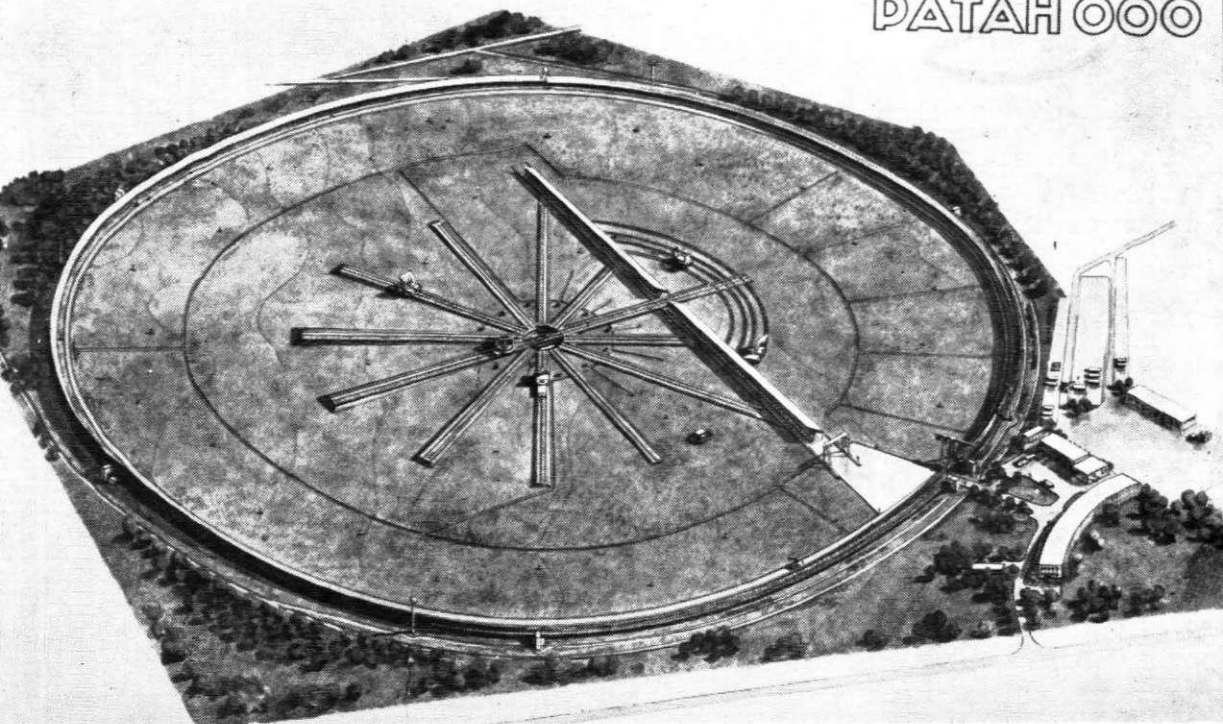
## SATURS

Dienas kārtībā — «melnie caurumi» — <i>A. Balklavs</i> . . . . .	1
Foboss un Deimoss — <i>A. Alksnis</i> . . . . .	15
<b>Astronomijas jaunumi</b> . . . . .	20
Uztverts Algola radiostarojums — <i>I. Daube</i> . . . . .	20
Saistītie uzliesmojumi — <i>N. Cimahoviča</i> . . . . .	20
Galaktiku kopas norāda uz Visuma anizotropiju — <i>I. Smelds</i> . . . . .	21
<b>Kosmosa apgūšana</b> . . . . .	23
Kosmonauta skafandrs — <i>O. Paupers</i> . . . . .	23
«Pioneer-10» dodas uz Jupiteru — <i>Ā. Alksne</i> . . . . .	26
«Apollo-16» uz Mēness — <i>Ā. Alksne</i> . . . . .	28
<b>Observatorijas un astronomi</b> . . . . .	36
PSRS Zinātņu akadēmijas radioteleskops RATAN-600 — <i>A. Spektors</i> . . . . .	36
<b>Konferences un sanāksmes</b> . . . . .	39
PSRS ZA Astronomijas padomes plēnums Sverdlovskā — <i>A. Balklavs</i> . . . . .	39
VII Vissavienības konference radioastronomijā — <i>Dz. Blūms, G. Ozoliņš, A. Spektors</i> . . . . .	44
Aizputes vidusskolā — <i>R. Saveljeva</i> . . . . .	48
<b>Astronomija skolā</b> . . . . .	51
Cik lielas ir zvaigznes? — <i>Z. Alksne</i> . . . . .	51
<b>Jaunās grāmatas</b> . . . . .	62
Radioastronomu rakstu krājums — <i>Dz. Blūms</i> . . . . .	62
<b>Zvaigžņotā debess 1972./73. gada ziemā</b> — <i>J. Miezis</i> . . . . .	63

### Kļūdas labojums

«Zvaigžņotās debess» 1972. gada rudens izlaidumā 42. lpp. 8. rinda no apakšas jālasa: «Dņepropetrovskieši publicējuši arī novērojumu rezultātus par Merkura iešanu pāri Saulei.»

РАТАН 600



Radioteleskopa RATAN-600 makets.

ZVAIGZNOTĀ DEBEŠS  
1972./73. GADA ZIEMA

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО  
ЗИМА 1972/73 ГОДОВ

Vāku zīmējis V. Zirdziņš. Redaktore I. Ambaine. Tehn. redaktore V. Kalve. Korektore L. Brahmans.  
Nodota salikšanai 1972. g. 31. augustā. Parakstīta iespiešanai 1972. g. 22. decembrī. Tipogr. papīrs  
Nr. 1, formāts 70×90<sup>1/16</sup>. 4,25 fiz. iespiedl.; 4,97 uzsk. iespiedl.; 4,82 izdevn. l. Metiens 2400 eks.  
JT 15539. Maksā 16 kap. Izdevniecība «Zinātne» Rīgā, Turģeneva ielā 19. Iespiesta Latvijas PSR  
Ministru Padomes Valsts izdevniecību, poligrāfijas un grāmatu tirdzniecības lietu komitejas Rīgas  
veidlapu tipogrāfijā Rīgā, Gorkija ielā 6. Pasūt. Nr. 241.

Cena 16 kap.

LU bibliotēka



220062539

