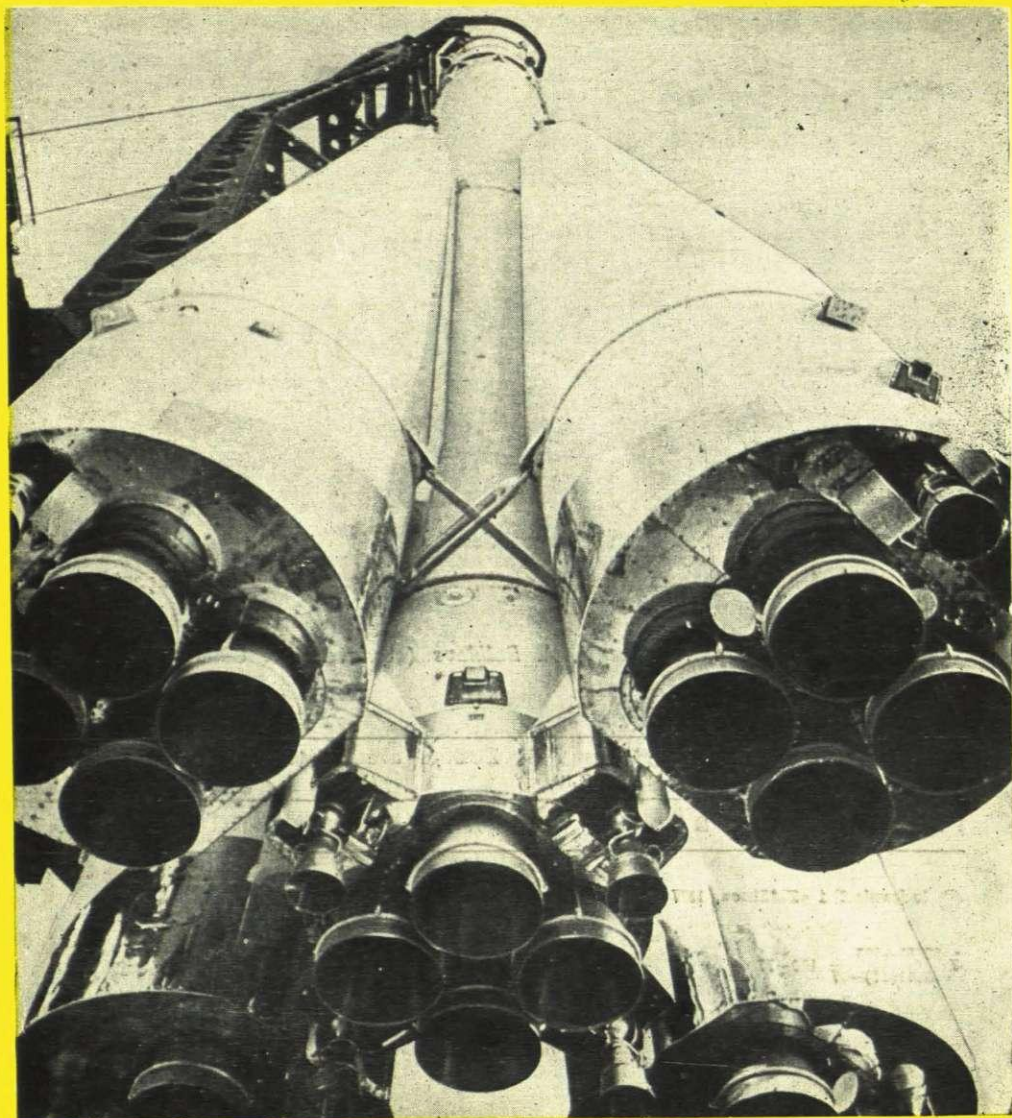


ZVAIGŽNOTĀ DEBESS

1977. GADA
RUDENS



Uz vāka 1. lpp. Padomju nesējraķete «Vostok».

Uz vāka 4. lpp. Merkura virsmas attēli, kurus ieguvis kosmiskais aparāts «Mariner-10».

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

Numuru sastādījis L. Roze.

Publicēts saskaņā ar Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas Redakciju un izdevumu padomes 1977. gada 27. aprīļa lēmumu.

I Z D E V N I E C Ī B A

«Z I N Ā T N E»

R I G Ā

1 9 7 7

© Izdevniecība «Zinātne», 1977

Z $\frac{20601-125}{M811(11)-77}$ 106-77



ZVAIGŽŅOTĀ DEBESS

1977. GADA RUDENS

LATVIJAS PSR ZINĀTŅU AKADEMĪJAS
RADIOASTROFIZIKAS OBSERVATORIJAS
POPULĀRZINĀTNISKS GADALAIKU IZDEVUMS

IZNĀK KOPS 1958. GADA RUDENS

«ZVAIGŽŅOTĀS DEBESS» SVEICIENS SVĒTKOS

Šī gada rudenī padomju tauta kopā ar visu progresīvo cilvēci atzīmē divas ļoti nozīmīgas jubilejas — Lielās Oktobra sociālistiskās revolūcijas 60. gadadienu un kosmiskās ēras divdesmitgadi. Padarītā būtība un veikuma diženums vērs šos divus skaitļus par simboliem, kuros sevišķi spilgti izgaismojas tās grandiozās pārvērtības un perspektīvas, kādas no ekspluatācijas atbrīvotajam cilvēkam un viņa darbam pavēris Lielais Oktobris.

Tikai četrus gadu desmitus Padomju Savienībai vajadzēja, lai, balstoties uz zinātniskā komunisma pamatlicēju Marksa, Engelsa un Ļeņina atklātajām sabiedrības attīstības likumsakarībām, izietu no atpalicības, nabadzības un analfabētisma un sasniegtu ekonomikas un zinātnes attīstības visaugstākās virsotnes. Šodien kosmiskās telpas apguve ir kļuvusi par neatņemamu un nepieciešamu cilvēka darbības sastāvdaļu, un panākumi šajā jomā arvien vairāk nosaka daudzu citu zinātnes un tehnikas nozaru sasniegumu līmeni. Padomju zinātnieku, konstruktoru, inženieru, tehniķu, strādnieku un kosmonautu ieguldījumu šo panākumu kaldināšanā nav iespējams novērtēt par augstu.

Ar lieliem sasniegumiem jubilejas gadā var lepoties arī plašā Padomju Savienības kosmosa pētnieku — astronomu saime. Mūsdienu zinātnes plaši sazarotajā un diferencētajā sistēmā ar atsevišķo zinātņu nozaru sarežģītajiem sakariem un mijiedarbību, interešu krustošanos, metožu pārņemšanu, attīstības tempu savstarpējo nosacītību, kad panākumi vienā pētniecības virzienā bieži vien ir atkarīgi no panākumiem kādā citā, dažreiz pat tālu stāvošā zinātnes nozarē, arī fundamentālajiem un praktiskajiem pētījumiem astronomijā ir ārkārtīgi svarīga un ne ar ko neaizstājama loma. Ļoti dažādie, bieži vien ekstremālie apstākļi kosmiskajos objektos un kosmiskajā telpā paver plašas iespējas iegūt nekādiem citiem pētījumiem nerasniedzamu informāciju par telpas un laika, vielas un lauku, zvaigžņu un zvaigžņu sistēmu utt. īpašībām, izzināt to pārvērtību mehānismus, atklāt to izmaiņu un attīstības likumsakarības, kurām

pakļaujas un kas nosaka kosmiskās matērijas mūžīgo riņķojumu. Bez šīs informācijas nav iedomājama vairāku citu zinātņu nozaru sekmīga attīstība un nav iespējama apkārtējās pasaules vispusīga izpēte.

Nemot vērā astronomisko zināšanu tīri teorētisko un praktisko, kā arī lielo ideoloģisko nozīmi un milzīgo interesi par Visumu un tā daudzveidīgajiem objektiem, «Zvaigžņotā debess» savā laikā uzņēmās grūto un atbildīgo uzdevumu tulkot modernās zinātnes sarežģīto jēdzienu un formulu valodu, popularizējot latviešu lasītāju vidū astronomijas, kosmonautikas un citu astronomijai tuvu zinātņu nozaru problēmas un sasniegumus.

Ar šo numuru «Zvaigžņotās debess» redaklēģija sirsnīgi sveic savus uzticīgos lasītājus šī rudens lielajās jubilejās un solās arī turpmāk būt viņiem labs palīgs ar kosmosa izpēti saistīto aktuālāko problēmu un jaunāko atklājumu iepazīšanā.

Redkolēģija

RADIOASTROMETRIJA

Kopš seniem laikiem cilvēka darbībā liela praktiska nozīme bija astronomiskiem novērojumiem, it īpaši debess objektu stāvokļu un kustību izzināšanai. Attīstoties zinātnei, izveidojās astronomijas nozare, kas nodarbojas ar debess ķermeņu precīzu koordinātu mērīšanu, — astrometrija. Patlaban viens no vissvarīgākajiem astrometrijas uzdevumiem ir inerciālās koordinātu sistēmas izveidošana telpā. Ar to saprot tādu sistēmu, kurā ir spēkā Ņūtona mehānikas kustības likumi. Praktiski uzdevums reducējas uz tā saucamās fundamentālās sistēmas izveidošanu, ko fiksē uz debess sfēras ar izvēlētu zvaigžņu, atsevišķu Saules sistēmas ķermeņu un galaktiku stāvokli, ņemot vērā novērojamo objektu un paša novērotāja kustību telpā. Saprotami astrometristu centieni izmantot šim nolūkam tieši galaktikas, kas lielā tūluma dēļ praktiski ir nekustīgi objekti uz debess sfēras. Tomēr galaktiku izmantošana ir saistīta ar nopietnām grūtībām, jo, novērojot vizuāli, tās ir vāji saskatāmas, bet fotografējot mērījumus nelabvēlīgi ietekmē dažādi kropļojoši efekti. Novērotāja kustības ietekme jāievēro, pētījot Zemes griešanos gan ap savu asi, gan arī pa orbītu ap Sauli. Patlaban ir zināms, ka Zeme griežas nevienmērīgi un ka šīs nevienmērības saistītas gan ar Zemes iekšējo uzbūvi, gan ar atmosfēras cirkulāciju, kā arī ar Saules un citu Saules sistēmas ķermeņu ietekmi.

Gluži dabīga un pamatota ir zinātnes prasība paaugstināt astrometrisko novērojumu precizitāti, jo bez tās nav iedomājams kosmisko parādību pētīšanas tālākais progress. Acīmredzot tradicionālie astrometriskie novērojumi, ko veic optiskajā diapazonā, tuvojas galejās precizitātes sliekšnim, ko nosaka atmosfēras ietekme un dažādi instrumentāli efekti.

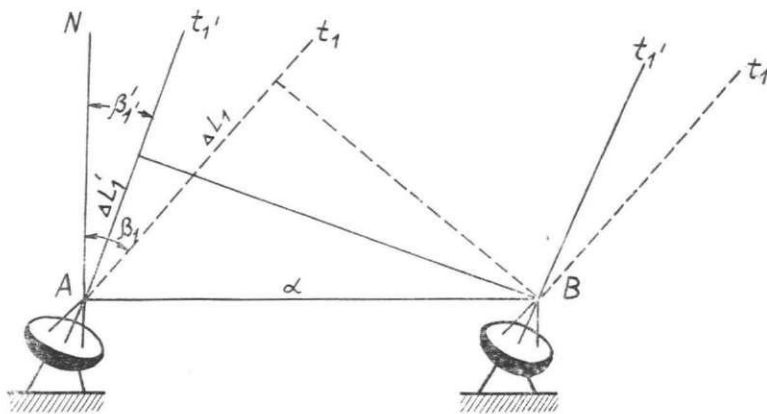
Jaunas iespējas astrometrijā pavērās septiņdesmitajos gados līdz ar sasniegumiem radioastronomisko novērojumu tehnikā. Radioastronomija — zinātne par debess ķermeņu radioizstarojumu — sāka strauji attīstīties pēc otrā pasaules kara. Radioastronomijas metodes ievērojami paplašinājušas mūsu zināšanas par Visumu. Radās nepieciešamība noteikt kosmisko radioavotu koordinātes, kaut vai tādēļ, lai identificētu tos ar optiskajiem objektiem (galaktikām, miglājiem utt.). 1948. gadā Austrālijā parādījās pirmais radiokatalogs, kas ietvēra 4 objektu koordinātes, pēc tam otrs — ar 18 radioavotiem. Taču pirmo katalogu precizitāte bija ļoti zema: ± 2 laika minūtes rektascensijā un ± 20 loka minūtes deklinācijā. Tas izskaidrojams ar radioviļņu relatīvi lielo garumu, kam atbilst

atsevišķo radioteleskopu zemā izšķiršanas spēja. Taču radioastronomisko novērojumu metodes un tehnika nemitīgi pilnveidojas un to precizitāte pieaug. Ap 1970. gadu radiokatalogu precizitāte bija salīdzināma ar optisko katalogu precizitāti, bet dažos atsevišķos gadījumos pat pārspēja to. Varēja runāt jau par radioastrometrijas izveidošanos. Radioastrometriju var definēt kā zinātni, kas risina astrometriskus uzdevumus ar radioastrometrijas metodēm.

Kādas tad ir šīs metodes? Sākotnēji radioavotu koordinātes tika noteiktas ar atsevišķām antenām, cenšoties atrast virziena diagrammas staru, kas atbilst maksimālajam signālam. Tālākais progress radioastronomijā tika sasniegts, izmantojot interferences metodi. Radiointerferometra darbības princips analogs Maikelsona interferometra darbības principam, ko jau sen izmanto optiskos novērojumos, piemēram, nosakot attālumu starp ciešām dubultzvaigznēm. Vienkāršākais radiointerferometrs sastāv no 2 antenām, kas savienotas ar augstfrekvences kabeļi (1. att.). Antenu uztvertie radiosignāli plūst pa kabeļi, summējas, pastiprinās, detektējas un reģistrējas (uz pašrakstītāja jeb citādā veidā). Radiointerferometra bāze ir attālums starp antenām. Radiointerferometra izšķiršanas spēju θ bāzes normāles virzienā nosaka viļņa garuma λ attiecība pret interferometra bāzes garumu d :

$$\theta = \frac{\lambda}{d}.$$

Lai palielinātu interferometra izšķiršanas spēju dotajā viļņu garumā λ , nepieciešams palielināt bāzes garumu. Taču zudumu un fāzes kropļojumu dēļ, kas rodas kabeļi, antenu savienošana ar kabeļi ir iespējama



1. att. Radiointerferometra shēma. Antenas A un B momentā t_1 uztver radioizstarojumu no tāla avota, virziens uz kuru veido leņķi β_1 ar bāzes AB normāli $AN \cdot d$ — bāzes garums. Zemes griešanās dēļ leņķis starp virzieniem uz radioavotu un normāli nepārtraukti mainās. Momentā t'_1 tas vienāds ar β'_1 . Ja signāli nonāk antenā B momentos t_1 un t'_1 , tad antenā A tie nonāk attiecīgi ar nokavēšanos $\tau_1 = \frac{\Delta L_1}{c}$ un $\tau'_1 = \frac{\Delta L'_1}{c}$, kur c — gaismas izplatīšanās ātrums.

tikai tad, ja bāzes ir īsas. Tika izveidoti radiointerferometri ar frekvences pārveidošanu un radiointerferometri ar signālu retranslāciju (tas deva iespēju novērojumu precizitātē tuvu optiskajiem novērojumiem).

Precizitātes paaugstināšanā principiāli jaunas iespējas pavēra «neatkarīgās interferometrijas» metode, ko lika priekšā padomju zinātnieki L. Matvejenko, N. Kardašovs un G. Šalomņickis 1965. gadā. Metodes būtība ir šāda: radioavota signāli katrā bāzes galā vienlaikus tiek pārveidoti un reģistrēti neatkarīgi cits no cita, turklāt uz tās pašas magnētiskās lentes tiek ierakstītas arī speciālas laika atzīmes no atoma frekvenču etalona. Pēc tam ierakstus nosūta uz skaitļošanas centru un tur kopīgi apstrādā. Šī metode deva iespēju radīt radiointerferometrus ar sevišķi garām bāzēm (SGBR metode). Bāzes garumu ierobežo vienīgi Zemes izmēri un noteikums, ka radioavotam vienlaikus jābūt novērojamam no abiem bāzes galiem. Tiek diskutēti arī projekti par interferometru ar vienu antenu ārpus Zemes. Šāds interferometrs ļautu iegūt nebijuši augstu leņķisko izšķiršanas spēju.

Galvenais uzdevums, risinot astrometrijas problēmas ar SGBR metodi, ir pareizi noteikt nokavēšanās laiku τ , signālam izplatoties attālumā ΔL (sk. 1. att.). Isajās bāzēs var izmantot arī interferences virziena diagrammas starpfrekvenci F . Zemes griešanās dēļ τ un F mainās līdz ar radioavota stundu leņķa maiņu. Izmērāmie lielumi ir saistīti funkcionālā atkarībā ar radioavota ekvatoriālām koordinātēm, bāzes parametriem (attālumu d , vietas ģeogrāfisko platumu un garumu) un diviem nezināmiem etalona laika sinhronizācijas lielumiem. Atrisinot iegūtos pamatvienādojumus, atrod korekcijas pieņemto nezināmo lielumu skaitliskajām vērtībām. Zinātnieki turpina izstrādāt optimālāko novērošanas programmu un novērošanas metodes, risina radiointerferometru visizdevīgākās izvietojšanas problēmas.

Pēc teorētiskiem novērtējumiem radioavotu koordinātu noteikšanas precizitāte sagaidāma ne sliktāka par 0,01—0'',001, bāzes garuma kļūda — 10—1 cm, diennakts garuma noteikšanas kļūda — 0,01 milisekundes, laika sinhronizācija var sasniegt precizitāti līdz 1 nanosekundai (10^{-9} s).

Pirmais sevišķi garas bāzes radiointerferometrs tika izveidots 1967. gadā ASV un tajā pašā gadā arī Kanādā. Līdz šim brīdim ar SGBR metodi jau realizēti daudzi eksperimenti, arī Padomju Savienībā (piemēram, 1969. gadā kopīgais padomju—amerikāņu eksperiments). Radiointerferences metodes attīstībā izcils notikums bija globālā radioteleskopa radīšana. To veidoja 4 antenas: Krimas astrofizikas observatorijas 22 m antena Simeizā, Jūras kara pētniecības laboratorijas 26 m antena Merilendpointā (ASV), 40 m antena radioobservatorijā Ouensvellijā (ASV) un NASA 64 m antena Tidbinbillā (Austrālijā). Kopīgos eksperimentus veica 1976. gada 26. aprīlī un 6. maijā. Maksimālais bāzes garums sasniedza 0,94 no Zemes diametra. Instruments strādāja 1,35 cm diapazonā, un tam bija Zemes apstākļiem galēji iespējamā izšķiršanas spēja — mazāk nekā 0,0001 loka sekundes!

Tādu eksperimentu nozīmība ir acīmredzama: vienlaikus novērojot ar n antenām, var izveidot $n(n-1)/2$ bāzes. Piemēram, minētajā eksperimentā 4 antenas izveidoja 6 bāzes.

Atgriežoties pie radioastrometrijas salīdzinājuma ar optisko astrometriju, var atzīmēt šādas radioastrometrijas priekšrocības:

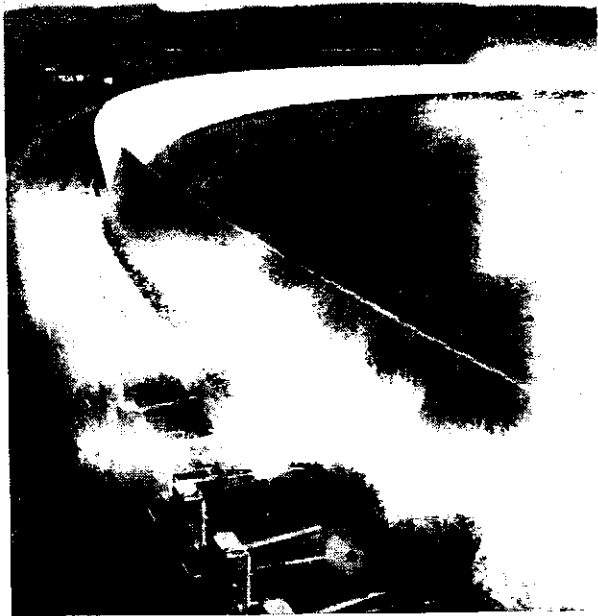
- 1) iespēja novērot mākoņainā laikā;
- 2) ievērojami mazāka atkarība no atmosfēras refrakcijas, jo te rezultātus ietekmē vienīgi radioviļņa izplatības ceļa izmaiņa, nevis paša virziena maiņa;
- 3) iespēja realizēt absolūtus deklinācijas mērījumus attiecībā pret momentāno Zemes rotācijas asi (optiskā astrometrijā, lai noteiktu spīdekļu deklināciju, jāzina novērošanas vietas platums, ar kuru novērojumus reducē uz momentāno rotācijas ass stāvokli);
- 4) iespēja izmērīt lielus debess sfēras lokus ar tādu pašu precizitāti kā mazus, bet tas savukārt ļauj realizēt principiāli jaunas metodes inerciālās koordinātu sistēmas izveidošanā (pētāmā objekta stāvokli un īpatnējo kustību var noteikt attiecībā pret trim radioavotiem, kas veido inerciālo sistēmu).

Par metodes trūkumu jāmin tas, ka nav iespējams noteikt rektascensiju sākuma punktu, t. i., nevar piesaistīties pavasara punktam. Tā stāvokli nosaka ar Saules un planētu novērojumiem. Šos objektus izmēru dēļ (tie nav punktveida) nevar novērot ar interferences metodi. Taču šīs ir tikai pagaidu grūtības. Jau tagad tiek izstrādāti uztvērēji, ar kuriem būs iespējams novērot mazās planētas. Pagaidām piesaistīšanās rektascensiju sistēmai realizēta netieši: amerikāņu zinātnieku sastādītajos katalogos izmantota dažu objektu, galvenokārt kvazāru, radio un optisko rektascensiju vidējā sakrišana, bet angļu katalogos — zvaigzne β Persei, kas izrādās ir radioizstarojuma avots un kuras koordinātes precīzi noteiktas optiskajos katalogos.

Taču jau tagad šādā nolūkā var novērot planētas un Mēnesi ar radioteleskopu RATAN-600 (PSRS ZA radioteleskops ar diametru 600 m), kas uzcelts Ziemeļkaukāzā un 1977. gada sākumā nodots ekspluatācijā.

Šim radioteleskopam ir augsta izšķiršanas spēja pat tad, ja to izmanto kā atsevišķu antenu. Ar to var veikt augstas kvalitātes koordinātu mērījumus, kas pēc savas precizitātes salīdzināmi ar optiskajiem. Jāatgādina, ka ar radiointerferences metodi ievērojami augstāku precizitāti var iegūt tikai, nosakot punktveida radioavotu koordinātes, tādēļ izstieptiem radioavotiem šādu atsevišķas antenas novērojumu iespējamība ir visai būtiska. Piemēram, Saules sistēmas ķermeņu novērojumus ar RATAN-600 var praktiski realizēt neatkarīgi no atmosfēras apstākļiem. Pateicoties tam, ir iespējams iegūt novērojumu rindas ar vienādiem laika intervāliem. Šis apstāklis ir visai svarīgs, lai paaugstinātu planētu orbītu parametru un citu astronomisku konstanšu reālo precizitāti. Tādējādi ar tādu pašu viena novērojuma precizitāti kā optiskajiem instrumentiem var iegūt daudz augstāku radiodiapazona novērojumu sērijas galīgo precizitāti. Radioteleskopa apertūras («objektīva») lielie izmēri ļauj samazināt sīka mēroga atmosfēras nehomogenitātes ietekmi uz koordinātu mērījumiem.

Vairums astrometriskiem mērījumiem derīgu radioavotu, kuru novērošanai var izmantot SGBR metodi, ir ārpusgalaktikas objekti, galveno-



2. att. Radioteleskops RATAN-600. Redzama galvenā spoguļa daļa.

kārt kvazāri un aktīvu galaktiku kodoli. Tādu objektu ir pietiekami daudz, un tie samērā vienmērīgi sadalīti pa visu debess sfēru.

Minēto objektu precīzu koordinātu kataloga sastādīšana, pamatojoties uz novērojumiem ar SGBR metodi, dos iespēju izveidot principiāli jaunu inerciālo koordinātu sistēmu, kas nepieciešama pilnīgākai Visuma fizikālās uzbūves izziņai. Radīsies drošs pamats īpatnējo kustību aprēķināšanai. Atkārtota ārpusgalaktikas radioavotu koordinātu noteikšana pēc saprātīgi izvēlētiem laika posmiem ļaus precizēt vairākas astronomiskas konstantes (precesiju, nutāciju u. c.).

Jau tagad sasniegtā radioastrometrijas precizitāte ļauj veiksmīgi risināt tādas uzdevumus kā vispārējās relativitātes teorijas pārbaude (radioviļņu noliekšanās Saules gravitācijas laukā), paisumu un bēgumu pētīšana, bāzes izmērīšana ar augstāku precizitāti, nekā dod ģeodēzijas metodes, kontinentu dreifus noteikšana un daudzi citi.

Jaunās milzīgās iespējas, ko radioastrometrija paver astronomijai, nepavisam nenozīmē to, ka zinātne turpmāk norobežosies no klasiskajiem astrometriskiem mērījumiem. Tas pilnīgi skaidri izriet kaut vai no tā, ka pat ar visjaudīgākajiem mūsdienu radioteleskopiem nav iespējams reģistrēt lielumu lielo vairumu zvaigžņu. Saprātīga optisko un radio metožu savstarpējā attiecība mūsdienu astrometrijā noteiks turpmāko gadu praktiskās darbības ceļu.

KAUT DEBESS APMĀKUSIES

Zemes mākslīgo pavadoņu (ZMP) novērojumi ir nepieciešami, lai varētu noteikt to orbītas; tie atklāj Zemes formas noslēpumus un Zemes atmosfēras virsējo slāņu blīvumu izmaiņas. ZMP novērošanai visvairāk izplatītas ir optiskās, radioelektroniskās un radiolokācijas metodes. Optiskajās metodēs¹ visbiežāk uz fotoplates tiek fiksēta pavadoņa atstarotā Saules gaisma, radioelektroniskajās metodēs uztver radiosignālus, kurus raida galvenokārt pavadoņi uzstādītie raidītāji, bet, strādājot ar radiolokācijas metodēm, tiek uztverts no Zemes raidītais un no pavadoņa atstarotais radioviļņi.

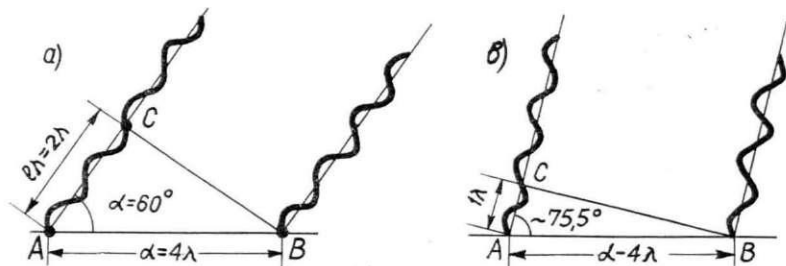
Visām metodēm ir gan savi trūkumi, gan savas priekšrocības. Tomēr katra no tām attiecīgajos konkrētajos apstākļos ir labāka par pārējām. Tāpēc nevar teikt, ka tās cita ar citu konkurē. Tās cita citu papildina.

Neiedziļinoties tehniskajās detaļās, īsumā aplūkosim ZMP radioelektroniskās un radiolokācijas novērošanas metodes.

RADIOINTERFEROMETRI

Katrs zinātniskiem mērķiem paredzēts pavadoņi ir apgādāts ar radio raidītāju. Noraidītos signālus pēc noteiktas programmas no Zemes novēro speciāli izveidotas novērošanas stacijas ar t. s. radiointerferometru palīdzību. Visvienkāršākais interferometrs sastāv no divām horizontālām un savstarpēji paralēlām dipolu antenām. Tās tiek novietotas vienādos augstumos no Zemes virsmas un precīzi zināmos attālumos viena no otras.

Interferometra darbības princips — pavadoņa raidīto radiosignālu salīdzināšana, uztverot tos ar divām antenām. Momentos, kad radiosignāli abās antenās sakrīt pēc fāzes, attālumi no pavadoņa līdz antenām A un



1. att. Radiointerferometra darbības princips. Antenas A un B novietotas 4 viļņa garumu (λ) attālumā viena no otras.

¹ Skat. L. Laucenieka rakstu «ZMP optiskās novērošanas metodes». — «Zvaigžņotā debess», 1977. gada pavasaris, 9.—11. lpp.

B (1. att.) ir vai nu vienādi, vai atšķiras par veselu skaitu l viļņa garumu.

Tā kā pavadoņi atrodas tālāk par 150 km no Zemes virsmas, tad radioviļņu kūli, kas sasniedz abas antenas, varam uzskatīt par paralēlu. Schematisks radiointerferometra darbības princips dots 1. attēlā. Antena A noteiktā laika momentā atrodas par 2 viļņa garumiem (λ) tālāk no pavadoņa nekā antena B . Bāzes garums, t. i., attālums starp antenām A un B izvēlēts vienāds 4 viļņa garumiem. No trijstūra ABC , kurā leņķis ACB ir taisns (90°) un malas AC garums ir puse no malas AB garuma, izriet, ka leņķis BAC , t. i., pavadoņa augstums virs horizonta, ir vienāds 60° . Šo leņķi (α) nosaka pēc formulas

$$\cos \alpha = \frac{l\lambda}{d}.$$

Attēla labajā pusē (variants b) parādīts gadījums, kad antenu A un B attālumu starpība līdz pavadonim ir vienāda 1 viļņa garumam. Tad attiecīgais leņķis BAC apmēram vienāds $75^\circ,5$. Ja pavadonis atradīsies vienādā attālumā no abām antenām, tad tā augstums virs horizonta būs 90° . Jāpiezīmē, ka iepriekš aplūkojam gadījumu, kad pavadonis «pārlido» antenas A un B vai nu virzienā no A uz B , vai otrādi, t. i., pieņemām, ka pavadonis kustējās pa to pašu vertikālo plakni, kurā atradās abas antenas A un B .

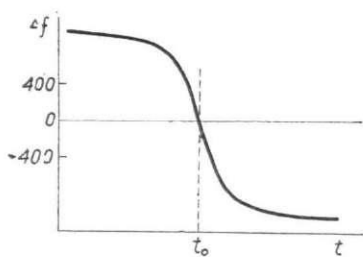
Interferometrs, kā rāda jau tā nosaukums, vispirms fiksē tos gadījumus, kad radioviļņi tanī pilnīgi izdziest, t. i., gadījumus, kad attālums AC attiecīgi ir 0,5; 1,5; 2,5 utt. viļņa garuma. Šie attiecīgie momenti tiek reģistrēti ar daudz augstāku precizitāti nekā pie signāla maksimuma. Attiecīgie augstumi virs horizonta tad būs apmēram $82^\circ,8$; $68^\circ,0$; $51^\circ,3$ utt. Tad, kad nepieciešams samazināt intervālus starp atsevišķiem mērījumiem, jāpalielina attālums starp antenām. Piemēram, ja bāzes garums vienāds 10 viļņa garumiem, attiecīgie augstumi virs horizonta (signāls vienāds ar nulli) būs $87^\circ,1$; $81^\circ,4$; $75^\circ,5$ utt.

Tomēr tikai retos gadījumos pavadonis pārlido antenas to vertikālajā plaknē. Tāpēc nepieciešams vismaz vēl viens antenu pāris. Interferometrs ar diviem savstarpēji perpendikulāriem antenu pāriem pilnīgi nodrošina virziena noteikšanu uz pavadoni, kurš raida noteiktas frekvences radiosignālus.

Radiointerferometra iegūto novērojumu precizitāti ierobežo radioviļņu refrakcija jonosfērā — jonosfēras slāņos radioviļņi noliecas. Kļūda ir jo lielāka, jo zemāka ir radioviļņu frekvence. Radioviļņu noliekšanās samazinās, ja to ieiešanas virziens jonosfērā tuvojas vertikāles virzienam. Tāpēc vislabvēlīgākie apstākļi pavadoņa novērojumu iegūšanai ar interferometra palīdzību ir tad, kad pavadonis atrodas augstāk par 60° virs horizonta un «strādā» ar augstas frekvences radioviļņiem.

DOPLERA EFEKTS

No ZMP radioelektronisko novērojumu metodēm visplašāko pielietojumu ieguvusi metode, kas balstās uz t. s. Doplera efekta izmantošanu. Aparatūra samērā vienkārša un nodrošina augstāku precizitāti nekā



2. att. Doplera efekts, kas izpaužas uztvertā signāla frekvences izmaiņā pēc laika t .

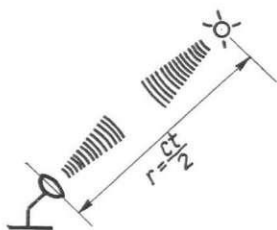
interferometriskā novērojumu metode. Doplera efekts izpaužas tādējādi, ka signāla frekvence nobīdās, ja signāla raidītājs kustas attiecībā pret signāla uztvērēju.

Pieņemsim, ka uz pavadoņa uzstādītais raidītājs dod signālus ar noteiktu frekvenci f . Šo frekvenci uztverošā iekārta salīdzina ar droši noteiktu etalona frekvenci f_0 . Ja f_1 — novērotā frekvence signālam, tad ir spēkā sakarība

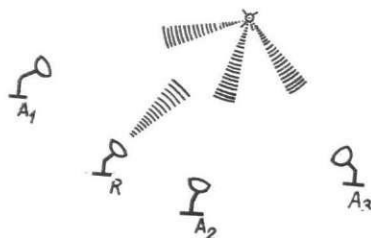
$$\Delta f = f_1 - f = -\frac{f}{c} V_r,$$

kur c — gaismas ātrums, V_r — ZMP relatīvais ātrums attiecībā pret uztvērēju. Šī sakarība ļauj noteikt pavadoņa radiālo ātrumu (V_r). Formulu modificējot, iespējams noteikt arī attālumu līdz pavadoņim, bet tas savukārt dod iespēju aprēķināt pavadoņa orbītu. Tā, piemēram, novērojot Doplera efektu, ļoti precīzi tika noteiktas navigācijas pavadoņu «Tranzīts» orbītas. To precizitāte — apmēram 30 m, resp., maksimālā, kādu var sasniegt ar optisko (fotogrāfisko) novērojumu palīdzību.

2. attēlā sniegta frekvenču (raidītās un uztvertās) starpības izmaiņa atkarībā no laika pavadoņim, kurš lido apmēram 320 km augstumā un raida signālus 20 megahercu frekvencē. Momentā t_0 acīmredzot pavadoņš atrodas vistuvāk novērotājam.



3. att. Shematisks radiolokācijas attēlojums virziena un attāluma noteikšanai.



4. att. Shematisks radiolokācijas interferometra sistēmas attēlojums. R — radiosignālu raidītājs, A_1, A_2, A_3 — interferometri.

Doplera efekta novērojumi, tāpat kā novērojumi ar interferometru, pakļauti refrakcijas ietekmei. Tāpēc parasti raidītāja sistēma darbojas vienlaikus vairākās frekvencēs, kas ļauj izslēgt refrakcijas ietekmi.

RADIOLOKĀCIJA

Šinī gadījumā kustīga antena raida gandrīz paralēlu radiosignālu kūli un pēc noteikta laika uztver no pavadoņa atstarotos radiosignālus (protams, tikai nelielu daļu no izstarotā). Ja uztverts šāds atstarojums,

tad skaidrs, ka pavadonis radiosignālu uztveršanas momentā atrodas tanī virzienā, kurā ir vērsta antena. Iespējams noteikt arī attālumu līdz pavadonim, ja zināms laika intervāls t , kurā radiovilnis (kā impulss) veicis ceļu no raidītāja līdz pavadonim un atpakaļ. Attālumu r nosaka pēc formulas

$$r = \frac{ct}{2},$$

c — gaismas (radioviļņu izplatīšanās) ātrums.

Tātad ar radiolokācijas novērošanas metodi mēs iegūstam gan virzienu uz pavadoni, gan attālumu līdz tam. Priekšrocība acīmredzama! Un ja vēl ņemam vērā, ka radiolokators var strādāt tādos gadījumos, kad nevar novērot ar optiskām novērošanas metodēm (mākoņainā laikā, dienā) vai citām radionovērošanas metodēm (nav raidītāja vai retranslatora uz pavadoņa).

Tomēr radiolokatoram arī ir vairāki būtiski trūkumi. Minēsim dažus no tiem.

Lai novērotu ZMP, kurš atrodas augstāk par 800 km no Zemes virsmas, nepieciešams ļoti spēcīgs raidītājs, bet antenas diametram jābūt lielākam par 12 metriem. Vispār antenas jutīgums strauji samazinās, palielinoties attālumam līdz pavadonim. Bez tam daudzus pavadoņus lietderīgi izgatavot no vielām, kuras ļoti vāji vai arī nemaz neatstaro radioviļņus, un tādus pavadoņus ar radiolokatoriem nav iespējams novērot. Tomēr galvenais trūkums ir tas, ka radiolokācijas metodes salīdzinājumā ar vizuālajiem un optiskajiem novērojumiem dod visai neprecīzus novērojumus.

RADIOLOKĀCIJAS INTERFEROMETRI

Kā redzējām, radiolokācijas novērošanas metodes izmantošana ir stingri ierobežota. Vai tomēr nevarētu mēģināt apvienot radiolokatora un interferometra pozitīvās īpašības? Iespējas ir. Vēlams tikai, lai sistēma būtu apgādāta ar ļoti spēcīgu raidītāju un ļoti jutīgām uztverošām iekārtām (antēnām). Tad antenas kā interferometri uztvers atstarotos radioviļņus un līdz ar to fiksēs virzienu uz ZMP. Novērojumu precizitātes paaugstināšanai vēlams sistēmu nodrošināt ar vairākām radioviļņu uztveršanas antēnām. Signālus iespējams raidīt nepārtraukti, bet ne impulsu veidā, kā tas ir pie parastiem radiolokatoriem.

Ja, piemēram, raidītāju antena, kas novietota virzienā no ziemeļiem uz dienvidiem, izstaro nepārtrauktu vādekļveida radioviļņu kūli, kura platumš ziemeļu—dienvidu virzienā ir mazs (ap 1°), bet ļoti liels rietumu—austrumu virzienā, tad šāds radioviļņu kūlis ir savdabīga barjera, caur kuru «nepamanīts» nevar iziet neviens pavadonis. Tiklīdz šo barjeru šķērso pavadonis, tas tūlīt atstaros daļu radioviļņu, kurus savukārt uztvers radiointerferometri.

Ja virzienu uz pavadoni fiksēs vairāki interferometri vienlaikus, tad būs iespējams noteikt pavadoņa stāvokli virs Zemes kā fiksēto virzienu

krustpunktu. Kaut arī šādas sistēmas precizitāte pavadoņa stāvokļa noteikšanā ir nedaudz zemāka par precizitāti, kādu sasniedz ar fotogrāfisko kameru palīdzību, tomēr liela šīs sistēmas priekšrocība ir tanī apstākļi, ka tā spēj fiksēt visus pietiekami lielus pavadoņus, kas šķērso radioviļņu veidoto barjeru, turklāt nav nepieciešama pavadoņu prognozēšana un nav jāgaida tumsas iestāšanās.

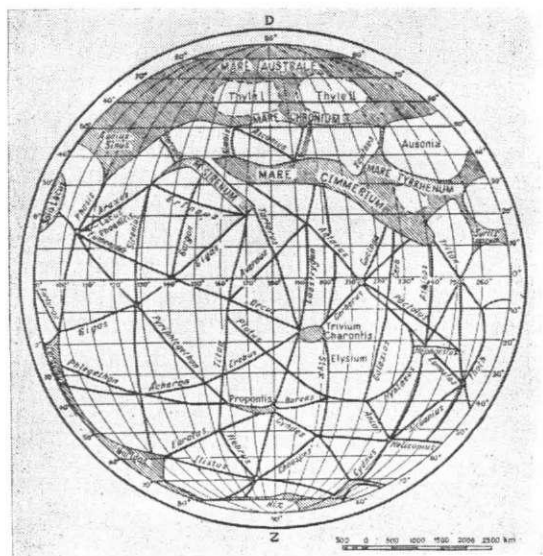
E. MUKINS

MARSA KARTE: 1877. UN 1977. GADS

Tieši gadsimtu atpakaļ, 1877. gadā, Marss kārtējo reizi nonāca lielajā opozīcijā pret Zemi un abas planētas šajā laikā atkal šķīra tikai 56 miljonu kilometru attālumus. Kopš iepriekšējās lielās opozīcijas aizritējušajos septiņpadsmit gados astronomu rīcībā bija nonākuši jauni spēcīgi teleskopi, ar kuriem Marsa novērojumos sasniedzamo izšķiršanas spēju cerēja paaugstināt, formāli rēķinot, līdz 50 km un reāli katrā ziņā līdz divkārt lielākam skaitlim.

Līdz tam uz Marsa bija izdevies saskatīt tikai vairākus simtus kilometru lielus plankumus — vienus samērā gaišus un oranžus, citus ievērojami tumšākus un pelēkus ar zaļu, zilu vai brūnu nokrāsu un beidzot divus baltus — polārās cepures. Toties jaunie novērojumi 1877. gadā ne tikai precizēja šo plankumu izvietojumu un atklāja dažus agrāk nepamanītus: itāļu astronoms Dž. Skjaparelli paziņoja, ka viņam izdevies saskatīt uz Marsa daudzas tumšas taisnas līnijas, kas veido visu virsmu aptverošu tīklu un savieno savā starpā tumšos apgabalus. Skjaparelli secināja, ka atklājis ūdensgultnes, kas saista Marsa jūras, un atbilstoši šādam priekšstatam arī izveidoja Marsa nomenklatūru, kura vēlāk kļuva par vispārpieņemtu.

Skjaparelli sastādītajā kartē planētas virsmu pārstāvēja trīs galvenās formas: pirmkārt, kontinenti un citi sauszemes apgabali (gaišie un oranžie), otrkārt, jūras, to līči un ezeri (tumšie apgabali), treškārt, kanāli (smalkās tumšās līnijas), kā arī, protams, vēl divi īpaši veido-



1. att. Dž. Skjaparelli sastādītā Marsa karte.

jumi — polārās cepures. Nosaukumus šiem objektiem viņš izvēlējās galvenokārt no Zemes ģeogrāfijas, kā arī no antīkās mitoloģijas. Tā uz Marsa parādījās gan Arābija, gan Eritrejas jūra, gan Hērakla kanāls (1. att.).

Marsa novērojumi turpmākajos 88 gados šīs planētas karti jūtami neizmainīja, jo faktiski jau Skjaparelli laikā teleskopī bija sasnieguši to izšķiršanas spēju, ko būtiski pārsniegt neļauj Zemes atmosfēras nemierīgums. (Tādēļ pat mūsu gadsimta vidū joprojām nebija īstas vienprātības arī par kanālu dabu, lai gan par marsiešu izraktiem ūdensceļiem tos vairs neuzskatīja tikpat kā neviens.) Acīmredzot pastāvēja tikai viens reāls ceļš Marsa kartes radikālai uzlabošanai — kosmisko aparātu lidojumi šīs planētas virzienā. Tie sākās sešdesmito gadu pirmajā pusē un drīz vien parādīja, ka Marsa virsma ir pavisam citādāka nekā pastāvošajās kartēs — nav nekādu kanālu, toties ir daudz kas agrāk pilnīgi neparedzēts.

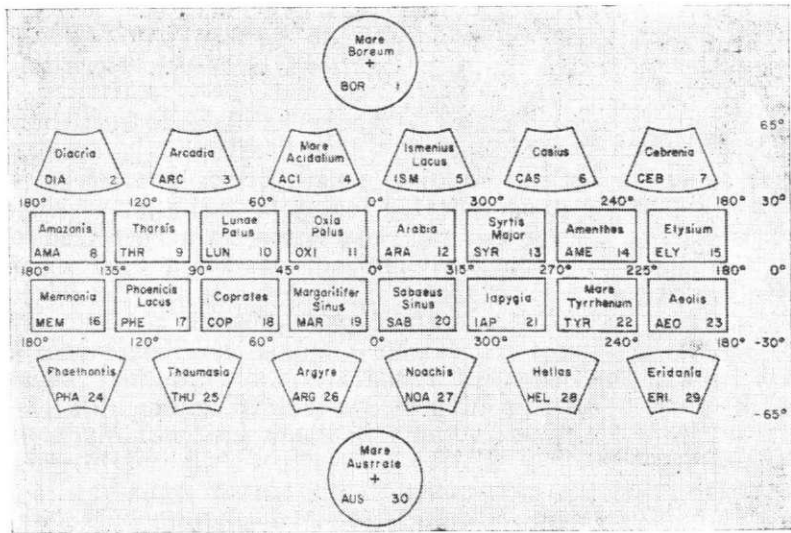
Pirmie divdesmit attēli no tuvwuma, kurus 1965. gada jūlijā pārraidīja kosmiskais aparāts «Mariner-4», aptvēra vienu procentu Marsa virsmas un sagādīšanās pēc atklāja tikai ar meteorītu izsistiem krāteriem bagātus rajonus. Divi nākamie «Marineri» (6 un 7), 1969. gada vasarā pārskatot ar savām telekamerām desmitkārt lielāku platību, parādīja, ka uz Marsa sastopams arī cita veida reljefs — plaši līdzenumi un nelielu haotisku kalnu grēdu sakopojumi. Taču tikai sistemātiski, visu planētu aptveroši novērojumi, kurus 1972. gadā no tās mākslīgā pavadoņa orbītas izdarīja «Mariner-9», ļāva iegūt pietiekami pilnīgu priekšstatu par Marsa virsmas patieso izskatu.¹ Ar platleņķa objektīvu no ~1500 km augstuma iegūtie attēli parādīja praktiski visu virsmu ar izšķiršanas spēju 1 km, izņemot ziemeļpola rajonu, kur tā bija nedaudz zemāka — ap 1,5 km. Uz Marsa atklājās milzīgi vulkāni, likumotas izžuvušu upju gultnes, viņoti kāpu lauki.

Mūsdienu Marsa karte balstās pirmām kārtām tieši uz šiem septiņiem tūkstošiem uzņēmumu. Tās sastādīšanai nepieciešamo tehnisko darbu paveica ASV Ģeoloģiskā dienesta astroģeoloģijas nodaļa H. Mazurska vadībā, bet jaunatklātos veidojumus klasificēja un tiem vārdus deva Starptautiskās astronomijas savienības Marsa nomenklatūras darba grupa Ž. de Vokulēra vadībā. Grupas sastāvā bija gan «Mariner-9» televīzijas eksperimenta dalībnieki — pats Ž. de Vokulērs, H. Mazurskis, K. Seigans,² M. Deiviss, B. Smits, gan arī citu valstu ievērojamākie planetologi. Padomju Savienību tajā pārstāvēja V. Morozs no PSRS ZA Kosmisko pētījumu institūta un I. Kovaļs no Ukrainas ZA Galvenās astronomiskās observatorijas. Darba grupas izstrādātos priekšlikumus oficiāli apstiprināja SAS XV Ģenerālā asambleja 1973. gada augustā Sidnejā.

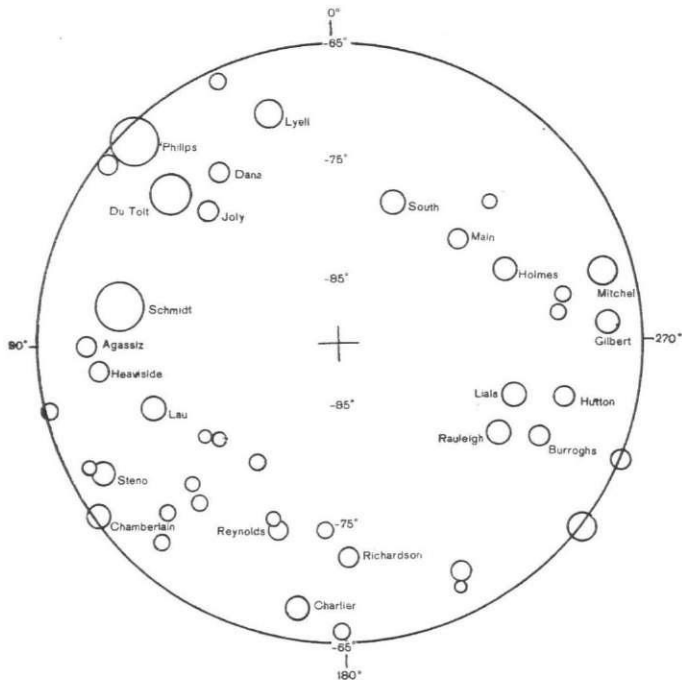
Jaunajā kartē visa Marsa virsma formāli sadalīta trīsdesmit apgabalos jeb provincēs, novelkot to ziemeļu—dienvidu robežas pa katras puslodes 0, 30, 65° paralēlēm un iegūtās joslas saskaldot attiecīgi astoņos, sešos

¹ Nozīmīga loma Marsa izpētē bijusi arī šīs planētas padomju pavadoņiem «Marss-3» un «Marss-5», taču visas Marsa virsmas kartografēšana to zinātniskajos uzdevumos neietilpa.

² Mūsu literatūrā šis astronoms parasti figurē kā K. Sagan, kas atbilst vārda rakstībai (C. Sagan), taču ne pareizajai izrunai.



2. att. Marsa virsmas sadalījums provincēs Starptautiskās astronomijas savienības pieņemtajā kartē.



3. att. Zinātnieku vārdos nosauktie krāteri Marsa dienvidpola rajonā (provincē *Mare Australe*).

un vienā sektorā (2. att.). Katrai provincei nosaukums piešķirts pēc kādas Marsa agrākās kartes detaļas, kas atrodas tās teritorijā, un pieņemts šī nosaukuma trīs burtu saīsinājums, piemēram, *Hellas* — HEL u. tml.

Šāds virsmas sadalījums izmantots, lai piešķirtu savu apzīmējumu katram no apmēram 6000 krāteriem ar diametru pāri par 20 km. Tas sastāv no provinces saīsinātā nosaukuma un diviem latīņu burtiem — lielā un mazā, kuri norāda krātera relatīvo vietu šajā provincē: pirmais mainās no *A* līdz *Z* virzienā no austrumiem uz rietumiem, otrais — no *a* līdz *z* virzienā no dienvidiem uz ziemeļiem. Tā, piemēram, apzīmējums *ERI Za* norāda, ka krāteris atrodas provinces *Eridania* dienvidrietumu stūrī.

Bez tam apmēram 180 lielākajiem krāteriem ar diametru vairumā gadījumu pāri par 100 km piešķirti savī īpaši nosaukumi par godu ievērojamiem zinātniekiem, galvenokārt tiem, kas tieši vai netieši bijuši saistīti ar Marsa pētīšanu — piemēram, Skjaparelli, Antoniadi, Louellam, Koiperam (3. att.). No padomju zinātniekiem viņu vidū ir ilggadējie Marsa novērotāji Tihovs, Barabašovs, Šaronovs, mūsu planētu sistēmas izcelšanās teoriju autori Fesenkovs un Smīts, ievērojamais raķešu tehnikas konstruktors Koroļovs.

Vairums pārējo Marsa virsmas veidojumu — krāteru ķēdes, kanjoni, līdzenumi, kalni (pie tiem pieskaitīti arī vulkāni), gravas, plakankalnes, ielejas, uzkalni un citi — arī nosaukti pēc tuvumā esošajām vecās Marsa kartes detaļām,¹ vajadzības gadījumā nosaukumu nedaudz modificējot un pievienojot tam attiecīgās reljefa formas apzīmējumu latīņu valodā. Šādā veidā, piemēram, lielākais Saules sistēmā zināmais vulkāns (ar pamatnes diametru ap 600 km un augstumu pāri par 20 km!) ieguvis nosaukumu *Olympus Mons* — pēc tā atrašanās vietas vecā apzīmējuma *Nix Olympica* (Olimpa sniegi). Citādi uz kartes identificētas tikai šaurās likloču ielejas ar daudzajām pietekām — kādreizējās ūdens straumju gultnes: to vārdi ir Marsa nosaukumi dažādās neindoeiropiešu valodās, piemēram, arābu valodā. Izņēmums ir vienīgi pati lielākā šādu gultņu kopa — tā nosaukta *Valles Marineris* par godu kosmiskajiem aparātiem, kuru pārraidītie attēli atklājuši visus šos agrāk nepazīstamos veidojumus.

Apmēram desmitā daļa no Marsa virsmas mums tagad pazīstama arī krietni sīkāk — ar izšķiršanas spēju ap 100 m, pateicoties attēliem, ko planētas mākslīgie pavadoņi ieguvuši no apmēram tā paša 1500 km augstuma, bet ar teleobjektīviem («Mariner-9» 1972. gadā, «Marss-5» 1974. gada februārī, «Viking-1» un «Viking-2» 1976.—1977. gadā). Beidzot 1977. gada martā «Viking-1», pateicoties orbītas pericentra pazemināšanai līdz 300 km, ieguva pirmos attēlus ar 20 m izšķiršanas spēju. Sistemātisks visas virsmas apskats līdz tik sīkām detaļām patlaban tomēr ir vēl nākotnes uzdevums. Spriežot pēc zinātniskajā periodikā publicētās informācijas, tas tiks atrisināts nākamā gadu desmita sākumā vai vidū, un tad mūsu rīcībā nonāks vēl vismaz par kārtu detalizētāka Marsa karte nekā tagadējā.

¹ Šīm detaļām, kas būtībā atšķiras tikai ar dažādu gaismas atstarošanas spēju (albedo), nav tikpat kā nekā kopīga ar reālajiem virsmas veidojumiem.

ASTRONOMIJAS JAUNUMI

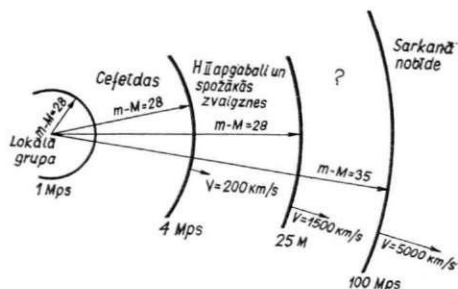
STRĪDS PAR HABLA KONSTANTES LIELUMU

Habla konstante, kas raksturo Visuma izplešanās ātrumu, ir viena no vissvarīgākajām fizikālajām konstantēm. Šī konstante (apzīmēsim to ar H) kā proporcionalitātes koeficients ieiet t. s. Habla likumā, kas apgalvo, ka galaktiku attālināšanās ātrums V , ko mēra no spektrālīniju sarkanās nobīdes lieluma Doplera efekta dēļ, ir proporcionāls attālumam r : $V=Hr$. Habla konstantes skaitliskā vērtība ir pamatā kosmisko distanču skalai lielos attālumos, bet tās apgrieztā vērtība rāda Visuma vecumu. Taču šīs konstantes noteikšana ir ļoti komplicēta un iespējama tikai, balstoties uz novērojumiem, tādēļ nav brīnums, ka tās skaitliskā vērtība salīdzinājumā ar to, ko 1936. gadā noteica pats Habls, tagad ir izmainījusies desmitkārtīgi.

Pašlaik astronomisko žurnālu slejās norit dzīva diskusija par šīs konstantes patieso vērtību un parādās daudz publikāciju, kurās ir mēģināts to precizēt. Jautājumu ierosināja Habla skolnieka, pazīstamā amerikāņu astronoma A. Sendedža daudzās šai problēmai veltītās publikācijas, kas nāk klajā kopš 1971. gada. Sendedžs jau trīs gadu desmitus izdara novērojumus ar Palomāra kalna 5 m teleskopu un līdzās citiem pētījumiem vāc novērojumu materiālu Habla konstantes precizēšanai.

Galvenā grūtība kosmisko distanču skalas konstruēšanā ir universālu attālumu indikatoru trūkums, jo katram no tiem ir savs

vairāk vai mazāk ierobežots pielietojšanas intervāls. Tādēļ, lai pārklātu visu intervālu no tuvākajām zvaigznēm, kuru attālumu aprēķina pēc trigonometriskām paralaksēm, līdz visattālākajiem kvazāriem, distanci līdz kuriem nosaka, balstoties uz Habla likumu, pēc to spektrālīniju sarkanās nobīdes, jākombinē vesela rinda attālumu indikatoru, to pārklāšanās intervālos pārnesot attālumu skalu no viena indikatora uz otru. Šo darbību parasti sauc par indikatoru kalibrēšanu. Sendedža iecerē distanču skalas pārnesi vajadzēja izskatīties tā, kā tas parādīts 1. attēlā. Attālumu līdz tuvākajām galaktikām var noteikt, izmantojot vēlo spektra tipu periodisko mainīzvaigžņu — cefeīdu perioda — spožuma sakarību. 4 Mps (1 Mps, megaparseks = $3,1 \times 10^{19}$ km) lielā attālumā indikatori ir jāmaina, jo tik tālu cefeīdas ar 5 m teleskopu vairs nevar saskatīt. Šai zonā galaktiku attālumus Sendedžs iesaka noteikt pēc pašu lielāko jonizētā ūdeņraža mākoņu (HII apgabalu) izmēriem, kā



1. att. Kosmisko attālumu indikatoru darbības zonas. Parādīti šo zonu robežu attālumu moduļi $m-M$ (starpība starp redzamo un absolūto lielumu) un kosmoloģiskās izplešanās ātrums.

arī pēc pašu spožāko zvaigžņu redzamā lieluma. Abi šie indikatori jākalibrē iepriekšējā zonā, izmantojot attālumus, kas noteikti pēc ceļiem. HII un spožāko zilo zvaigžņu zona izbeidzas pie 25 Mps, ļoti spožās zilās zvaigznes (fotogrāfiskais absolūtais lielums = -10^m) jau būs ar 22. redzamo lielumu, un arī lielāko HII apgabalu (diametrs ap 400 ps) redzami leņķiskie caurmēri 5 m teleskopā būs tikai 3", kad tie jau kļūst grūti atšķirami no zvaigznēm. Uz šīs zonas robežas kā gigantisks kilometru stabs kosmisko distanču skalā atrodas milzīgā Jaunavas zvaigznāja galaktiku kopa. Tādēļ visi iepriekšējie pētījumi, kas nodarbojās ar kosmisko distanču skalas izveidošanu un Habla konstantes noteikšanu, izmantojot bagātīgo materiālu, ko dod Jaunavas kopas galaktiku novērojumi, tuvāko zonu distanču skalas sasaistīšanu ar skalu, kas balstās uz Habla likumu, izdarīja tieši šeit. Habls, rīkojoties šādā veidā, savai konstantei ieguva vērtību $H = 526 \text{ km/s} \cdot \text{Mps}$, bet 60. gadu vidū šī vērtība jau bija pakāpeniski noslīdējusi uz $75 \text{ km/s} \cdot \text{Mps}$.

Taču šīs kopas locekļiem, kā tas tagad ir noskaidrots, pekulārie lokālie radiālie ātrumi sastāda tomēr vēl $\frac{1}{4}$ no izplešanās ātruma. Tādēļ, ja grib precizēt Habla konstanti, šī attiecība ir krietni jāsamazina, sasaistīšanu izdarot ar vēl tālākām galaktikām 100 Mps rajonā. Bet kādus distanču indikatorus lai lieto zonā no 25 līdz 100 Mps, ko Sendedžs dēvē par «krēslas» zonu? Tajā vairs nav redzami ne HII apgabali, ne spožākās zvaigznes. Saskaņā ar vienīgi pašas galaktikas un to struktūras rupjākās detaļas (piemēram, spirāļu zarus) un to formu. Tādēļ neatliek nekas cits kā

balstīties uz korelāciju starp galaktiku formu un to absolūtiem lielumiem. Tā, ir labi zināms, ka spirāles ir spožākas par neregulārām galaktikām. Kvantitatīvā veidā šo korelāciju jau 1960. gadā realizēja kanādiešu astronoms S. van den Bergs, ievēdot t. s. galaktiku spožuma klases. Balstoties uz morfoloģiskiem kritērijiem, galvenokārt spirāliskās struktūras izteiktības pakāpi, viņš galaktikas iedalīja piecās spožuma klasēs, katrai no tām pierakstot savu absolūto spožumu. Taču spožuma klašu kalibrācijai van den Bergs izmantoja pēc Habla likuma noteiktos attālumus, turklāt ar konstanti $H = 100 \text{ km/s} \cdot \text{Mps}$. Tādēļ skaidrs, ka, ja Sendedžs gribēja par attāluma indikatoriem, nosaukt Habla konstanti, izmantot spožuma klases, tad, lai izvairītos no loģiskas pretrunas, tās bija jākalibrē par jaunu.

Nodarbojoties ar šo problēmu, Sendedžs un viņa līdzstrādnieks Tammans pamanīja jaunu kavēkli, kas apdraudēja iecerēto distanču skalas konstruēšanu jau iepriekšējā, uz HII apgabaliem balstītajā, zonā. Proti, izrādījās, ka lielo HII apgabalu izmērs pats ir atkarīgs no galaktikas absolūtā lieluma — milzu galaktikās arī HII apgabali ir lielāki nekā parastajās. Nelaimīgā kārtā šī sakarība starp HII lielāko apgabalu caurmēru un galaktiku lielumiem pēc sava veida «simulē» atkarību no attāluma. Tādēļ tiešā veidā HII apgabali kā distanču indikatoru nemaz nebija lietojami un konstruējamā distanču skala draudēja sabrukt kā kāršu namiņš. Lai to saglabātu un vienā paņēmienā tiktu vaļā no abām nopietnajām grūtībām, Sendedžs un Tammans izšķīrās par visai radikālu soli — kalibrēt spožuma klases pēc tuvās

4 Mps zonas galaktikām, kuru attālumi bija noteikti pēc cefeīdām. Šāda rīcība radīja nopietnas šaubas un pret to vērsās arī kritiķu uzbrukumī. Patiešām, šādā gadījumā kalibrācijas veikšanai palika tikai 14 galaktikas, bet spožuma klases absolūtais lielums ir statistisks lielums, kura noteikšanai nepietiek ar dažiem objektiem vien, turklāt starp tuvajām galaktikām nebija nevienas pārmilžu galaktikas, kas ierindotos 1.—2. spožuma klasēs. Bet tieši šis spožās galaktikas novērojumu selekcijas dēļ dominē zonā aiz 100 Mps, kur jānotiek pārejai uz sarkano nobīdi kā attāluma rādītāju. Tādēļ, lai dabūtu absolūtos lielumus arī 1. un 2. klasēm, Sendedžs un Tammans lineāri ekstrapolēja 3.—5. klasei iegūto sakarību. Tālāk sasaistīt spožuma klases ar distanču skalu, kas balstījās uz sarkano nobīdi, nebija sarežģīti, jo abi šie lielumi bija noteikti lielam tālo galaktiku skaitam. Rezultātā Habla konstantei tika iegūta vērtība: $H = 55 \pm 6 \text{ km/s} \cdot \text{Mps}$ (atbilstošais Visuma vecums ir 21 miljards gadu), kas bija jūtami mazāk nekā pirms tam apgrozībā esošā vērtība. Līdz ar to Visums mūsu priekšstatos bija kļuvis plašāks.

Taču astronomu reakcija uz šo distanču skalas revīziju bija noraidoša. Pašu nopietnāko triecienu Sendedža un Tammana konstruētajai attālumu skalai deva itāļu astronoms L. Botinelli un franču astronoms L. Gugeneims. Izvēloties loģiskāku pieeju, viņi parādīja, ka lineārā interpolācija, ar kuras palīdzību Sendedžs un Tammans noteica absolūtos lielumus 1. un 2. spožuma klasei, dod nepareizu rezultātu. Viņi sprieda tā. Lai konstatētu, par cik 1. klase spožāka par 2., 2. par 3. utt., var taču izmantot

tālās galaktikas, to relatīvos attālumus un tātad arī to absolūto lielumu diferenci, nosakot pēc sarkanās nobīdes no Habla likuma, turklāt ar jebkuru Habla konstantes vērtību. Tā kā ir skaidri zināms, ka Habla likums ir lineārs, tad lielumu diferences starp klasēm iznāks pareizas. Pēc tam visas sakarības nullpunktu var noteikt no 14 tuvajām galaktikām. Šādi rīkojoties, viņi ieguva «agrāko» Habla konstantes vērtību: $76 \pm 8 \text{ km/s} \cdot \text{Mps}$. No līdzīga viedokļa Sendedža un Tammana distanču skalu kritizēja arī vairāki somu astronomi, tāpat dabūjot Habla konstantei vērtību, kas tuva vecajai.

Nozīmīgu pavērsienu jautājumā par kosmisko distanču skalas noteikšanu 1976. gada beigās izdarīja amerikāņu radioastronomu R. Talijs un Dž. Fišera atradums. Viņiem beidzot izdevās pārsviest laipu pāri Sendedža krēslas zonai, atrodot tai distanču indikatoru, kas bija daudz precīzāks par galaktiku spožuma klasēm. Viņi atrada, ka pastāv cieša korelācija starp galaktiku absolūtajiem lielumiem un udeņraža 21 cm radiolīnijas platumu. Šādas sakarības pastāvēšana norāda uz to, ka galvenais apstāklis, kas paplašina 21 cm radiolīniju, ir Doplera efekts galaktiku rotācijas dēļ. Rotācijas lineārais ātrums no centra uz perifēriju pieaug. Jo spožāka un līdz ar to lielāka ir kāda galaktika, jo lielāka ir ātrumu diference starp centrālo apgabalu un visātrākās rotācijas zonu.

Šis Talijs un Fišera atklājums nodeva astronomu rīcībā patiesi universālu ārpusgalaktisko distanču indikatoru, jo udeņraža līnijas profils ir reģistrējams kā tuvās, tā arī ļoti tālās galaktikās, kas atrodas zonā, kur attālumus var noteikt pēc

sarkanās nobīdes. Kalibrējot savu sakarību pēc tuvajām galaktikām un pielietojot to Jaunavas kopai, Talijs un Fišers dabūja $H=80$ km/s·Mps, t. i., rezultātu, kas atkal sakrīt ar agrāko Habla konstantes vērtību. Taču Sendedžs un Tammans nepadevās. Viņi no jauna pārkalibrēja Talijs un Fišera sakarību, izdarot vairākas izmaiņas metodikā, kā arī piesaistot papildus vēl dažas tuvas galaktikas, un ar savu jauno kalibrāciju no tās pašas Jaunavas kopas dabūja $H=50 \pm 4$ km/s·Mps.

Acīmredzot, lai izšķirtu, kam taisnība — Sendedžam un Tammanam vai viņu kritiķiem, nepieciešami plašāki 21 cm līnijas profilu novērojumi tālajās galaktikās. Taču jau tagad ir skaidrs, ka Sendedža un Tammana mēģinājums būtiski precizēt Habla konstanti cietis neveiksmi — konstantes vērtība tāpat kā agrāk mēklējama kaut kur intervālā no 50 līdz 80 km/s·Mps. Tā ir vēl viena skaidra liecība tam, cik grūti «izmērīt» Visumu.

U. Dzērvoītis

GREDZENI AP URĀNU

Sā gada 10. martā notika diezgan reta parādība — novērotājiem Zemes dienvidu puslodes austrumdaļā tālā Urāna mazais redzamais disks savā lēnajā kustībā pa debess sfēru uz pusstundu pārklāja kādu relatīvi spožu (8,8 lieluma) zvaigzni. Tādējādi pavērās iespēja, reģistrējot zvaigznes spožuma maiņu aizklāšanas un atkalparādīšanās brīdī, neticšā veidā pētīt Urāna atmosfēru. Tādēļ šī parādība tika novērota gan no vairākām observatorijām uz Zemes, gan no Koopera lidojošās observatori-

jas — NASA četrmotoru reaktīvās lidmašīnas, kas speciāli pārbūvēta astronomisku novērojumu veikšanai stratosfērā, kur atmosfēras traucējošā ietekme ir daudzkārt mazāka nekā uz Zemes virsmas.

Rezultāts izrādījās ārkārtīgi negaidīts, liekot uz laiku pat aizmirst Urāna atmosfēru: pusstundu pirms pārklāšanas sākuma un tikpat ilgu laiku pēc tās beigām Koopera observatorijas 91 cm spoguļteleskopam pievienotais fotoelektronu pavairotais reģistrēja īslaicīgu zvaigznes aptumsumu sērijas, kuras abos gadījumos turpinājās deviņas minūtes. Observatorijas zinātniskā apkalpe — Kornella universitātes astronomi Dž. Elliots, E. Danhems, D. Minhs izdarīja no šī fakta visai pārsteidzošu, taču acīmredzot vienīgo loģisko secinājumu — ka apmēram 20 000 km attālumā no Urāna virsmas atrodas daudzu nelielu ķermeņu veidotas joslas, ko pēc analogijas ar Saturnu varētu nosaukt par Urāna gredzeniem. Vēlāk kļuva zināms, ka tādu pašu parādību, tikai mazāk detalizēti, novērojuši arī vairāki citi astronomi no observatorijām Austrālijā, Dienvidāfrikā un Indijā, taču nav spējuši uzreiz nonākt pie tik negaidīta secinājuma.

Sīkāk izpētot zvaigznes mirgošanas raksturu, Dž. Elliots noteicis, ka gredzeni acīmredzot ir pieci un sastāv no ķermeņiem ar caurmēru no 10 līdz 100 km — tik lieliem, ka tie brīžam var pilnīgi aizsegēt zvaigzni. Tā kā šo ķermeņu atstarotā Saules gaisma nav novērojama, neraugoties uz to ne pārāk mazajiem izmēriem un ievērojamo skaitu, jāsecina, ka tie ir stipri tumši (albedo tikai daži procenti) — kā Marsa pavadoņi Foboss un Deimoss un daudzi asteroīdi.

Tātad savu īpašību ziņā Urāna gredzeni stipri atšķiras no Saturna gredzeniem: pēdējie, kā rāda radiolokācijas (R. Goldsteins un G. Morrisons) un infrasarkanās spektroskopijas (Dž. Koipers u. c.) datu kopums, sastāv no tikai dažus metrus lieliem ledus gabaliem, kuri tikpat kā neliel mirgot aiz tiem aizgājušai zvaigznei, toties ļoti labi atstaro Saules gaismu (albedo vairāki desmiti procentu).¹ Tā ka varbūt pat pareizāk būtu saukt jaunatklāto veidojumu par Urāna asteroīdu joslu, nevis par tā gredzeniem.

Līdz brīdim, kad Urāna apkaimi sasniegs kāds kosmiskais aparāts (cerams, astoņdesmito gadu vidū), zvaigžņu pārklāšanas novērojumi acīmredzot arī paliks par vienīgo vairāk vai mazāk efektīvo paņēmieni planētas gredzenu jeb asteroīdu joslas pētīšanai.

E. Mūkins

ADONISS

Nesen ziņojām, ka viena no trim «klasiskām» Apollo tipa mazajām planētām — proti, pats Apollo — pēc apmēram 40 gadu starplaika bija atrasts pie debess tuvu B. Marsdena aprēķinātajai efemerīdai.² Saskaņā ar vienošanos par mazo planētu orbitām tam piešķirts kārtējais numurs — 1862. Tagad līdzīgs «liktenis» piemeklējis otru

¹ Sīkākas ziņas par Saturna gredzenu pētījumiem atrodamas Ā. Alksnes rakstā «Jaunākais par Saturna gredzeniem». «Zvaigžņotā debess», 1977. gada pavasaris, 53. lpp.

² Skat. M. Dīriķa rakstu «Mazās planētas ar neparastām orbitām». — «Zvaigžņotā debess», 1975. gada pavasaris, 20.—22. lpp.

šīs trijotnes planētu — Adonisu, kura iepriekšējais apzīmējums bija 1936 CA. Pēc B. Marsdena efemerīdas C. Kovals Heila observatorijā Palomāra kalnā ar 122 cm Šmita teleskopu atradis Adonisu 1977. gada 14. februārī, tātad arī pēc 41 gada starplaika. Precīzi apvienot 1936. un 1977. gada novērojumus pagaidām nav izdevies, jo, pirmkārt, pēdējo vēl ir ļoti maz, otrkārt, šī planēta 1964. gadā piegāja ļoti tuvu Venērai — līdz 0,03 astronomiskām vienībām, tātad Venēras izraisītās perturbācijas bija lielas un tās jāaprēķina sevišķi rūpīgi. Ja novērojumu šogad un turpmākajos gados būs pietiekami, iespējams, ka tie ļaus precīzāk noteikt Venēras masu, jo, kā zināms, Venērai nav pavadoņu, līdz ar to aprēķināt tās masu ir grūtāk nekā, piemēram, Zemei vai citām planētām ar pavadoņiem.

Adonisa orbītas elementi ir šādi: lielā pusass $a=1,873$, ekscentricitāte $e=0,764$, minimālais attālums no Saules $q=0,44$, maksimālais $Q=3,30$, apgriešanās periods ap Sauli 2,56 gadi. Orbītas stāvokļa elementi $\omega=41^{\circ},0$, $\Omega=351^{\circ},3$, $i=1^{\circ},4$. Pēdējo reizi perihēlijā Adoniss bijis 1976. gada 16. decembrī, tātad nākamreiz perihēlijā atradīsies 1979. gada vidū.

M. Dīriķis

KVAZĀRI TURPINA PĀRSTEIGT

Jau apmēram 15 gadus superzvaigznes jeb kvazāri turpina intriģēt astrofiziķus, jo vēl arvien nav izdevies radīt teoriju, kas vispusīgi izskaidrotu šo tālo un līdz ar to agrīno Visuma veidojumu kolosālo

izstarošanas spēju. Šo, kā liecina novērojumi, ļoti kompakto kosmisko objektu starošanas intensitāte pārsniedz desmitiem miljardu zvaigžņu izstarošanas spēju.¹

Ārkārtīgi radikālu priekšlikumu šo grūtību pārvarešanai 1966. gadā izteica pazīstamais amerikāņu astrofizikis D. Berbidžs. Analizēdams kvazāru spektros atklāto absorbcijas līniju sistēmas, kuru sarkanā nobīde izrādījās mazāka par šo pašu kvazāru spektros esošo emisijas līniju sarkano nobīdi, viņš izvirzīja tā saucamo kvazāru lokālo hipotēzi, pēc kuras šie objekti nebūt neatrodas kosmoloģiskos attālumos, bet ir izvietoti samērā tuvu. Līdz ar to kvazāru izstarošanas spēja kļuva samērojama ar citu labi izpētītu un pazīstamu kosmisku objektu izstarošanas spēju un neradās nekādas grūtības tās izskaidrošanai.

Lai gan šī hipotēze vēl joprojām nav pilnīgi atņemta, tomēr tā nav guvusi vispārēju piekrišanu. Pret to izvirzīti vairāki būtiski argumenti,² kuru dēļ pašlaik vairums astrofiziķu uzskata, ka kvazāri tomēr ir kosmoloģiskos attālumos izvietoti objekti, kaut arī tas, kā jau atzīmēts, rada milzīgas grūtības šo objektu enerģētikas un starošanas mehānisma izskaidrošanā. Šajā sa-

¹ Pirmās ziņas par superzvaigznēm lasītāji var atrast A. Balklava rakstos «Superzvaigznes». — «Zvaigžņotā debess», 1964. gada rudens, 1.—9. lpp.; «Superzvaigzne 3C-273». — «Zvaigžņotā debess», 1965. gada pavasaris, 13.—15. lpp. un «Kas notiek superzvaigznēs?» — Astro-nomiskais kalendārs 1966. gadam, 111.—134. lpp.

² Skat., piemēram, A. Balklava rakstus «Dienas kārtībā kosmoloģija». — «Zvaigžņotā debess», 1968. gada ziema, 16.—19. lpp. un «Jauns arguments pret lokālo hipotēzi». — «Zvaigžņotā debess», 1970. gada rudens, 16.—18. lpp.

karībā ir pat izteiktas domas, ka kvazāru starošanas mehānisms balstās uz mums vēl nepazīstamām un nezināmām fizikālām likumsakarībām, kuru izpēti dotu jaunu varenu stimulu apkārtējās pasaules izziņāšanā.

Viss teiktais piesaista kvazāriem neatslābstošu uzmanību, un daudzās observatorijās notiek regulāri kvazāru novērojumi gan optiskajā, gan arī radiodiapazonā. Padomju Savienībā viena no tādām observatorijām ir PSRS ZA Krimas astrofizikas observatorija, kur jau ilgāku laiku novēro Zemei vistuvāko kvazāru 3C-273 (attālumu līdz tam, pamatojoties uz sarkanās nobīdes lielumu tā spektrā, vērtē ap trim miljardiem gaismas gadu). Novērojumi norit sinhroni gan optiskajā diapazonā, izmantojot lielo 2,6 m teleskopu, gan radiodiapazonā ar pazīstamo precīzijas radioteleskopu RT-22.

Pavisam nesen šie novērojumi atnesa īstu pārsteigumu — izrādījās, ka kvazāra 3C-273 radiostarojuma intensitāte 4 stundu laikā samazinājās par 20%. Pārsteigums tas bija tādēļ, ka tik strauju un dziļu spožuma samazināšanos astronomi līdz šim pazina tikai dažu tipu īsperioda maiņzvaigznēm, taču tad šīs maiņas bija periodiskas un saistītas vai nu ar to, ka zvaigzne ir dubultsistēmas locekle, vai arī ar tās pulsācijām. Šajā gadījumā bija runa nevis par periodiskām maiņām, bet gan par spožuma samazināšanos, turklāt šī samazināšanās saistījās ar objektu, kura masa ir vērtējama ar vairākiem desmitiem miljardu Saules masu un kura izmēri tāpat ir daudzkārt lielāki par zvaigžņu izmēriem. Ja kaut kas tāds būtu noticis ar Sauli, t. i., ja mūsu Saule četrus stundu laikā sa-

mazinātu savu spožumu jeb, kas ir tas pats, savas enerģijas izstarošanu par $\frac{1}{5}$, tad mēs to nosauktu par lielu katastrofu. Astronomi līdzīgi izteiktos arī, novērojot šādu parādību jebkurai citai zvaigznei. Līdz ar to rodas jautājums, kādu apzīmējumu lai piešķir šai parādībai, ja tā saistās ar objektu, kura mērogi daudzkārt, kā jau teikts, pārsniedz Saules mērogus. Komentējot šo notikumu, Krimas astrofizikas observatorijas direktors akadēmiķis A. Severnijs nosauca to par nedzirdētu, bezprecedenta gadījumu astrofizikā.

Pašreizējo priekšstatu ietvaros, kādi izveidojušies par kvazāriem un likumsakarībām, kas nosaka process to dzīlēs, ir grūti viennozīmīgi atbildēt uz jautājumu par šīs pārsteidzošās parādības fizikālajiem cēloņiem. Taču ļoti iespējams, ka ārkārtīgi lielās 3C-273 radiospožuma izmaiņas cēlonis ir saistīts ar kvazāra magnētiskā lauka variācijām. Par to liecina novērojumu dati, kas rāda, ka 3C-273 radiospožuma visstraujākās samazināšanās momentā bija konstatējamas arī lielas starojuma polarizācijas izmaiņas kā radio, tā arī optiskajā diapazonā. Šādas elektromagnētiskā starojuma polarizācijas izmaiņas, kā zināms, ir saistītas ar magnētiskā lauka maiņām. Taču jāpiebilst, ka arī šajā gadījumā jautājums par kvazāra magnētiskā lauka izmaiņu pirmcēloni pagaidām paliek neatbildēts.

Tātad kvazāri ir uzdevuši astrofiziķiem jaunu mīklu — nepieciešamību izskaidrot straujas un dziļas kvazāru starojuma samazināšanās mehānismu, turklāt pētījuma objekta masa un izmēri, kā pašlaik domā, daudzkārt pārsniedz zvaigžņu masas un izmērus. Tomēr ļoti ie-

spējams, ka šī jaunatklātā parādība izrādīsies ne tikai par jaunu mīklu, bet arī par vienu no atslēgām, ar kurām atslēdzama kvazāru noslēpumu krātuve.

Nobeigumā jāatzīmē, ka kvazāru novērojumi pēdējā laikā gūst pielietojumu ne tikai dziļi fundamentālos, bet arī tīri praktiskos pētījumos. Tā, piemēram, japāņu zinātnieki ir uzsākuši eksperimentu sēriju četrus kvazāru radiostarojuma reģistrēšanai ar nolūku atklāt Zemes garozas stāvokļa izmaiņas un prognozēt zemestrīces. Šim uzdevumam viņi izmanto divas lielas paraboliskas antenas, kas novietotas Tokijas tuvumā, ziemeļaustrumos un dienvidos no tās, lai ar ļoti lielu precizitāti izmērītu kvazāru radiosignālu uztveršanas laika diferenci un ar tikpat lielu precizitāti noteiktu attālumu starp šīm abām antenām. Kvazāri šim nolūkam ir izvēlēti tādēļ, ka tie, kaut arī atrodas ļoti tālu no Zemes, ir ļoti intensīvi un ļoti novērojami kosmiskā radiostarojuma avoti, turklāt šo milzīgo attālumu dēļ tiem ir ārkārtīgi niecīgas, pašlaik praktiski nekonstatējamas īpatnējās kustības. Tas viss padara kvazārus par ideāliem kosmiskiem reperavotiem ģeodēziskos mērījumos, kas balstās uz modernās radioastronomijas izstrādātajām radiointerferometrijas metodēm.

Ja nākamajās novērojumu sērijās šī laika difference, kuru, izmantojot pašreizējos atomstandartus, var noteikt ļoti precīzi, būs izmainījusies, tad tas nozīmēs, ka ir notikusi Zemes garozas pārbīde un attāluma izmaiņa starp abiem uztveršanas punktiem. Paredzams, ka šie dati dos iespēju noteikt arī Zemes garozas izmaiņu ātrumu starp šiem abiem punktiem, kā arī spriest

par sprieguma izmaiņām Zemes garozā, kas, kā zināms, ir ārkārtīgi nepieciešams zemestrīču prognozēšanā. Šādiem datiem būtu pirmšķirīga nozīme, arī izstrādājot un precizējot tektoniskās teorijas.

A. Balklavs

PAR «MAGĪSKIEM» SKAITĻIEM, MIKRO- UN MAKROKOSMU

Pasaules kvalitatīvās daudzveidības pamatā ir noteiktas kvantitātes un to izmaiņas. Gan šīs kvantitātes, gan to izmaiņas var raksturot ar skaitļiem, kas savukārt paver iespēju aprakstīt un analizēt dažādus procesus ar matemātikas vienādojumu un citu likumsakarību palīdzību. Tas ir arī galvenais iemesls, kādēļ matemātika ir kļuvusi par vienu no spēcīgākajiem pasaules izziņas līdzekļiem.

Viens no pirmajiem, kas sakarības starp skaitļiem un matemātikā vispār meklēja dabas harmonijas atspulgu, acīmredzot bija pazīstamais sengrieķu matemātiķis un filozofs Pitagors. No mūsdienu lielajiem dabas pētniekiem, kuri centušies ielūkoties parādību būtībā ar skaitlisku likumsakarību palīdzību, var minēt ievērojamus angļu zinātniekus A. Edingtonu un P. Dīraku.

Nesen ļoti interesantu skaitlisku likumsakarību, zināmā mērā pat «magisku» skaitļu¹ virkni, ir atradis padomju zinātnieks PSRS ZA Kosmisko pētījumu institūta līdzstrādnieks I. Rozentāls, meklējot mikropasaules likumsakarību izpausmes makropasaulē un sevišķi kosmiskajos objektos. Šim nolūkam viņš izmantojis, kā to mēdz darīt, fizikā

¹ Šos «magiskos» skaitļus nevajag sajaukt ar tiem, kurus pazīst atomu kodolu teorijā un ar kuriem saistās cerības iegūt stabilus transurānu elementu izotopus.

pazīstamās fundamentālās konstantes G , c , n un m_p ² un izveidojis no tām lielumu, kas raksturo kaut kādas masas.

Pēc G , c un n , kā zināms, var iegūt lielumus ar garuma, laika un masas dimensijām, proti: $l_g = (hG/c^3)^{1/2} = 1,6 \cdot 10^{-33}$ cm, $t_g = (hG/c^5)^{1/2} = 5 \cdot 10^{-44}$ s un $m_g = (nc/G)^{1/2} = M_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ g. Kā rāda teorētiski apsvērumi, ir iespējams, ka šiem lielumiem ir ļoti dziļa un būtiska nozīme fundamentālo mijiedarbību mehānismā, tomēr secīga teorija par to vēl nav radīta.

Izrādās, ka lielums M_0 ir diezgan neparasts. Ja mūsu mērķis ir aprēķināt masu melnajam caurumam, kura gravitācijas rādiuss R_g ir vienāds tās komptona viļņa garumam, to var iegūt arī pavisam citādā, no iepriekšējā pilnīgi neatkarīgā veidā. Tiešām, pamatojoties uz abu nosaukto lielumu definīcijām, var uzrakstīt vienādību $GM_0/c^2 = n/M_0c$, no kuras arī izriet iepriekš uzrakstītā sakarība M_0 aprēķināšanai.

Izmantojot M_0 un m_p , I. Rozentāls sastādīja trīs izteiksmes — $M_1 = M_0^2/m_p$, $M_2 = M_0^3/m_p^2$ un $M_3 = M_0^4/m_p^3$, iegūdamas šādas aptuvenas vērtības: $M_1 \sim 10^{15}$ g, $M_2 \sim 10^{33}$ g un $M_3 \sim 10^{54}$ g. Šī skaitļu virkne, kura iegūta, balstoties uz vienu un to pašu operāciju (sākot ar M_0 , katrs nākamais virknes loceklis tiek reizināts ar attiecību M_0/m_p), tad arī ir ar «magiskām» īpašībām, jo aprēķinātās masu vērtības ir gan mikropasaules fizikā, gan astrofizikā, gan vispārīgajā re-

² G — gravitācijas konstante — $6,67 \cdot 10^{-8}$ cm³ s⁻² g⁻¹; c — gaismas izplatīšanās ātrums vakuumā = $3 \cdot 10^{10}$ cm · s⁻¹, h — reducētā Planka konstante = $1,05 \cdot 10^{-27}$ ergi · s; m_p — protona masa = $1,67 \cdot 10^{-24}$ g.

lativitātes teorijā, gan arī kosmoloģijā labi pazīstami robežlielumi.

Kā jau teikts, ļoti iespējams, ka M_0 ir būtiska loma elementārdaļiņu mijiedarbībā, jo daudzi fiziķi uzskata, ka šādas konstantes, resp., šādas masas vērtības izrietēšana no citām fundamentālām konstantēm nav nejaušība. Tā norāda uz dziļām, vēl neizprastām likumsakarībām mikropasaules parādībās un atspoguļo gravitācijas sadarbes iespāidu uz elementārdaļiņu procesiem, kaut arī M_0 ir daudzkārt lielāka par m_p un $m_e = 0,9 \cdot 10^{-27}$ g.

M_1 ir saistīta ar vispārējo relativitātes teoriju, ar melno caurumu teorētiskajiem pētījumiem un it sevišķi ar lauka kvantu teorijas un termodinamikas principu un secinājumu lietošanu šajos pētījumos. Līdz tam valdīja uzskats, ka melnie caurumi ir pilnīgi miruši, visu absorbējoši un neko neizstarojoši objekti.³ Taču ap 1974.—1975. gadu, kad tika ņemti vērā minētie principi, pateicoties galvenokārt pazīstamā angļu fiziķa teorētiķa S. Houkinga darbiem, pierādījās, ka melnie caurumi ne tikai var, bet ka tiem obligāti arī ir jāizstaro.

Šī starojuma cēlonis faktiski ir Heizenberga nenoteiktības principa darbība. Laiciskā nenoteiktība mel-

nā cauruma tuvumā pieļauj, var pat teikt — padara nepieciešamu virtuālo daļiņu koncepcijas pielietošanu. Bet, rodoties virtuālam pārim, tam, kā rāda aprēķini, nebūt nav jābūt ierautam melnajā caurumā. Iespējama arī situācija, kad viena no daļiņām tiek ierauta melnajā caurumā, bet otra izstarota. Novērotājs, kas atradies tālu no melnā cauruma, reģistrēs to kā melnā cauruma starojumu, turklāt ar termisku spektru. Šī izstarošana, protams, nevar palikt bez sekām. Tā pakāpeniski «noplicinās» melno caurumu, rezultātā melnais caurums pamazām «iztvaikos» vai arī eksplodēs.

Melnā cauruma starojuma temperatūra var kalpot par indikatoru, kas raksturo melnā cauruma pašiznīcināšanās ātrumu un līdz ar to tā pastāvēšanas jeb dzīves laiku. Šo melnā cauruma starojuma intensitāti, resp., «iztvaikošanas» ātrumu un dzīves laiku, izrādās, viennozīmīgi nosaka melnā cauruma sākotnējā masa. Jo tā mazāka, jo šis laiks ir īsāks, un otrādi. S. Houkinga aprēķini rāda, ka liels 10^{15} g ir robežlielums, kas raksturo tādu melnos caurumus, kuru dzīves laiks ir vienāds ar pašreizējo Visuma vecumu, t. i., pēc pašreizējiem priekšstatiem, apmēram, 10^{17} s. No šiem aprēķiniem izriet arī, ka melnie caurumi ar sākotnējo masu $M \ll M_0$ ir jau sen «iztvaikujuši» un eksplodējuši, bet caurumi ar masu $M \gg M_0$ izstaro tik maz, ka to dzīves laiks pārsniedz pašreizējo Visuma vecumu apmēram 10^{54} reizes, t. i., praktiski tie nemaz nedarbo.

Nelielo melno caurumu starojums ir koncentrēts galvenokārt gamma staru diapazonā, un aprēķini rāda, ka šāda tipiska melnā

³ Šis uzskats balstījās uz pārliecību, ka melnais caurums ir absolūti statisks objekts. Patiesībā, pat neizejot no vispārīgās relativitātes teorijas ietvariem, var parādīt (S. Houkings), ka melnie caurumi kļūst absolūti statiski tikai tad, kad $t \rightarrow \infty$. Turpretim, ja laika sprādis, kas pagājis kopš kolapsa sākuma, ir galīgs, tad kosmiskie objekti tikai tiecas uz savu gravitācijas rādiusa R_g noteikto sfēru, bet to nesašniedz. Tas, stingri ņemot, nozīmē, ka kolapsārs ir nelīdzsvarots objekts un tāpēc tam ir jāizstaro. Jāatzīmē, ka šis secinājums bija jau zināms pirms S. Houkinga darbiem, taču līdz tam dominēja pieņēmums, ka melno caurumu starojums ir ļoti niecīgs un nav ņemams vērā, ja $t \gg R_g/c$.

cauruma gamma starojuma jauda sasniedz daudzus tūkstošus megavatu. Šajā sakarībā jāteic, ka šāda tipa starojumu ir reģistrējis amerikāņu ZMP «SAS-2», taču nav izslēgts, ka reģistrētais starojums ir radies arī kādu citu kosmisku parādību rezultātā.

Tātad melnie caurumi ar masu apmēram $10^{15} \text{ g} = 10^9 \text{ t}$ (pietiekami liela meteorīda masa) ir tie, kas vai nu eksplodējuši nesenā pagātnē, eksplodē pašlaik, vai arī tuvojas savas eksistences noslēguma posmam. Interesanti atzīmēt, ka šādu melno caurumu izmēri ir apmēram tikpat lieli kā elementārdaļiņu izmēri, t. i., to gravitācijas sfēras diametri ir ap $10^{-13} - 10^{-10} \text{ cm}$ un šādu melno caurumu eksplozija ilgst ap 0,1 s. Eksplozijas laikā, galvenokārt gamma starojuma veidā, var izdalīties enerģijas daudzums, kas sasniedz ap 1% no Saules starojuma enerģijas daudzuma. Iespējams, ka dažu ārpusatmosfēras observatorijās reģistrēto kosmisko gamma uzliesmojumu impulsu cēlonis ir šādu melno caurumu sabrukšana.

Melnie caurumi ar masu $M \ll M_0$ nevar rasties katastrofiska kolapsa rezultātā, kā tas var notikt ar lielas masas ($M \gg M_0$) kosmiskiem objektiem. Pēc S. Houkinga domām, šādi nelielas masas melnie caurumi, ja vien tādi eksistē, radušies Visuma attīstības (Lielā sprādziena) pašās agrīnākajās stadijās dažādu fluktuāciju un nevienmērīgu kustību rezultātā, kuras perturbējušas pirmatnējo homogenitāti un novedušas pie vielas koncentrācijas ne tikai galaktikās un zvaigznēs, bet arī melnajos caurumos ar dažādām masām. Taču jāuzsver, ka ļoti svarīgie jautājumi par to, kas notiek ar singularitāti melno cau-

rumu centrā pēc šādas eksplozijas, kā arī par to, kā šīs parādības gaitā izvairīties no barionu skaita nezūdamības likuma pārkāpšanas, S. Houkinga hipotēzēs ietvaros pagaidām paliek bez atbildes.

Masas skaitlis M_2 izsaka Saules tipa zvaigžņu masu. Bet, kā izriet no zvaigžņu iekšējās uzbūves un evolūcijas teorijas, šādas vai mazākas masas kosmiskos objektus raksturo tas, ka tiem visā savā kosmoloģiskās eksistences laikā ir iespējams ieņemt galīgu līdzsvarotu konfigurāciju skaitu, jo kosmisko objektu rašanos un evolūciju nosaka gravitācija. Lai nodrošinātu stabilu zvaigžņu tipa kosmisko objektu līdzsvaru, ir jābūt spēkiem, kas līdzsvarotu gravitācijas spēka radīto spiedienu. Analizējot dažādas iespējas, atklājās, ka šiem spēkiem var būt gan tīri kinētiska daba — sakarsētas plazmas spiediens, gan arī sarežģītāki cēloņi, kas galu galā reducējas uz to, ka elementārdaļiņām (ne tikai atomu un molekulu, bet arī zvaigžņu uzbūves pamatķieģeļiņiem) ir galīgi izmēri.

Tiešām, ja kosmisko objektu masa M ir mazāka par 10^{30} g , kā, piemēram, planētām, tad tie sastāv galvenokārt no nejonizētiem atomiem, izstaro ļoti maz un gravitācijas spiedienu šiem objektiem līdzsvaro vai nu gāzes spiediens, vai arī vielas elastības spēki. Ja masa M ir nedaudz lielāka par 10^{30} g , tad var veidoties zvaigznes — sarkanie punduri, kuru izstarošanu visu dzīves laiku uztur tikai gravitācijas potenciālā enerģija (kodoltermiskie enerģijas avoti vispār neieslēdzas) un gravitācijas spiedienu līdzsvaro sakarsētas plazmas spiediens. Zvaigznēm ar lielāku masu, kā zināms, starojumu nodrošina kodoltermisko reakciju ieslēgšanās,

kuru gaitā visvieglākie elementi pakāpeniski pārtop smagākos. Kamēr pietiek kodoltermiskajām reakcijām nepieciešamās degvielas, gravitācijas spiedienu šādām zvaigznēm līdzsvaro sakarsētas plazmas spiediens, bet, kodoltermiskajām reakcijām izbeidzoties, stabilas līdzsvarotas konfigurācijas — baltos pundurus ($M < 1,2M_{\odot}$) un neitronu zvaigznes ($M < 3M_{\odot}$) — nodrošina kvantu mehānikas Pauli principa izraisītais deģenerētas elektronu vai neitronu gāzes pretspiediens. Tas sāk darboties tad, kad gravitācijas spiediena dēļ attālumi starp elementārdaļiņām kļūst samērojami ar elementārdaļiņu izmēriem. Ja zvaigznes masa evolūcijas beigu posmā ir lielāka par $3M_{\odot}$, tad stabilas konfigurācijas vairs nav iespējamās. Notiek neierobežots, katastrofisks kolapss, un rodas melnais caurums.

Teiktais ļauj secināt, ka zvaigžņu daudzveidības pamatā faktiski ir elementārdaļiņu parametri —

masas, lādiņi utt. To apstiprina arī I. Rozentāla izdarītā analīze, kas rāda, ka tad, ja šie parametri būtu citādi, piemēram, daudz lielāka protona un piona masa, tad vienīgā iespējamā zvaigžņu evolūcijas nobeiguma forma būtu melnie caurumi, t. i., stabilas konfigurācijas zvaigznēm vispār nepastāvētu.

Masas skaitlis M_3 pazīstams kosmoloģijā un izsaka Visuma novērojamās daļas masu, t. i., masu sfērai ar rādiusu apmēram 10^{28} cm. Šajā sfērā ietilpst aptuveni 10^{10} galaktiku, no kurām katrā ir ap 10^{10} — 10^{11} zvaigžņu.

Runājot par «magiskiem» skaitļiem un mikro- un makropasaules savstarpējo nosacītību, gluži dabiski var rasties jautājums — ko izsaka virknes M_0, M_1, M_2, M_3 tālākie locekļi M^n_0/m^{n-1}_p , taču, kā secina I. Rozentāls, atbildēt uz šo jautājumu pagaidām vēl nav iespējams.

A. Balklavs

KOSMOSA APGŪŠANA

PIRMAJAI KOSMISKAJAI RAĶETEI — 20 GADI

Par astronomijas un daudzu ar to saistītu zinātnes nozaru vētrains attīstību šajos 20 gados lielā mērā jāpateicas tieši kosmiskajiem aparātiem. Beidzot bija radusies iespēja pacelt zinātnisko aparāturu ārpus atmosfēras un sasniegt citus debess ķermeņus. Tā lika pamatu kvalitatīvam lēcienam Zemes, kosmiskās telpas, planētu pētījumos, kas ļāva savukārt aplūkot daudzas parādības pilnīgi jaunā aspektā un stimulēja visdažādāko tehnoloģijas nozaru attīstību.

Galvenais priekšnoteikums tam bija — pietiekami spēcīgas nesējraķetes izveidošana. Kaut gan raķešu dzinējs principā pazīstams jau ļoti sen, milzīgais enerģijas patēriņš, kas nepieciešams, lai paceltu raķeti orbītā, ilgi nebija pa spēkam esošajai teknikai. Cik liels ir šis enerģijas patēriņš, uzskatāmi ilustrē daži skaitļi.

Kā rāda vienkāršs novērtējums, vienu tonnu smaga objekta (pavadoņi kopā ar pēdējās pakāpes dzinēju un degvielas tvertņiem) pacelšanai, ja lieto ķīmisku degvielu, vajadzīga raķete ar starta masu ap 100 tonnām. Tātad starta dzinēja vilkmei jāsasniedz vismaz daži simti tonnu. Šāds dzinējs sekundē patērē tonnu degvielas, attīstītā siltuma jauda sniežas desmitos miljonu kilovatu, daudzārt pārspējot pasaules lielāko elektrostaciju jaudu. Dzinēja svars turklāt nedrīkst būt vairāk nekā daži procenti no raķetes kopsvara. Ievērojot vēl, ka konstrukcijai jāiztur mehāniskās slodzes simtos tonnu, augstas temperatūras un spiedienu sadegšanas kamerā, tai jābūt drošai un viegli vadāmai, kļūst skaidrs, ka konstruktoru uzdevums nav no vieglajiem.

Dzinēja un raķetes uzbūves īpatnības un raksturlielumi cieši saistīti ar degvielas izvēli. Dzinēja iespējamo efektivitāti raksturo t. s. īpatnējais impulss I — vilkmes un sekundē patērētās degvielas masas attiecība. Kā viegli pārliecināties, I ir ātruma dimensija, tas pēc fizikālās interpretācijas tuvs reaktīvās strūklas ātrumam sprauslas izejā. No pazīstamās K. Ciolkovska formulas

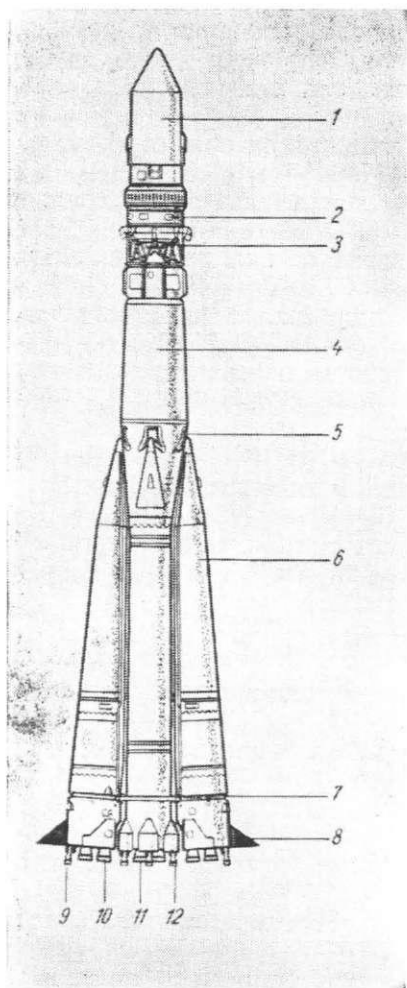
$$\ln(M_0/M_b) = v_b/I,$$

kur M_0 un M_b — attiecīgi raķetes sākuma un beigu masa, v_b — tās beigu ātrums, izriet, ka pat, nedaudz palielinot I , var panākt ievērojamu (eksponenciālu!) pieļaujāmās masu attiecības M_b/M_0 palielināšanos, t. i., vienādos apstākļos ievērojami palielināt derīgo kravu. Taču, lai to izdarītu, jāatrisina ne mazums tehnisku problēmu. No iespējamiem degvielu sastāviem vislielākā energoietilpība un līdz ar to vislielākais īpatnējais impulss ir tādiem grūti iegūstamiem, ķīmiski agresīviem, toksiskiem, grūti glabājamiem oksidētājiem kā fluors, ozons kombinācijā ar tikpat nepateicīgām degvielām — ūdeņradi, kas grūti saglabājams šķidrā stāvoklī un ir ar visai niecīgu blīvumu, hidrazīnu (N_2H_4), amonjaku un citiem slāpekļa savienojumiem, kuru sadegšanas produkti ir toksiski, bet sadeg-

šanas temperatūra ļoti augsta — pārsniedz 4000°C. Tāpēc raķešu tehnikas ritausmā monopolstāvokli ieņēma samērā necilas degvielas, galvenokārt šķidrās skābeklis kombinācijā ar etilspirtu. Lai gan skābeklis pieskaitāms pie efektīvākajiem oksidētājiem, šīs degvielas īpatnējais impulss (ap 2500 m/s) ievērojami mazāks nekā, piemēram, pārim skābeklis—ūdeņradis (3700 m/s). Toties šo abu komponentu ražošana un uzglabāšana ir ļoti apgūta, un degviela izvirza mazākas prasības dzinēja konstrukcijai.

Ap 50. gadu vidu skābekļa—spirta dzinēji, uz kuriem bāzēto ballistisko raķešu lidojuma tālums sasniedza 1000 km, bija praktiski izsmēluši savas iespējas. Dienas kārtībā izvirzījās efektīvāku degvielu apgūšana. Nākamais reālākais pāris bija skābeklis—petroleja, kas gan nepieder pie pašiem labākajiem ($I \approx 3000$ m/s), taču iegūšanas un glabāšanas ziņā ir līdzīgs iepriekšējam, bet būtiski to pārspēj pēc energoietilpības.

Lietojot efektīvu degvielu un forsējot darba procesu sadegšanas kamerā — palielinot tajā spiedienu un temperatūru, jāpieaug gan kameras izturībai, gan dzesēšanas efektivitātei. Abas šīs prasības ļoti drīz nonāk nesamierināmā pretrunā, jo izturīgas kameras ar biežām sienām slikti dzesējas, ir smagas, bez tam sienu materiāls augstā temperatūrā ātri zaudē izturību. Tāpēc izšķiroša nozīme raķešu tehnikas attīstībā bija t. s. lodēti metināto un cauruļsienu kameru konstruēšanai, kas gan PSRS, gan ASV bija uzsākta jau 40. gadu beigās. Šo kameru sienas tiek gatavotas dubultas (jeb kā cauruļvadu sistēma), starp tām atrodas profilēta starplika, kas novada uz ārējo sienu lielāko daļu mehānisko slodžu, reizē veidojot kanālus, pa kuriem pirms nokļūšanas sadegšanas kamerā tiek sūkņēta degviela. Līdz ar to iekšējā siena



1. att. Nesējraķete «Vostok»: 1 — derīgā krava (zem apvalka), 2 — trešā pakāpe, 3 — sastiprinājumu bloks, 4 — centrālais bloks (otrā pakāpe), 5 un 7 — augšējais un apakšējais sānu un centrālā bloka sastiprinājums, 6 — sānu bloks (1. pakāpe), 8 — aerodinamiskais stabilizators, 9 un 10 — sānu bloka stūrēšanas un galvenais dzinējs, 11 un 12 — centrālā bloka galvenais un stūrēšanas dzinējs.

var būt plāna, no samērā neizturīga, bet siltumu labi vadoša vara sakausējuma; cirkulējošā degviela to efektīvi dzesē. Dzinēja vilkme un ekonomiskums var pieaugt, svaram nepalielinoties.

Kosmiskajās trasēs jaunā tipa dzinējs sevi pieteica 1957. gada 4. oktobrī, paceļot orbītā ap Zemi pirmo padomju mākslīgo pavadoņi. Tā konstrukcija bija tik veiksmīga, ka vēl tagad tas ierindojas labāko lieljaudas dzinēju skaitā un tiek plaši izmantots.

Pirmā kosmiskā raķete bija divpakāpju aparāts, kas sastāvēja no centrālā bloka (2. pakāpe) un 4 sānu blokiem (1. pakāpe). Centrālajā blokā uzstādīts dzinējs RD-108, bet katrā sānu blokā — RD-107 (abi atšķiras tikai detaļās, tāpēc tālāk raksturots pēdējais). Visi dzinēji tika ieslēgti vienlaikus, nodrošinot starta vilkmi ap 400 t (raķetes svars 200 t). Pēc 2 minūtēm, 50 km augstumā, sānu bloki tika nomesti, centrālais bloks turpināja strādāt vēl 3 minūtes, paātrinot derīgo kravu līdz 1. kosmiskajam ātrumam.

RD-107 vilkmi, kas tuva 100 t, pamatā rada 4 identiskas kameras, kuras baro viens turbosūknis, sekundē padodot katrā no tām 70 kg degvielas (skābeklis—petroleja) maisījuma, petroleja pirms tam izplūst caur dzesēšanas traktu. Sadegšanas kamerās gāzes spiediens sasniedz 60 atmosfēras (kas ir augsts rādītājs) 3200°C temperatūrā, dzinēja īpatnējais impulss — 3080 m/s. Lai lidojums būtu vadāms, tam ir divas grozāmas stūrēšanas kameras, to vilkme 6 reizes mazāka nekā pamata kamerām. Augsto dzinēja raksturlielumu sasniegšanā būtiska loma ir kompaktajam un vieglajam centrālās dzinēja tipa degvielas sūknim. 4000 kw jaudas turbīnu, kas to griež, darbina ūdeņraža peroksīds. Kopā ar visiem komplektējošiem elementiem dzinēja svars nedaudz pārsniedz tonnu.

Aprakstītā divpakāpju raķete tika izmantota pirmo ZMP ievadīšanai orbītā. Lai palaistu automātiskās starpplanētu stacijas uz Mēnesi un kosmiskos kuģus «Vostok», tai pievienoja trešo pakāpi, kurā uzstādīts vienkameras 5 t vilkmes dzinējs. Šādi konstruētai trīspakāpju nesējaķetei deva nosaukumu «Vostok». Vēlākās tās modifikācijas ar 30 t vilkmes dzinēju trešajā pakāpē no 1964. gada nodrošina kosmisko kuģu «Voshod», «Sojuz», daudzu «Kosmos» sērijas pavadoņu startus. Ar tās četrpakāpju modifikāciju tika palaistas starpplanētu stacijas, kas iegāja orbītā ap Mēnesi (1966), nosēdās uz Venēras (1970).

«Vostok» tipa nesējaķetes ir izcils raķešu būves sasniegums un ilgu laiku nodrošināja PSRS vadošo lomu kosmosa apgūšanā. Līdz 1964. gadam tās celtpējas ziņā bija krietni pārākas par visām citām. Turpmāka-ajos gados tika uzbūvēta virkne spēcīgāku nesējaķešu, tai skaitā «Saturn-1» (ASV), «Proton» (PSRS), «Titan-3» (ASV) un beidzot «Saturn-5» (ASV). Tomēr pirmās kosmiskās raķetes dzinējs turpina kalpot vēl šodien — kā labi apgūts, pietiekami spēcīgs un salīdzinoši lēts aparāts, gan kā prototips tālākiem konstruktoru radošās domas meklējumiem.

A. Zariņš

DESMIT «VENĒRAS»: APARĀTI, LIDOJUMI, REZULTĀTI

Pirms desmit gadiem Venēras pētnieku rokās nonāca pirmie tiešu mērījumu ceļā iegūtie dati par šīs noslēpumainās, mūžam mākoņos tītās planētas atmosfēru — tos bija pārraidījis uz Zemi padomju automātiskās stacijas «Venēra-4» nolaizamais aparāts. Kopš tā laika planētas karstajā un blīvajā atmosfērā darbojušies vēl seši šīs sērijas automātisko staciju nolaizamie aparāti, no pārlidojuma trajektorijas to novērojuši divi amerikāņu «Marineri» un no orbītas ap planētu — divu pēdējo «Venēru» orbitālie aparāti, bet Zemes lielākie kosmiskie radiolokatori zīmējuši aizvien detalizētākas dažu virsmas apgabalu kartes. Visvairāk jaunu ziņu par Venēru šajā periodā atnesuši tieši padomju automātisko starpplanētu staciju lidojumi, kuru pirmsākums atrodams jau 1961. gadā.

«Venēra-1» — automātiskā stacija ar masu 643,5 kg — pirmo reizi devās ceļā uz mūsu kaimiņplanētu 1961. gada 12. februārī, kad bija iestājies kārtējais izdevīgais starta logs šādam lidojumam (tie atkārtojas, kā zināms, ar 19 mēnešu periodu). Šim pirmajam starpplanētu lidaparātam bija jau gandrīz visi mūsdienu automātiskajām stacijām raksturīgie konstrukcijas elementi — liela paraboliska virzienantena, trīssasu orientācijas un stabilizācijas sistēma, aktīvā termoregulācijas sistēma utt. Trūka vienīgi vēl trajektorijas korekcijas dzinēja, un līdz ar to nevarēja rēķināties ar īpaši tuvu planētas pārlidojumu — sagaidāmais attālums bija ap 100 000 km. Tādēļ automātiskajā stacijā uzstādīto zinātnisko instrumentu komplekts bija paredzēts nevis pašas Venēras, bet gan tās apkārtnes un starpplanētu telpas pētīšanai (magnetometrs, mikrometeorītu skaitītājs u. tml.).

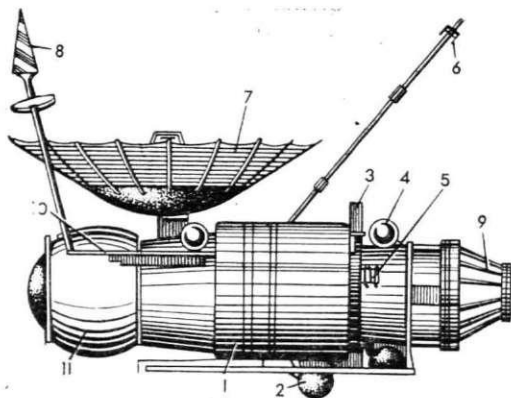
Radiosakarus ar «Venēru-1» neizdevās uzturēt līdz planētas pārlidojumam 19.—20. maijā, taču, ņemot vērā automātiskās stacijas galvenos uzdevumus, to nevar uzskatīt par īpašu neveiksmi. Lidojuma gaitā tika iegūti jauni dati par starpplanētu telpu ievērojamā attālumā no Zemes (līdz 23 miljoniem km) un uzkrāta tehniskā pieredze nākamo, krietni pilnīgāko starpplanētu lidaparātu būvei, kurus varētu nosaukt par padomju automātisko staciju pirmo paaudzi.

Šo kosmisko aparātu konstrukcijas centrālais, nesošais elements bija cilindveida hermētisks korpus, kura iekšienē tur uzstādītajām iekārtām tika uzturēti apmēram tādi paši apstākļi — spiediens un temperatūra — kā uz Zemes. Korpusam vienā galā bija piestiprināts trajektorijas korekcijas dzinējs, otrā — konteiners ar automātiskās stacijas galveno zinātnisko kravu, bet pie korpusa sānu sienas — divi Saules bateriju paneļi, paraboliskā virzienantena, orientācijas sistēmas gaismasjutīgie elementi un daži citi mezgli (1. att.). Vajadzīgā stāvokļa uzturēšanai telpā kalpoja ar saspiestu gāzi darbināmu mikrodzinēju sistēma.

Automātisko staciju vispārējo vadību nodrošināja programmas iekārtas un automātikas bloka izstrādātās, kā arī no Zemes dotās komandas.

Katras pirmās paaudzes padomju automātiskās starpplanētu stacijas kopējā masa bija apmēram viena tonna. Vairumam no tām galvenā zināt-

1. att. Pirmās paaudzes automātisko starpplanētu staciju «Venēra» uzbūve: 1 — hermētiskais korpuss, 2, 3 — orientācijas sistēmas gaismasjutīgie elementi, 4 — orientācijas sistēmas saspiestās gāzes tvertne, 5 — orientācijas sistēmas mikrodzinēji, 6 — magnetometrs, 7 — paraboliskā virzienantena, 8 — mazvirzītā antena, 9 — trajektorijas korekcijas dzinējs, 10 — Saules bateriju panelis, 11 — nolaižamais aparāts.



niskā krava bija aptuveni sfēriskas formas nolaižamais aparāts ar masu 350—500 kg Venēras atmosfēras tiešai pētišanai. Aparāti atdalījās no automātiskajām stacijām planētas tiešā tuvumā un stāvi iegāja tās blīvajā atmosfērā. Ātrumam samazinoties berzes dēļ dažu sekunžu laikā no 11 km/s līdz 200—250 m/s, aparātiem vajadzēja izturēt milzīgas mehāniskas slodzes un ārkārtīgi spēcīgu, lai arī īslaicīgu sakaršanu. Pēc tam, laižoties ar izpletni aizvien dziļāk atmosfērā, iekšienē novietotos instrumentus vajadzēja pasargāt no mazāk augstas, toties ilgstoši iedarbojošās temperatūras un nepārtraukti pieaugošā spiediena. Šo iemeslu dēļ gan pats aparāta korpuss, gan iekārtas bija izveidotas visai izturīgas, bet no ārpuses korpusu klāja divu atšķirīgu veidu siltumaizsardzības slāņi (bremzēšanās posmam un nolaišanās posmam).

Pirmās paaudzes «Venēru» nolaižamie aparāti bija paredzēti galvenokārt planētas atmosfēras parametru — temperatūras, spiediena, blīvuma, sastāva tiešai noteikšanai. Iegūtie dati tika pārraidīti tiešā ceļā uz Zemi, izmantojot nelielu nekustīgu antenu aparāta augšdaļā, ar tempu 1 līdz 16 biti sekundē. Orbitālajos aparātos, kuri sadega, ieejot planētas atmosfērā, bija uzstādīti instrumenti tās augšējo slāņu un planētu aptverošās telpas pētišanai — magnetometri, ultravioletie fotometri, lādēto daļiņu skaitītāji.

Laikā, kad startam tika gatavotas pirmās šī tipa automātiskās stacijas, mūsu zināšanas par Venēru bija visai skopas, galvenokārt planētu klājošās mākoņu segas dēļ. Venēras masas un izmēru līdzība Zemei bija radījusi priekšstatus, ka arī fizikālie apstākļi uz tām nevarētu sevišķi atšķirties. Radioastronomiskie novērojumi gan bija jau devuši pirmos norādījumus, ka uz Venēras jāvalda simtiem grādu karstumam, un tiem par labu runāja arī amerikāņu kosmiskā aparāta «Mariner-2» pārraidītie dati no Venēras apkaimes 1962. gada 14. decembrī. (Bez tam šis aparāts parādīja, ka Venērai nav spēcīga magnētiskā lauka un radiācijas joslu.) Taču, lai droši spriestu par apstākļiem uz Venēras, bija nepieciešami plašāki un tiešāki pētījumi.

«Venēra-2» un «Venēra-3» tika palaistas 1965. gada 12. un 16. novem-

brī un sasniedza mērķi 1966. gada 27. februārī un 1. martā. «Venēra-2» bija apgādāta ar zinātnisko instrumentu kompleksu planētas pētīšanai no pārlidojuma trajektorijas, «Venēra-3» — ar nolaižamo aparātu. Diemžēl īsi pirms planētas sasniegšanas sakari ar abām automatiskajām stacijām pārtrūka un informāciju par Venēru iegūt neizdevās, taču pēc iepriekšējiem trajektorijas mērījumiem izdarītie aprēķini parādīja, ka «Venēras-3» nolaižamais aparāts neapšaubāmi trāpījis pa Venēru, kļūstot par pirmo kosmisko aparātu, kas sasniedzis citu planētu.

«Venēra-4» lidojumu sāka 1967. gada 12. jūnijā un 18. oktobrī nogādāja Venēras atmosfērā nolaižamo aparātu, kurā bija uzstādīti instrumenti temperatūras, spiediena, blīvuma mērīšanai un ķīmiski gāzu analizatori slāpekļa, ogļskābās gāzes, skābekļa, ūdens tvaiku daudzuma noteikšanai, kā arī radioaltimetrs. Darbojoties planētas atmosfērā 93 minūtes, šis aparāts atklāja, ka galvenā tās sastāvdaļa ir ogļskābā gāze, nevis slāpekļis, bet temperatūra un spiediens dziļākajos slāņos sasniedz visai augstas vērtības: ja mērījumu sākumā tās izrādījās $+25^{\circ}\text{C}$ un 0,6 atm, tad 28 km zemāk, sakaru izbeigšanās brīdī, — jau $+270^{\circ}\text{C}$ un 18 atm. Uzreiz gan nekļuva īsti skaidrs, kādam augstumam atbilst šie skaitļi, jo radioaltimetra signāls, vienu iepriekš uzdotu augstuma vērtību fiksējot, konstruktīvas īpatnības dēļ pieļāva divnozīmīgu iztulkojumu. Vēlāk, ņemot palīgā gan Venēru dienu vēlāk pārlidojušā kosmiskā aparāta «Mariner-5» iegūtos datus, gan vienlaikus izdarītās radiolokācijas rezultātus, izdevās noteikt, ka pēdējie skaitļi atbilst nevis Venēras virsmai, bet otrai iespējai — aptuveni 30 km augstumam.

«Venēra-5» un «Venēra-6» startēja 1969. gada 5. un 10. janvārī un sasniedza planētu 16. un 17. maijā, nogādājot tur divus pusotrkārt izturīgākus nolaižamos aparātus. Lai tie nepārkarstu, pirms sasniegti atmosfēras dziļākie slāņi, nolaišanās ātrums bija palielināts, četrkārt samazinot izpletņa platību. Zinātnisko instrumentu komplekts sastāvēja no principā tādiem pašiem, tikai precīzākiem instrumentiem un papildus vēl apgaismojuma mērītāja. Uzlabotais radioaltimetrs spēja fiksēt nevis vienu, bet veselu virkni augstuma vērtību; tā rādījumi bija kļuvuši stingri viennozīmīgi. Mērījumi turpinājās vairāk par 50 minūtēm un izbeidzās $+320^{\circ}\text{C}$ un 27 atm līmenī, radioaltimetriem šajos brīžos parādot 24—26 km un 10—12 km augstumu. Tas nozīmēja (pieņemot vidējo augstuma vērtību 20 km), ka uz Venēras virsmas jāvalda aptuveni $+500^{\circ}\text{C}$ temperatūrai un 100 atm spiedienam.

Tāpat mērījumu veikšanai uz Venēras virsmas bija vajadzīgs daudz izturīgāks, būtībā pilnīgi jauns nolaižamais aparāts, un visai īsā laikā tas tika izveidots.

«Venēra-7» ar šādu nolaižamo aparātu, kas varēja izturēt $+540^{\circ}\text{C}$ temperatūru un 150 atm spiedienu, tika sekmīgi palaista 1970. gada 17. augustā un nonāca pie mērķa 15. decembrī. Šoreiz planētas atmosfērā noietā ceļa aprēķināšanai tika izmantots ar radiotehniskām metodēm (pēc Doplera efekta) mērītais aparāta vertikālais ātrums. Šķērsojīs atmosfēru, aparāts sasniedza Venēras virsmu un turpināja tur darboties vēl 23 minūtes — pirmo reizi uz citas planētas. Pēc nosēšanās radiosignāli kļuva simtkārt vājāki, iespējams tādēļ, ka antena bija pavērsusies projām no

Zemes, taču pēc sarežģītas apstrādes ar ESM tos izdevās pilnībā atšifrēt. Telemetrijas sistēmas komutators visā mērījumu laikā bija palicis vienā stāvoklī, un uz Zemi tika pārraidīts tikai viens no mērītajiem lielumiem — temperatūra, taču ar to pietika, lai aprēķinātu arī spiedienu, jo atmosfēras sastāvs bija zināms jau no iepriekšējiem lidojumiem. Tā beidzot kļuva skaidrs, ka uz Venēras valda $+475 \pm 20^\circ\text{C}$ karstums un 90 ± 15 atm spiediens.

Tas nozīmēja, ka nolaižamā aparāta konstrukciju var nedaudz atvieglot un uz šī rēķina paplašināt tā pētnieciskās iespējas.

«Venēra-8» startēja 1972. gada 27. martā ar uzdevumu nogādāt nolaižamo aparātu planētas apgaismotajā puslodē — tajā šaurajā sirpī, no kura iespējami tieši radiosakari ar Zemi — un sekmīgi paveica šo uzdevumu 22. jūlijā, kad aparāts ar ātrumu 8 m/s nosēdās paredzētajā planētas daļā. Salīdzinājumā ar agrākajām «Venērām» bija mainīts aparāta zinātnisko instrumentu komplekts: tas sastāvēja no temperatūras, spiediena un apgaismojuma mērītājiem, ķīmiska analizatora amonjaka daudzuma noteikšanai un gamma staru spektrometra dažu radioaktīvo elementu daudzuma novērtēšanai Venēras gruntī. Radiosakaru drošuma labad nolaižamais aparāts bija apgādāts ar papildu antenu, kas nosēšanās brīdī tika nosviesta tam blakus uz planētas virsmas un, nostājusies tur apmēram vertikāli, dublēja paša aparāta antenu; šoreiz gan no abām pienāca vienlīdz spēcīgi signāli. Tie pavēstīja, ka uz Venēras dienā ir aptuveni tikpat gaišs, kā stipri apmākušās dienas laikā uz Zemes. Temperatūra un spiediens izrādījās attiecīgi $+470 \pm 8^\circ\text{C}$ un $93 \pm 1,5$ atm; šajos ļoti smagajos apstākļos aparāts darbojās 50 minūtes — papildus 55 minūtēm nolaišanās laikā — un ieguva trīs gamma starojuma spektrus, kuri norādīja uz Venēras iežu līdzību Zemes granītiem.

Tādējādi piecu pirmās paaudzes padomju automātisko staciju nolaižamie aparāti 1967.—1972. gadā ļāva izmērīt Venēras atmosfēras galvenos fizikālos raksturlielumus no planētas virsmas līdz 55 km augstumam un noteikt tās galveno sastāvdaļu — ogļskābo gāzi (dati par mazākajām sastāvdaļām — slāpekli, skābekli, ūdeni, amonjaku nesaskan ar citādā ceļā iegūtajiem un prasa tālākus pētījumus). Paralēli tam šo staciju orbitālie aparāti pirms sadegšanas atmosfērā sniedza vērtīgas ziņas par planētu aptverošo telpu. Šie ievērojamie sasniegumi, kā arī ar «Mariner» tipa aparātiem un astronomijas metodēm iegūtie dati sagatavoja augsni šīs planētas tālākai pētīšanai ar jaunu, daudz sarežģītāku kosmisko aparātu palīdzību.

Jaunās padomju automātiskās stacijas, kuras varētu nosaukt par otro paaudzi, pēc konstruktīvā risinājuma atgādina agrākās — visumā analogiski izvietotī galvenie mezgli, līdzīgos režīmos darbojas vairums sistēmu. Taču staciju masa pieaugusi četrkārt un sasniegusi piecas tonnas, ļaujot gan apgādāt orbitālo aparātu ar tik lielu degvielas krājumu, lai tas varētu ieiet planētas pavadoņa orbitā, gan trīskārt — no pustonnas līdz pusotrai tonnai — palielināt nolaižamā aparāta masu. Līdz ar to šī aparāta konstrukcijā kļuvis iespējams ietvert vairākus jaunus mezglus: aerodinamiskās bremzēšanas disku optimālā nolaišanās ātruma uzturēša-

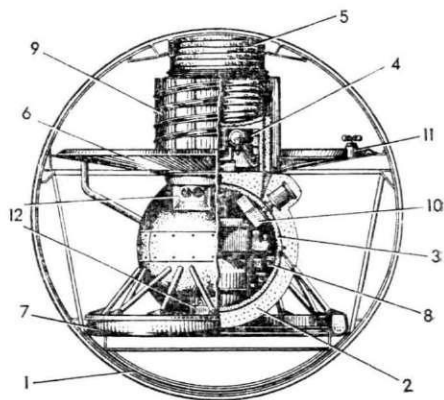
nai bez izpletņu palīdzības (pēc virsmas sasniegšanas tie varētu aparātu pārklāt un traucēt dažu zinātnisko instrumentu darbību), nosēšanās balstu aparāta stabilitātes nodrošināšanai uz planētas virsmas, papildu nodalījumu (ārpus izturīgā korpusa) mākoņu segas pētišanas instrumentiem, kā arī vispār radikāli paplašināt aparāta zinātnisko iekārtu komplektu.

Lai nolaižamo aparātu varētu nosēdināt arī no Zemes neredzamā planētas apgabalā un lai paspētu pārraidīt ievērojami pieaugušo zinātniskās informācijas apjomu — ieskaitot televīzijas attēlus, datu tiešā pārraide uz Zemi aizstāta ar retranslāciju orbitālajā aparātā, šādi paaugstinot pārraides tempu līdz 250 biti sekundē.

«Venēra-9» un «Venēra-10» — pirmās jaunā tipa automātiskās stacijas Venēras pētišanai tika palaistas 1975. gada 8. un 14. jūnijā un sasniedza planētas apkaimi 22. un 25. oktobrī. Kā paredzēts, abu automātisko staciju orbitālie aparāti kļuva par Venēras pirmajiem mākslīgajiem pavadoņiem un vairāk nekā pusgadu ilgi ar trim atsevišķām instrumentu grupām sistemātiski novēroja Venēras mākoņu segu, augšējo atmosfēru un planētu aptverošo telpu, būtiski precizējot un papildinot mūsu priekšstatus par šiem objektiem.

Nolaižamie aparāti uzsāka mērījumus līdz ar galveno izpletņu atvēršanas jau 63 km augstumā — Venēras mākoņos, ar nefelometriem konstatējot, ka tie ir mazāk blīvi, nekā tika uzskatīts agrāk, — kā reta migla uz Zemes. Pēc mākoņu slāņa šķērsošanas 49 km augstumā izpletņi tika nomesti, un aparāti, bremzējoties planētas visai blīvajā atmosfērā tikai ar nelielu diskveida ekrānu, paātrināja kustību pretim Venēras virsmai, kuru sasniedza ar ātrumu 7 m/s. Straujā nolaišanās cauri atmosfēras karstākajiem slāņiem atstāja aparātiem ilgāku darbības laiku pēc nosēšanās — apmēram pa stundai. Sajā laikā uz Zemi tika pārraidītas Venēras virsmas pirmās televīzijas panorāmas, kuras parādīja divus ģeoloģiskā ziņā būtiski atšķirīgus rajonus; iežu blīvuma vērtējums un to gamma starojuma spektri, kas liecināja par līdzību Zemes bazaltiem;

2. att. Otrās paaudzes automātisko starplanētu staciju «Venēra» nolaižamā aparāta uzbūve: 1 — ārējais aerodinamiskās bremzēšanas un siltumaizsardzības apvalks, 2 — izturīgā korpusa siltumaizsardzības slānis, 3 — aparāta izturīgais korpus, 4 — nodalījums mākoņu segas pētišanas instrumentiem, 5 — izpletņu sistēmas nodalījums, 6 — aerodinamiskās bremzēšanas disks, 7 — nosēšanās balsts, 8 — aparāta tehniskās sistēmas, 9 — spirālveida antena, 10 — panorāmas televīzijas iekārta, 11 — vēja ātruma mērītājs, 12 — citi zinātniskie instrumenti.



meteoroloģisko apstākļu un apgaismojuma mērījumi, kuri apstiprināja un precizēja agrākos.¹

Tādējādi otrās paaudzes padomju automātiskās stacijas ļāvušas uz-
sākt gan Venēras virsmas detalizētus pētījumus, gan mākoņu segas īpa-
šību tiešus mērījumus, gan ilgstošus un sistemātiskus visas planētas no-
vērojumus no neliela attāluma. Šo darbu jāturpina nākamajām jaunās
paaudzes automātiskajām stacijām.

E. Mūkins

«SALŪTA-5» FINIŠS

Šā gada 8. augustā beidza lidojumu padomju orbitālā stacija «Sa-
lūts-5», kas bija ievadīta orbitā ap Zemi 1976. gada 22. jūnijā. Saskaņā ar
lidojuma programmu izpildījusi noslēguma operācijas, orbitālā stacija pēc
komandām no Zemes noorientējās telpā, un paredzētajā brīdī ieslēdzās tās
dzinējiekārta. Bremzēšanās rezultātā stacija pārgāja uz nolaišanās tra-
jektoriju, nokļuva atmosfēras blīvajos slāņos virs izraudzītā Klusā okeāna
rajona un beidza pastāvēt.

Ilgstošā lidojuma laikā orbitālajā stacijā «Salūts-5» strādāja divas
kosmonautu maiņas, kurās ietilpa B. Volinovs, V. Žolobovs, V. Gorbatko,
J. Glazkovs. Viņu darba gaitā, kā arī stacijas lidojumā automātiskā
režīmā tika izdarīti vairāk nekā 300 eksperimenti ar ievērojamu zināt-
nisku un tautsaimniecisku nozīmi. Iegūts liels Zemes atmosfēras un vir-
smas veidojumu spektrālo raksturlielumu apjoms. Ar fotoaparātūras kom-
plektu uzņemti plaši Padomju Savienības teritorijas un pasaules okeāna
akvatorijas rajoni. Veikti Saules, Mēness un zvaigžņu novērojumi plašā
elektromagnētisko viļņu diapazonā.

Orbitālās stacijas «Salūts-5» lidojuma programmas ietvaros tika izda-
rīti arī dažādi medicīniski un bioloģiski pētījumi.

1977. gada 26. februārī no orbitālās stacijas atdalījās nolaižamais apar-
rāts, kas nogādāja uz Zemi dažu pētījumu un eksperimentu materiālus.

Lidojuma gaitā gūtos rezultātus plaši izmantos zinātnisku un taut-
saimniecisku uzdevumu risināšanā, kā arī perspektīvu kosmisko aparātu
projektēšanā.

(Pēc TASS ziņojumiem)

¹ «Venēras-9» un «Venēras-10» zinātniskie instrumenti un ar tiem iegūtie rezultāti
sīkāk aplūkoti E. Mūkina rakstā «Venēras-9» un «Venēras-10» zinātniskais veikums»
«Zvaigžņotās debess» 1976./77. gada ziemas numurā, 33.—37. lpp. Bez tam dažas pa-
pildu ziņas par pašu kosmisko aparātu uzbūvi un lidojuma norisi atrodamas «Zvaigžņo-
tās debess» 1975./76. gada ziemas numurā, 20.—22. lpp.

ZINĀTNIEKS UN VIŅA DARBS

N. CIMASOVIČA

IZAKS ŅŪTONS

Šajā gadā pagājis 250 gadu kopš 1727. gada 31. (20. pēc vecā stila) marta, kad miris Izaks Ņūtons, ievērojamais fiziķis, mehāniķis, astronoms un matemātiķis. Viņš ieradies pasaulē Galileja nāves gadā (1642. g. 25. decembrī pēc vecā stila) un bijis tik sīks, ka nelicies dzīvotājs. Un tomēr viņš nodzīvoja labā veselībā vairāk nekā 84 gadus. Viņa tēvs bija sīkzemnieks Linkolnširas grāfistē Vulstorpas ciemā (Anglijas dienvidrītu daļā ap 10 kilometru uz dienvidiem no Grāntemas pilsētiņas); māja, kurā Ņūtons dzimis, vēl saglabājusies. Ņūtona tēvs miris trīs mēnešus pirms dēla piedzimšanas.

Paša Ņūtona dzīvē spilgtu ārēju notikumu nav. Tā noritēja dzimtajā ciemā, tad Grāntemā, Kembridžā un Londonā vai Kensingtonā (kas tagad ir Londonas daļa). No 12 līdz 19 gadu vecumam (ar divu gadu pārtraukumu) Ņūtons dzīvoja Grāntemas aptiekāra Klarka ģimenē un apmeklēja pilsētas skolu, kur mācījās galvenokārt teoloģiju, latīņu, grieķu, senbreju valodas, aritmētiku un ģeometrijas sākumus. 1661. gada jūnijā viņš iestājas Trinitī koledžā Kembridžā kā «sebsaiders», kas nemaksāja mācību naudu, toties apkalpoja bakalaurus, maģistrus un labāk apgādātos studentus.

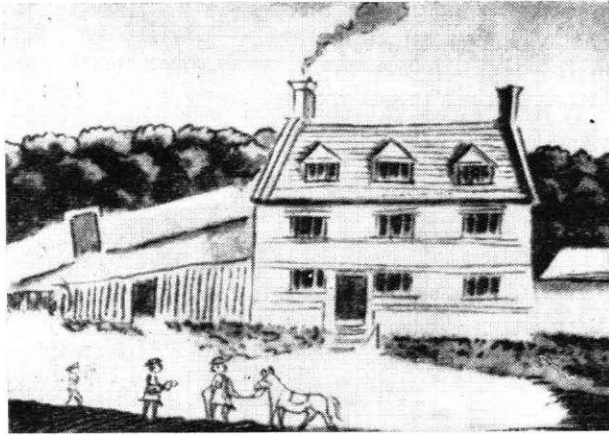
Kad Ņūtons nonāca universitātē, tad reliģiski sholastiskais periods jau bija beidzies. Bez teoloģijas un vecajām valodām Ņūtons studē arī fizikas un matemātikas darbus: Eiklīdu, Dekarta ģeometriju, Volisa aritmētiku un astronomiju. Viņa piezīmju burtnīcā atrodams Kopernika saules sistēmas apraksts.

Ap šo laiku publicētā grāmatā «Jaukais organoms» F. Bēkons teorētiski pamato jaunās eksperimentālās dabaszinātnes, kuru pēdās bija gājis jau Galilejs. Jau 1645. gadā Londonā darbojās dabaszinātnieku pulciņš, kas 1662. gadā izveidojās par Karalisko zinātņu biedrību. Eksperimentālās zinātnes kļuva par vispārīgu aizraušanos.

Ņūtona otrajā studiju gadā par viņa skolotāju kļūst Īzaks Barovs (1630—1677), teologs un matemātiķis. Viņš lasīja lekcijas par optiku un ģeometriju, un Ņūtons piedalījās to izdošanā. 1665. gada sākumā Ņūtons atklāja savu binoma teorēmu ($x+$



1. att. Izaks Ņūtons.

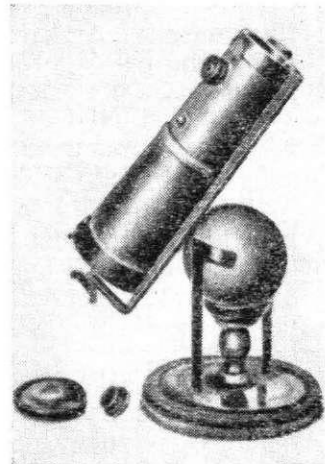


2. att. Māja Vulstorpā, kur dzimis Ņūtons. Pēc Stekeleja 18. gs. zīmējuma.

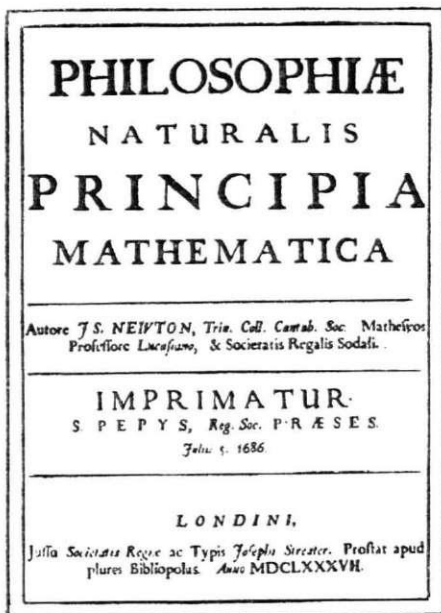
$y^n = x^n + nx^{(n-1)}y + x^{(n-2)}y^2n(n-1)/2 + \dots$, ko induktīvi vispārināja jebkuram reālam kāpinātājam un vēlāk uz tā dibināja daudzus pierādījumus. 1665. gada janvārī Ņūtons iegūst bakalaura pakāpi. Tā kā bija izcēlies mēris, universitāte tika slēgta un Ņūtons aizbrauca atpakaļ uz Vulstorpu, kur nepilnu divu gadu laikā nonāca pie saviem ievērojamākiem atklājumiem: par gaismas sadalīšanu, vispārīgo gravitācijas likumu un fluksiju rēķiniem. Visā tālākajā dzīves posmā viņam atlika tikai šos sākumus pienācīgi izstrādāt. Par fluksiju rēķiniem Ņūtons uzrakstījis vairākus darbus, bet tie visi paliek nepublicēti.

1669. gada oktobrī Barovs matemātikas katedras vadību nodod Ņūtonam, kas kļūst par profesoru 27 gadu vecumā. Viņa pienākums bija lasīt vienu lekciju nedēļā un divreiz nedēļā ar studentiem apspriest jautājumus, kas tos interesē. Ņūtons sāka lasīt lekcijas par optiku. 1668. gadā viņš izgatavojis reflektora teleskopu 15 cm garumā, ar 2,5 cm diametru un 40-kārtīgu palielinājumu; ar šo instrumentu varēja saskatīt Jupitera pavadoņus un Venēras fāzes. Lielāku izmēru teleskopu Ņūtons 1671. gadā aizsūtīja uz Londonu, kur ar to skatījās karalis un Karaliskās biedrības locekļi.

Kad 1672. gada februārī Ņūtons Karaliskajā biedrībā referēja par savu gaismas un krāsu teoriju, pret to iebilda R. Huks (1635—1703), kas uzskatīja, ka viņš jau daudz agrāk



3. att. Ņūtona teleskops reflektors.



4. att. «Dabas filozofijas matemātisko principu» pirmā izdevuma titullapa.

zofijas matemātiskie principi», ko izdeva 1687. gada vidū. «Principos» formulēti Ņūtona mehānikas likumi, kas nosaka ķermeņu kustību (vakuumā, kā arī vidē ar berzi) centrālu spēku iespaidā. Darbā dots Ņūtona gravitācijas likums un uz tā dibinātā planētu, pavadoņu un komētu kustības teorija. Apskatīti arī hidrostatikas un hidrodinamikas jautājumi, piemēram, noteikts rotācijas ķermenis, kas šķidrumā kustas ar vismazāko pretestību. Dota izteiksme viļņa izplatīšanās ātrumam elastīgā vidē un svārstu kustībai vidē ar berzi. Ar šo grāmatu, ko Lagranžs nosaucis par cilvēka prāta augstāko sasniegumu, sākās jauns laikmets matemātisko dabaszinātņu attīstībā.

Pēc «Principu» publicēšanas Ņūtons arvien vairāk nododas sabiedriskām lietām. No 1688. gada līdz 1690. gada februārim viņš bijis Kembriģas universitātes parlamenta loceklis, un tāpēc daudz laika viņam vajadzēja pavadīt Londonā. 1692./93. gadā, kad ugunsgrēkā gājuši bojā daži viņa manuskripti, Ņūtons sasirdzis ar bezmiegu un vajāšanas māniju, bet 1694. gadā ir atkal atveseļojies un turpina izstrādāt Mēness kustības teoriju (tās sākumi jau bija publicēti «Principos»). Šinī sakarībā viņam rodas daudz nesaskaņu ar astronomu Dž. Flemstīdu, kura novērojumu rezultāti Ņūtonam bija nepieciešami, lai pārbaudītu savas teorijas pareizību. Kad Ņūtona draugs C. Montagu 1694. gadā bija kļuvis finansu ministrs, pateicoties viņa gādībai, 1696. gada martā Ņūtonu aicina par naudas kaltuves uzraugu (no 1699. līdz 1725. gadam viņš bija kaltuves

par Ņūtonu izdarījis līdzīgus eksperimentus (piemēram, par krāsām plānās filmās), un apstrīdēja arī Ņūtona prioritāti reflektora teleskopa atrašanās. Kad vēlāk Huks bargi kritizēja arī Ņūtona iesniegto memuāru par gaismas un krāsu teoriju, viņš nolēma par optiku neko nublicēt, kamēr Huks būs dzīvs. Tādēļ Ņūtona divas grāmatas par optiku (uzrakstītas ne vēlāk kā 1678. g.) publicētas tikai 1704. gadā.

Aplūkojot gravitācijas likumu, jāteic, ka domas par spēku, kas liek planētām riņķot ap Sauli pēc Keplera likumiem, nodarbināja daudzus prātus. Par to domāja Huks, arhitekts Vrens, astronoms Hallejs u. c. zinātnieki. 1684. gada augustā Hallejs šo jautājumu uzdeva Ņūtonam, kas apliecināja gatavību to pierādīt. Ņūtons nosūtīja Karaliskajai biedrībai manuskriptu, taču nepiekrita tā publicēšanai, jo bija nodomājis to ietilpināt plašākā darbā. Pēc 18 mēnešu ļoti intensīva darba Ņūtons 1686. gada aprīlī iesniedza Karaliskajai biedrībai trīs grāmatas «Dabas filo-

direktors). Triju gadu laikā Ņūtonam vajadzēja veikt grūtu organizatorisku uzdevumu: izņemt no apgrozības Anglijā sudraba naudu, kurā sudraba nav bijis vajadzīgā daudzumā, un apmainīt to ar pilnvērtīgām monētām. No šī laika Ņūtons dzīvoja Londonā, kur viņa alga, starp citu, desmitkārt pārsniegusi profesora algu Kembridžā. 1705. gada aprīlī Ņūtons aizbrauca uz Kembridžu, lai tur sagaidītu karalieni Annu, kas Ņūtonu iecēla bruņinieku kārtā par nopelniem zinātnē; no šī brīža viņš saucās Sers Izaks Ņūtons. 1699. gadā franču zinātņu akadēmija ievēlēja Ņūtonu par savu ārzemju locekli (tādu bija tikai 8), bet 1703. gada novembrī viņu ievēlēja par Karaliskās biedrības prezidentu.

Ar Ņūtona pārceļšanos uz Londonu 1696. gadā beidzās viņa dzīves grūtais pētniecības darba posms. Atlikušo 31 gadu līdz savai pēdējai dienai viņš bija angļu zinātnes vadītājs. Saglabājušies nostāsti, ka pēdējos gados sēzu laikā savā Karaliskās sabiedrības prezidenta krēslā viņš reizēm licies aizmidzis. Kopš 1725. gada Ņūtons dzīvoja Kensingtonā, kur miris miegā bez sāpēm agrā rīta stundā un ar lielu godu apglabāts Vestminsteres abatijā.

Ņūtona galvenais nopelns matemātikā ir fluksiju rēķini, kuru pamatidejas viņš izstrādājis 1665.—1666. gadā. Šie rēķini līdzvērtīgi diferenciāl- un integrālrēķiniem, kurus atradis G. Leibnics¹ neatkarīgi no Ņūtona. Leibnics tos atklājis 1673. gadā un publicējis žurnālā «Acta Eruditorum» 1682.—1686. gadā, kamēr Ņūtons ar savu metodi nācis klajā tikai 1686. gadā «Principos». Jau 50 gadu pirms Ņūtona un Leibnica atklājumiem pastāvēja bezgalīgi mazo lielumu rēķinu priekštecis, ko sauca par indivisiblo metodi. To lietoja jau J. Keplers (1615) un Galileja skolnieks B. Kavaljēri 1635. g. Kavaljēri metodi tālāk izkopa Voliss, kas savā grāmatā «Arithmetica infinitorum» (1655) izpilda daudzas kvadrātūras, un Barovs savās «Lectiones geometricae» (1670).

Ņūtonam pieder trīs darbi matemātiskajā analizē: Analīze ar bezgalīgi daudz locekļu vienādojumu palīdzību (1655, publ. 1711), Fluksiju un bezgalīgo rindu metode (1670—1671, publ. 1736) un Par likņu kvadrātūrām (1665—1666, pārstrādāts 1670—1680, publ. 1704. g. kā «Optikas» pielikums). Pirmajā darbā Ņūtons noteica x^n (jebkuram n) atvasinājumu un no tā inversā kārtā dabūja pakāpju funkcijas integrālu. Dažādas racionālās, iracionālās un transcendentās funkcijas (kā $1/(1+x)$, $1/\sqrt{1-x^2}$, ...) Ņūtons izteic ar pakāpju rindām. Tās integrējot pa locekļiem, dabū $y = \ln(1+x)$, $y = \arcsin x$, ... rindas. Ar rindu apgriešanu (izsakot x atkarībā no y) dabū pakāpes funkcijas, sīnusa, kosīnusa utt. pakāpju rindas. Ar šo darbu bezgalīgās rindas kļūst par analīzes un tās pielietojuma ļoti svarīgu metodi.

Otrais darbs satur vispilnīgāko diferenciāl- un integrālrēķinu izklāstu. Fluksiju metode šeit izmantota, lai atrisinātu daudzas ģeometriskas problēmas, piemēram, kā līknes pieskaru konstruēšana, liekumu, garumu, kvadrāturu un ekstrēmu noteikšana. Ja divi (vai vairāki) mainīgi lielumi saistīti funkcionālā sakarībā, Ņūtons vienu no tiem uzskata par neatkarīgo (*quantita relata*), otru — par atkarīgo (*quantita corelata*) lielumu.

¹ Skat. «Zvaigžņotā debess», 1971. gada rudens, 36.—37. lpp.

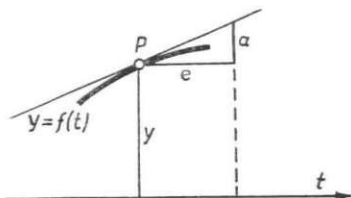
Uzskatāmības dēļ viņš pieņem, ka neatkarīgais lielums ir laiks (bet piezīmē, ka neatkarīgais var būt jebkurš lielums, ar kura vienmērīgo pieaugšanu vai tecēšanu mēro laiku). No laika atkarīgos lielumus sauc par fluentiem un to mainīšanās ātrumus — par fluksijām. Piemēram, ja x ir neatkarīgais mainīgais un o apzīmē tā patvaļīgi mazo pieaugumu, lai noteiktu $y=x^n$ fluksiju, Ņūtons ievēro, ka $(x+o)^n-x^n$ pret o attiecas kā $nx^{n-1}+ox^{n-2}n(n-1)/2+\dots$ pret 1, un, pieaugumam o izzūd, lielumu pēdējā attiecība jeb x^n mainīšanās ātrums ir $y=x^n$ fluksija, ko apzīmē ar \dot{y} . Fluksiju reizinājumus ar o Ņūtons sauc par fluksiju momentiem (Leibnics tos dēvē par diferenciāliem). Ņūtons lieto arī fluksijas fluksiju, ko apzīmē ar \ddot{y} . Šie apzīmējumi vēl saglabājušies mehānikā, citur tos izskauduši daudz ērtākie Leibnica apzīmējumi ar d . Ņūtons formulē fluksiju rēķinu divas galvenās problēmas: 1) zinot punkta noiето ceļu kā laika funkciju, jānosaka kustības ātrums jebkurā mirklī un 2) zinot jebkurā mirklī kustības ātrumu, jāaprēķina noietais ceļš. Pirmo no šīm problēmām atrisina, atvasinot funkcijas vai diferenciējot, otro — integrējot. Ņūtons apskata arī parasto diferenciālvienādojumu atrisināšanu ar bezgalīgām pakāpju rindām. Daži diferenciālvienādojumu veidi atrisināti arī «Principos».

Trešajā darbā Ņūtons sniedz fluksijas definīciju un piemērus. Darba beigās dota galveno racionālo un iracionālo funkciju integrālu tabula, ko mūsu dienās dod parastajos integrālrēķinu pamatkursos (tikai ar citiem apzīmējumiem).

Kaut gan Ņūtons ir tālu no tām matemātiskās stingrības prasībām, kādas 19. gadsimtā izteica Koši un A. Veierštrāss, salīdzinājumā ar saviem laikabiedriem viņš stāv milzu augstumā. Fluksiju rēķinos Ņūtons sākumā lieto bezgalīgi mazos lielumus, bet pēc 1700. gada no tiem izvairās, teikdams, ka matemātikā pat visniecīgākās kļūdas nevar ignorēt. Tagad Ņūtons fluksiju definē kā izgaistošu lielumu pēdējo (vai dzimstošo lielumu pirmo) attiecību; to var izteikt ar patvaļīga garuma nogriežņiem a , e , kas ir proporcionāli pieaugumiem (5. att.). (Kamēr lielumi nav izgaisuši, to attiecība nav pēdējā, bet, kad tie izgaist, to attiecība kļūst $0:0$, kas nav matemātikā lietojams skaitlis.) Iebildumiem, ka izgaistošiem lielumiem nekādas pēdējās attiecības nav, Ņūtons pretstata savu atvasinājuma kinemātisko interpretāciju, apelējot pie acimredzamā fakta, ka kustīgam ķermeņim katrā laika mirklī ir ātrums.

1707. gadā publicētā grāmata «Arithmetica universalis» satur lekciju

vielu, ko Ņūtons lasījis Kembridžā 1673.—1683. gadā. Te apskatīta daļu pievešana pie kopīga saucēja, burtu rēķini, dotas svarīgas teorēmas par simetriskām funkcijām, algebrisko vienādojumu saknēm, to atdalīšanu un reducēšanu. Ņūtons atbrīvo algebru no ģeometriskās formas, kādā to lietoja agrākie autori. Skaitli Ņūtons definē kā jebkura nogriežņa attiecību pret vienības nogriežni. Tas ir svarīgs solis uz priekšu mācībā par reālo skaitli.



5. att. Fluksijas jēdziena ģeometrisks attēlojums.

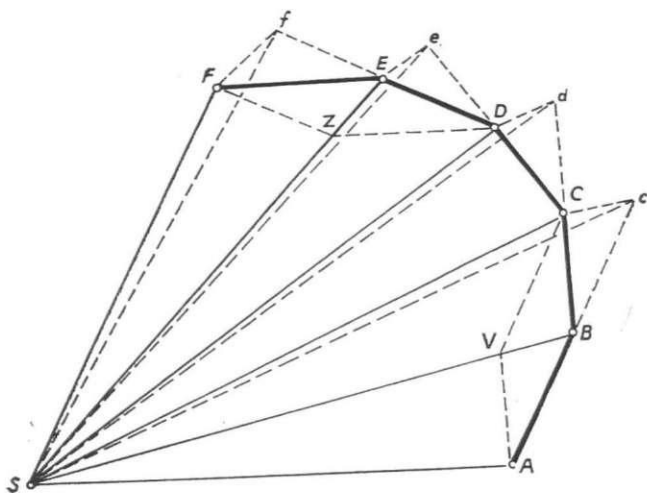
Attiecībā uz debess ķermeņu orbitām Ņūtons «Principos» atrisina jautājumu, kā konstruēt kona šķelumu, kas iet caur dotajiem punktiem vai pieskaras dotajām taisnēm. 1704. gadā publicētā darbā par trešās kārtas liknēm Ņūtons definē šo likņu diametru, centru, asi (līdzīgi kā otrās kārtas liknēm); pēc to īpašībām trešās kārtas liknes viņš sadala 72 klasēs un rāda, ka tās dabū, šķeļot trešās kārtas konu ar plāksni. Izrādījās, ka, projicējot piecas liknes, kuras Ņūtons nosauc par divergentām parabolām, dabū visas pārējās kubikas. Ņūtonu kā matemātiķi lai raksturo gadījums 1696. gadā, kad Johans Bernulli citiem matemātiķiem kā izaicinājumu izsūtījis uzdevumu noteikt vertikālā plaknē divus patvaļīgi dotus punktus savienojošu likni, pa kuru ķermenis slid visīsākā laikā. Ņūtons deva atrisinājumu (likne ir cikloīda) anonīmi, taču Bernulli to atklājis un teicis, ka lauvu pazīst pēc galiem.

Aplūkot jautājumu par gravitācijas likumu jāsāk ar J. Keplera (1571—1630), kas, izmantojot dāņu astronoma Tiho Brahes ilggadīgos Marsa novērojumus, 1609. gadā atrod divus likumus: 1) planēta kustas pa elipsi, kuras vienā fokusā ir Saule, un 2) no Saules uz planētu vilktie rādiusi — vektori vienādos laika sprīžos apraksta vienādus laukumus. Desmit gadus vēlāk Keplers publicē savu trešo likumu: laiku kvadrāti, planētām apgriezoties ap Sauli, attiecas kā vidējo attālumu kubi. Jau Keplers bija izteicis vēl ne gluži skaidras idejas par to, ka Zemes smaguma spēks sniedzas līdz Mēnesim un ka planētu kustību rada no Saules izejošs spēks, kas ar attālumu samazinās. 1673. gadā K. Heigenss (1629—1695) savā grāmatā par svārstu pulksteni bez pierādījuma saka, ka ķermeņa kustībā pa riņķa līniju centrālās spēks ir ātruma kvadrāts, dalīts ar rādiusu. Ķermeņa masas vietā Heigenss runā par ķermeņa lielumu vai svaru. Ņūtons ir pirmais, kas savos «Principos» ievieš matēriju jeb masu, nosakot, ka tā proporcionāla tilpumam un blīvumam. Ņūtons arī ievieš kustības daudzumu (ko tagad sauc par impulsu), nosakot, ka tas ir proporcionāls ātrumam un masai, un formulē savus trīs kustības likumus: 1) katrs ķermenis paliek mierā vai vienmērīgā taisnlīnijas kustībā, kamēr šo stāvokli nespiež mainīt pieliktie spēki; 2) kustības maiņa proporcionāla pieliktajam spēkam un notiek spēka virzienā; 3) darbībai ir pretēji vērsta un vienāda pretdarbība. No šiem likumiem izriet spēku paralelograma likums: divu pieliktu spēku iespaids uz ķermeni ir tāds pats kā viena spēka iespaids, kas vērsts pa paralelograma diagonāli.

Lietojot šīs aksiomas, Ņūtons savus rezultātus pierāda tīri ģeometriskā ceļā.

1. teorēma. Laukumi, ko apraksta no nekustīga spēku centra S uz kustīgo ķermeni vilktie rādiusi, atrodas vienā plaknē un ir proporcionāli to aprakstīšanas laikam.

Pierādījums. Sadalīsim laiku vienādās daļās un pieņemsim, ka pirmajā laika intervālā ķermenis pēc inerces apraksta taisni AB (6. att.). Ja tas nebūtu pakļauts spēka iedarbībai, tad, turpinot iet pa taisni, ķermenis nonāktu punktā c (pēc 1. likuma), noejot ceļu Bc vienlīdzīgu AB , un tad uz spēku centru S vilkto rādiusu AS , BS , cS aprakstītie laukumi ASB un BSc ir vienlīdzīgi. Pieņemsim, ka tad, kad ķermenis nonācis pun-



6. att. Gravitācijas likuma matemātisks pierādījums.

ktā B , uz to iedarbojas centrīces spēks ar vienu, bet toties lielu impulsu, kura dēļ ķermenis novirzīsies no taisnes Ac un turpinās savu ceļu pa BC . Velkam taisni cC paralēlu BS līdz krustpunktam C ar BC . Tad (pēc spēku paralelograma likuma) ķermenis nonāk punktā C , kas atrodas trijstūra ASB plaknē. Novelkam SC . Tā kā SB paralēls cC , tad trijstūru SBC un SBc laukumi vienlīdzīgi, no kā izriet laukumu SAB , SBC vienlīdzība.

Ar līdzīgiem spriedumiem pierāda, ka, ja centrīces spēks iedarbojas impulsveidīgi punktos C, D, E utt., tad visas šīs taisnes atradīsies vienā un tanī pašā plaknē un trijstūru SDC un SBC , SDE un SCD , SEF un SDE laukumi būs savā starpā vienlīdzīgi. Tātad vienādos laika sprīžos tiek aprakstīti vienādi laukumi, kas atrodas nekustīgā plaknē. Saskaitot dabūsim, ka jebkuras šo laukumu summas, piemēram, $SADS$ un $SAFS$ attieksies tāpat kā laiku sprīži, kuros tās aprakstītas. Pēc tam, neierobežoti palielinot trijstūru skaitu un samazinot to augstumus, dabūsim, ka robežgadījumā perimetrs ADF kļūs likne un centrīces spēks, kas visu laiku ķermeni novirza no liknes pieskares, darbosies nemitīgi, aprakstīšanas laiku sprīžiem proporcionāli laukumi $SADS$ un $SAFS$ arī robežgadījumā šiem laiku sprīžiem būs proporcionāli.

Sekas. Kustoties pa taisni AB (ko punkts noiet laika sprīdī τ), inerces spēks ir proporcionāls AB . Vienkāršības labad var pieņemt, ka proporcionalitātes koeficients ir 1. Lai ķermenis, nonācis punktā B , mainītu kustības virzienu un ietu pa BC (ko arī noiet laika sprīdī τ ; te inerces spēks ir vektors BC), pēc spēku paralelograma likuma jāpieliek spēks, ko attēlo paralelograma diagonāle BV .

2. teorēma. Ja ķermenis kustas pa plaknes likni tā, ka rādiusi, kas vilkti uz nekustīgu centru S , apraksta laikam proporcionālus laukumus, tad ķermenis kustas uz punktu S vērsta centrīces spēka iespaidā.

Pierādījums. Pēc teorēmas nosacījuma vienādos laika sprīžos (τ) no ķermeņa uz centru S vērstie rādiusi apraksta trijstūrus SAB, SBC, \dots , kuru laukumi vienlīdzīgi. Līdz ar to punkti A un C ir vienādos attālumos no taisnes BC , kādēļ, ja caur punktu A taisnei BC paralēli vilktā taisne krusto taisni SB punktā V , tad $AV=BC$. Tādēļ četrstūris $ABCV$ ir paralelograms (jo tam divas malas ir paralēlas un vienlīdzīgas). Tas pierāda, ka spēks BV , kas jāpieliek punktā B , lai ķermeni novirzītu no taisnlīnijas kustības, ir vērsts uz centru S .

3. *teorēma.* Ja ķermeņi vienmērīgi apraksta koncentriskas riņķu līnijas, tad centrīces spēki vērsti uz kopīgo centru S un proporcionāli to loku kvadrātiem, ko ķermeņi apraksta vienā un tajā pašā laikā, izdalītiem ar rādiusiem. (Šī teorēma līdzvērtīga Heigensa apgalvojumam.)

Pierādījums. Ja 6. attēlā punkti A, B, C, D, \dots pieder riņķa līnijai ar centru S un rādiusu R un bezgalīgi mazā laika sprīdī τ ķermenis apraksta riņķa līnijas lokus ar garumu s_0 , kas ekvivalenti hordām $AB=BC=CD=\dots$, 2. un 1. teorēmas centrīces spēks proporcionāls $BV=2AC\sin\alpha$, kur α apzīmē leņķi CAB . To mēro ar loka BC pusi, kamēr centra leņķi $BSC=\beta$ mēro ar loku BC . Tā kā $\sin\alpha$ ekvivalents α , tad seko, ka $BV=2\cdot AC\sin(\beta/2)$ ekvivalents AC . $\beta=AC(s_0/R)$ un $AC\sim s_0$, kādēļ BV proporcionāls $s_0^2/R=(s/n)^2:R$, kur s ir loks, ko ķermenis apraksta laika sprīdī $n\tau$. Ja otrs ķermenis, vienmērīgi aprakstot riņķa līniju ar centru S un rādiusu R_1 , tajā pašā laika sprīdī $n\tau$ noiet loku s_1 , tad centrīces spēks proporcionāls $(s_1/n)^2:R_1$ (ar to pašu proporcionalitātes faktoru kā iepriekšējā gadījumā).

Sekas. Ja iepriekšējā teorēmā minēto koncentrisko riņķu līniju aprakstīšanas laiki attiecas kā rādiusu puskubiskās pakāpes, tad centrīces spēki pretēji proporcionāli rādiusu kvadrātiem.

Pierādījums. Ja pirmais ķermenis vienmērīgi apraksta riņķa līniju ar rādiusu R laikā $T=cR^{3/2}$, tad centrīces spēks ir proporcionāls $(2\pi R/T)^2:R=c_1/R^2$.

No šejienes un Keplera 3. likuma (kura pareizība bija pārbaudīta arī Jupitera un Saturna pavadoņiem) izriet, ka Saules un citu debess ķermeņu pievilkšanas spēki, kas liek planētām (jeb pavadoņiem) ap to riņķot, ir pretēji proporcionāli attālumu kvadrātiem. Mūsu dienās gravitācijas spēku starp diviem ķermeņiem ar masām m_1, m_2 un attālumu R izteic ar km_1m_2/R^2 , kur k gravitācijas konstante $=6,67\cdot 10^{-8}$ $\text{cm}^3/\text{grsec}^2$, ko eksperimentāli noteica Kavendišs 1798. gadā.

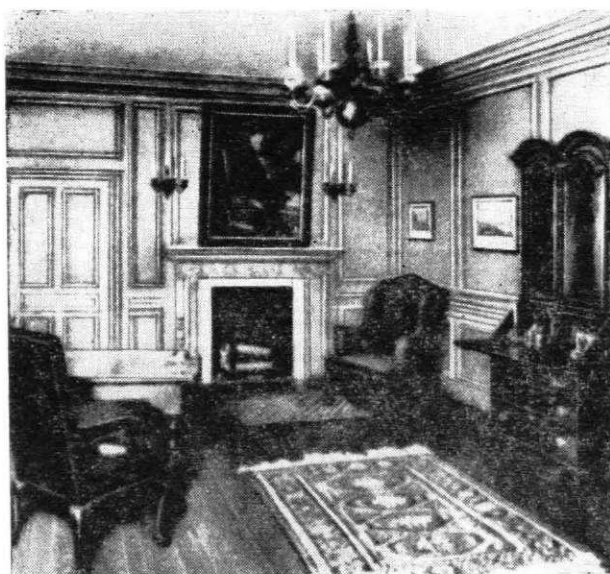
Ņūtons pierāda, ka no gravitācijas likuma seko Keplera likumi (bet trajektorijas var būt arī parabolas vai hiperbolas) un vairāku ķermeņu gadījumā arī seko atkāpšanās no tiem. Ņūtons izskaidro Mēness kustības galvenās īpatnības un dod paisuma—bēguma teoriju.

Geometriskā formā rakstīto pierādījumu dēļ «Principi» ir grūti lasāmi. Analītiskā formā Ņūtona idejas izteicis Eilers, kas savā «Mehānikā» (1736) izstrādājis cietu un šķidru ķermeņu kustības teoriju.

Ņūtona «Principi» ir labākais paraugs, kā zinātniski pieiet dabas un tehnikas jautājumiem; tie noteica fizikas attīstību 200 gadus uz priekšu. Ņūtona klasiskajai mehānikai ir pakļautas lielo ķermeņu kustības. 20. gadsimtā noskaidrojās, ka mikrodaļiņu kustības pakļautas kvantu mehānikai,

kas ir daudz komplicētāka. Ņūtons uzskatīja, ka eksistē absolūts laiks, kas rit vienmērīgi; visi ķermeņi atrodas absolūtā telpā, kas padota Eiklīda ģeometrijas likumiem, un ķermeņu kustība ir absolūta. 20. gadsimtā izrādījās, ka tās ir ilūzijas. Telpas punktu un laika mirkļu attālumi nav noteikti absolūti, bet atkarīgi no references sistēmas. Kad ķermeņa ātrums tuvojas gaismas ātrumam, tad kustība pakļauta Einšteina likumiem, kas ir precīzāki. Ņūtons devis precīzo likumu pirmo tuvinājumu. Bet uzrādītajās robežās (makroķermeņiem ar mazu ātrumu) Ņūtona mehānika savu nozīmi nav zaudējusi.

1666. gadā Ņūtons atklāja, ka baltā gaisma ir salikta no krāsainām gaismām ar dažādiem laušanas koeficientiem. No tā izrietēja secinājums, ka hromātiskās aberācijas novērošanai ir jābūvē reflektoru teleskopī. Pētot gaismas sadalīšanos plānās kārtiņās, Ņūtons atklāja gaismas periodiskās īpašības un bija pirmais, kas izmērīja gaismas viļņu garumu. 1672. gadā darbā «Jaunā gaismas un krāsu teorija» viņš izsaka hipotēzi par gaismas korpuskulāro dabu (Huks un Heigenss aizstāvēja gaismas viļņu hipotēzi). 1675. gadā darbā «Kāda hipotēze, kas izskaidro gaismas īpašības» (publ. 1757) Ņūtons izvirza sintētisku korpuskulāri viļņveidīgo hipotēzi, kurā eksistē ēters un gaismas korpuskulu triecieni rada ēterā viļņus, kas izplatās tālāk. Vēlāk Ņūtons no ētera atsakās, jo tas radītu pretestību planētu kustībai. Ņūtons devis sakarsētu ķermeņu atdzišanas likumu un konstruējis vienu no pirmajiem termometriem (ar lineļļu).



7. att. Ņūtona viesistabas (1710—1725) rekonstrukcija.

Visu mūžu Ņūtons nodzīvojis neprecējies. Skolnieka gadus Grāntemā viņam bija patikusi aptiekāra Klarka audžumeita, bet nākotnē paredzēto studiju dēļ no tās bija jāatsakās. Viņa raksturojusi Ņūtonu kā saprātīgu, klusu un domīgu jaunekli, kas nelabprāt piedalījies savu biedru spēlēs. 1683. gadā Ņūtons algojis asistentu, kas pārrakstījis viņa «Principu» manuskriptu. Pēc asistenta atmiņām, Ņūtons bieži soļojis savā studiju telpā, dziļi iegrimis domās, tikko juzdams, kas notiek viņa tuvumā. Nekad nav redzējis viņu smejamies. Īsi pirms nāves Ņūtons kādam draugam rakstījis: «Es nezinu, kādos ieskatos par mani var būt pasaule, bet man pašam šķiet, ka esmu līdzīgs zēnam jūras krastā, kas priedājas, kad atradis gludāku oli vai skaistāku gliemežvāku nekā parasti, kamēr lielais patiesības okeāns man paliek priekšā neatklāts.»

Literatūra

Сajori F. A history of mathematics. London, 1919. 516 p.

БСЭ. Изд. 2-е, т. 30, с. 237—241.

Вавилов С. И. Исаак Ньютон. Научная биография и статьи. М., 1961. 294 с. Жизнь, отданная науке. Исаак Ньютон. (Адаптация К. И. Ивановой книги автора D. C. Knight). М., 1969. 72 с.

Ньютон Ис. Математическая Начала натуральной философии, I, II, III. Перевод А. Н. Крылова. Пг., 1915—1916. 6 + 620 с.

Исаак Ньютон. Всеобщая арифметика. Перевод, статья и комментарии А. П. Юшкевича. М., 1948, 442 с.

Исаак Ньютон. 1643—1727. Сб. статей под ред. С. И. Вавилова. М., 1943. 440 с. Кудрявцев П. С. Исаак Ньютон. М., 1963. 142 с.

Московский университет — памяти Исаака Ньютона. 1649—1943. М., 1946. 108 с.

KONFERENCES UN SANĀKSMES

ŠĪ GADA UNIVERSITĀTES KONFERENCE

Gadskārtējā LVU zinātniskajā konferencē, kā parasti, viena diena veltīta astronomijas sekcijas sēdei. 16. februārī observatorijas telpās pulcējās abu republikas astronomisko iestāžu — LPSR ZA Radioastrofizikas observatorijas (RAO) un LVU Astronomiskās observatorijas (AO) darbinieki, kurus skaitliski nedaudz papildināja daži nākamie zinātnieki — tagadējie studenti.

Sekcijas vadītāja profesora K. Steina autoritatīvā virsvadībā astronomijas sekcijas sēde risinājās raiti un saistoši. Katras iestādes pārstāvji ziņoja par interesantāko no saviem pēdējā laika posma pētījumiem.

Tā, Dz. Blūms, G. Ozoliņš un M. Eliass (RAO) klausītājus iepazīstināja ar divu daļēju Latvijā redzamu Saules aptumsumu (1975. g. 11. maijā un 1976. g. 20. aprīlī) radionovērojumiem. Noteikti radiostarojuma avoti uz Saules diska, novērtēti to augstumi virs hromosfēras un Saules radio-rādīusi atsevišķās frekvencēs.

Par veiktajiem eksperimentiem ar pasāžinstrumenta līmeņrādi ziņoja P. Rozenbergs (AO). Pētījuma mērķis — noskaidrot, kādu sistemātisku kļūdu laika dienesta novērojumos var ienest pūslīša stāvokļa nolasījumi, ja tie izdarīti priekšlaicīgi (kamēr pūslītis vēl nav paspējis ieņemt attiecīgam instrumenta slīpumam atbilstošu stāvokli).

J. Vjaters (AO) atreferēja uzlabotu vizuālu ZMP novērošanas metodi, kurā fiksē atbalsta zvaigžņu stāvokli, tām šķērsojot pavadoņa novērošanas zonu.

Par pētījumu, kas veltīts dažu elementu izotopu novērojumiem zvaigznēs, ziņoja J. Francmanis (RAO).

Perturbācijas komētu kustībā pētījusi I. Revina (AO). Viņas ziņojums ilustrēja plašās ESM pielietošanas iespējas, modelējot dinamiskus procesus Saulei tuvā kosmiskajā telpā.

Par gāzu dinamiskiem procesiem Saules uzliesmojumos referēja A. Spektors (RAO). Veiktie aprēķini ļauj spriest par šiem visai sarežģītajiem procesiem, kuru sekas ir novērojami radiouzliesmojumi.

Izmantojot vairāku gadu LVU laika dienesta novērojumus, L. Roze (AO) novērtējusi sistemātiskās kļūdas laika dienestu katalogam, kura sistēmā tiek apstrādāti tranzītmomentu novērojumi. Referente parādīja, ka pie līdzīgiem vērtējumiem var nonākt arī, izmantojot citu autoru pētījumus.

M. Paupere (RAO) ziņoja par izstrādāto metodi Saules aktivitātes prognozēšanai nākamajam ciklam. Prognozēts tiek noteiktiem Volfa skaitļu līmeņiem.

Visi nolasītie referāti un ziņojumi izraisīja klausītāju interesi, par ko liecināja daudzie jautājumi un dzīvās debātes. Noslēgumā tika atzīmēts, ka iepriecinoši ir jaunāko darbinieku panākumi. Tēmu izvēle liecina par

modernu pieeju risināmām problēmām. Dzirdētais apliecina, ka zinātniskais līmenis viņu darbiem neatpaliek no vecāko kolēģu veikuma.

Debatēs bija izteikta arī doma, ka nākotnē, lasot līdzīgus referātus, vajadzētu skaidrāk formulēt veicamā pētījuma mērķi, tāpat skaidrāk atdalīt paša referenta izzināto no iepriekš jau zināmā.

Klausītāji atstāja sēdi iepriecināti par zinātniskajiem panākumiem, kas gūti abās republikas astronomiskajās iestādēs pēdējā gada laikā.

Leonids Roze

VISSAVIENĪBAS ASTRONOMIJAS UN ĢEODĒZIJAS BIEDRĪBAS CENTRĀLĀS PADOMES PLĒNUMS

No š. g. 21. līdz 23. februārim Maskavā notika kārtējais Vissavienības Astronomijas un ģeodēzijas biedrības (VAĢB) Centrālās padomes plēnums. Kā zināms, Centrālo padomi ievēl biedrības kongress uz pieciem gadiem. Pašreizējā sastāva Centrālā padome ir ievēlēta biedrības VI kongresā 1975. gadā Erevānā.

Plēnums noklausījās un apsprieda plašu atskaites referātu, kurā apskatīta gan Centrālās padomes Prezidija, gan atsevišķu sekciju darbība. Referātu lasīja viens no biedrības viceprezidentiem profesors L. Hrenovs. Viņš asi kritizēja neaktīvās nodaļas, daļa no kurām pat nav iesniegušas gada atskaiti, toties atzinīgi novērtēja aktīvi strādājošo nodaļu darbu. VAĢB Latvijas nodaļa tika vairākkārt pieminēta šajā atskaites referātā gan sakarā ar aktīvu darbu astronomiskā kalendāra izdošanā, gan astronomijas vēstures un mazo planētu pētīšanā, teleskopu konstruēšanā, inženierģeodēzijā, fotogrammetrijā un citās nozarēs.

Apspriežot atskaites referātu, izvirzījās interesanti priekšlikumi, no kuriem dažus minēsim. Biedrības prezidents PSRS ZA korespondētājlceklis J. Bulanžē izteica domu, ka vēlams mūsu biedrības darbā iekļaut arī ģeofiziku, jo tā ir ļoti tuva nozare astronomijai un ģeodēzijai un šodien ir daudz fundamentālu jautājumu, kuri jārisina šīm zinātņu nozarēm kopīgi.

PSRS ZA Astronomijas padomes priekšsēdētāja vietnieks G. Hromovs minēja, ka biedrības darbā vajadzētu aktīvāk iesaistīt plašās astronomijas skolotāju aprindas; šie skolotāji astronomijā, pēc G. Hromova domām, ir tādi paši «ierindas kareivji» kā mērnieku plašās aprindas ģeodēzijā.

Odesas Valsts universitātes Astronomiskās observatorijas direktors profesors V. Cesēvičs (viņš ir arī VAĢB Odesas nodaļas priekšsēdētājs) teica trauksmes pilnu runu par nepieciešamību aizsargāt astronomiskās observatorijas un to tuvāko apkaimi no piesārņošanas kā šī vārda tiešajā nozīmē (putekļi, dūmi utt.), tā arī no t. s. gaismas piesārņošanas. Pretējā gadījumā astronomiskie novērojumi jau tuvākajā laikā kļūs neiespējami. Pēc profesora V. Cesēviča domām, ir pilnīgi iespējams valsts mērogā novērst rūpniecības objektu, lielu atpūtas namu un citādu traucējošu objektu celtniecību observatoriju tuvumā.

Plēnums noklausījās arī dažus pārskata referātus aktuālās astronomijas un ģeodēzijas nozarēs. M. Marovs (Maskava) stāstīja par jaunākiem planētu pētījumiem, J. Jackivs (Kijeve) — par Zemes rotācijas pētījumiem ar astronomiskām un kosmiskās ģeodēzijas metodēm, J. Einasto (Tartu) — par ārpusgalaktikas astronomiju u. c.

Noslēgumā plēnums pieņēma plašu rezolūciju un piešķīra šā gada kārtējās VAĢB prēmijas (E. Konoņenko prēmijas). Tās saņēma V. Luckis (Maskava) par pabeigto pētījumu VAĢB attīstības vēsturē (no pirmajiem astronomijas pulciņiem pagājušajā gadsimtā Krievijā līdz mūsu dienām) un V. Kovaļs (arī Maskavā) par virkni darbu, kuros pētīti meteorītu krāteri, un hipotēzi par komētu izcelšanos. Saskaņā ar šo hipotēzi komētas rodas, lieliem meteorķermeņiem izsītot lielo planētu pavadoņu ledus garozās pietiekami lielus gabalus. Jāatzīmē, ka tādā veidā gan nevar izskaidrot visu spožo redzamo komētu izcelšanos. Privātā diskusijā pazīstamais speciālists par Saules sistēmas mazajiem ķermeņiem VAĢB Centrālās padomes zinātniskais sekretārs V. Bronštens atzina, ka tas gan esot taisnība, tomēr aprēķini rādot, ka process, kuru pētījis V. Kovaļs, reāli notiekot, tātad ledus gabaliem ar putekļu un gāzu (metāna u. c.) piemaisījumiem jārodas un jāorbitē ap Sauli.

Pirms un pēc VAĢB Centrālās padomes plēnuma notika vēl divas atsevišķas sēdes, veltītas sudrabaino mākoņu pētniecībai. Šajās sēdēs bija nolasīti daži zinātniski referāti, bez tam nolēma arī šogad organizēt līdzīgu pastiprinātu novērošanu kā iepriekšējā gadā.

M. Dirīķis

ASTRONOMIJA SKOLĀ

B. VORONCOVS-VEĻJAMINOVŠ

ASTRONOMIJAS MĀCĪŠANAS AKTUĀLIE JAUTĀJUMI

Astronomijas mācīšanu skolā nosaka šādi elementi: 1) vielas izvēle; 2) programmas uzbūve; 3) mācību grāmata; 4) skolotājs; 5) vietējie apstākļi; 6) iekārta; 7) apmācības metode; 8) sekmju pārbaudes metode.

Protams, visam pamatā ir tas, cik stundu un kad paredzētas astronomijas mācīšanai. Tas nosaka pirmos trīs cieši savā starpā saistītos punktus un arī 7. un 8. punktu. Arī skolotājs saistīts ar stundu skaitu, bet konkrēti gan ar to stundu skaitu, kas bija atvēlēts viņa paša izglītošanai astronomijā pedagoģiskajā institūtā vai universitātē. Šeit nozīme arī fakultātes tipam vienā un tajā pašā augstskolā. Pat astronomijas specialitātē universitātē nākošais skolotājs iegūst maksimālu sagatavotību pašā disciplīnā, taču parasti necik negūst apmācīšanas metodikā vispār un jo sevišķi sava priekšmeta mācīšanā. No mūsu redzes viedokļa tas nav īpašs trūkums. Daudz lielāka nozīme ir brīvai priekšmeta pārvaldīšanai un mīlestībai uz to. Vienīgi ar to var arī skolēnos iepotēt mīlestību pret mācāmo priekšmetu, un tas ir pats galvenais panākumu priekšnoteikums mērķa sasniegšanai.

Skolēns, kas iemīlējis astronomiju, ne tikvien apgūs zinātnes pamatus pēc programmas, bet arī savā tālākajā dzīvē papildinās savas zināšanas, sekos gan ievērojamiem notikumiem, gan arī sīkākai informācijai par notikumiem debesīs un vispār par zinātņi, kas pēta kosmosu un izmanto iegūtās atziņas cilvēces labā.

Zināšanu ziņā otrā vietā, bet pedagoģiskajā ziņā, iespējams, arī pirmajā ir nedaudzie pedagoģisko institūtu beigušie «fizikas un astronomijas» specialitātē. Viņu sagatavošana ir aprobežojusies ar īslaicīgu eksperimentu vienā—divās pedagoģiskās augstskolās. Skolās šādi skolotāji ir tāds pats retums kā pedagogs ar universitātes astronomisko izglītību. Ievērojami vājāki astronomiskajā sagatavotībā ir fizikas skolotāji, vēl vājāki — matemātikas skolotāji un vispēdīgi — ģeogrāfi. (Ja kāds no viņiem ir astronomijas entuziasts, tad tas dod viņam milzu priekšrocības neatkarīgi no pamata specialitātes.) Uzskaitītājā kārtībā samazinās stundu skaits, kas paredzēts astronomijas apmācībai attiecīgajās specialitātēs, pie kam nereti, piemēram, ģeogrāfiem pedagoģiskajos institūtos, matemātiķiem un fiziķiem universitātēs, attiecīgais stundu skaits noslīd līdz nullei.

Paradoksālā kārtā astronomijas apmācība augstskolās samazinās proporcionāli vētrainajai kosmosa pētījumu attīstībai un tās praktiskajai nozīmībai. Taču skolēna un skolotāja apmācīšanai nepieciešamo stundu skaits ir savstarpēji saistīts, un te nu rodas apburtais loks. Skolā astronomijas stundu skaita palielināšana nav iespējama un tādēļ nodarbību

paplašināšana nav iespējama arī pedagoģiskajās augstskolās. Jo mazāka vērība priekšmetam pievērsta skolā, jo mazāk, gluži dabiski, šim priekšmetam gatavojas topošais skolotājs. Stundu skaits, ko atvēl apgūstamajam priekšmetam, nosaka ne tikai sniegto zināšanu apjomu un dziļumu. Tas atspoguļojas priekšmeta nozīmīgumā un izpaužas gan skolēna, gan mācību iestādes administrācijas attieksmē pret priekšmetu. Nepietiekama vērība pret priekšmetu ietekmē arī mācību iekārtu un līdzekļu iegādi. Jo mazāk stundu, jo retāk audzēkņi sastopas ar astronomiju, un aizmirstības moments no stundas uz stundu pieaug. Tas savukārt krasi iespaido zināšanu noturīgumu. Tādēļ mēs jau sen cenšamies pārliecināt skolu mācību plānu autorus, ka tas pats stundu skaits viena pusgada laikā ir daudz efektīvāks, nekā šo stundu izstiepšana pa visu gadu, nodarbojoties reizi nedēļā. No stundas līdz stundai nav grūti aizmirst ne tikai izņemto, bet arī pašu astronomijas eksistenci. Pusgadu ar «koncentrēto» kursu vaja dzētu ieplānot rudenī, jo tad vieglāk izkārtot vakara debess novērojumus, kas ir tik svarīgi, lai apmācības padarītu uzskatāmas.

Ir jāatzīst, ka vidēji astronomijas skolotāju zināšanu līmenis nav augsts, jo teorētiskā sagatavotība un vēl jo vairāk praktiskā neatbilst ne iepriekšējai, ne arī pašreizējai astronomijas programmai.

Novērojumu veikšanā daudzi no skolotājiem ir bezpalīdzīgi, un viņi cenšas visus novērojumus «uzvelt» planetārijam, ja tas ir sasniedzams. Jāpiebilst, ka vēl līdz šim nav izdevies nokārtot apmaksu skolotājiem par ārpusstundu vakara novērojumiem. Pedagoģiskajos institūtos viņi ir apguvuši astronomiju kā trešās nozīmības priekšmetu. Viņi ir maz mācījušies teoriju, bieži vien nav bijusi organizēta nekāda pedagoģiskā un novērojumu prakse, tikai retos gadījumos ir studēta priekšmeta mācīšanas metodika. Nereti augstskolā studentus astronomijā apmāca cilvēki, kam pašiem nav astronomiskas izglītības. Viņiem tā ir tāda pati «papildu slodze» kā astronomijas stundas skolā fizikim vai matemātiķim.

Astronomijas entuziastiem — zinātnes darbiniekiem ir jāsaprot, ka bez skolotāju zināšanu līmeņa celšanas astronomijas mācīšanas līmeņa paaugstināšana ir nereāla iedoma. Mēs uzskatām, ka ļoti enerģiska rīcība šajā virzienā vieglāk var dot panākumus nekā jebkur citur.

Aplūkotie apstākļi kavē astronomijas mācīšanas metodikas attīstību. Skolotāji ir pārslogoti, un viņiem nav iekšējas pārliecības par sava darba nepieciešamību. Atsevišķus rakstus viņi vēl dažkārt publicē, bet ar lielu tēmu izstrādi praktiski nodarbojas tikai augstskolu pasniedzēji un atsevišķi pedagoģisko katedru un akadēmiju darbinieki, kam jāaizstāv disertācijas.

Nesen tika publicēts liels autoru kolektīva darbs «Astronomijas mācīšanas metodika skolā».¹ Tā sarakstīšanā piedalījušies arī astronomi speciālisti. Rezultātā grāmatā neproporcionāli lielu vietu aizņem skolotājam adresētā zinātniskā informācija. Saprotams, galvu reibinošā ātrumā uzkrājoties astrofizikas atziņām, mācību grāmatas atpaliel no zinātnes sasniegumiem, un skolotāju tuvināt tiem ir nepieciešami. Bet drīzāk gan tas

¹ Методика преподавания астрономии в средней школе. М., «Просвещение», 1973.

būtu jādara speciāli šim nolūkam skolotājiem domātā grāmatā vai žurnālu rakstos. Skolotāja pārslogošana ar informāciju sarežģī jau tā viņam neskaidro mācīšanas metodiku. Zināmus sarežģījumus var ienest mācību grāmatas paragrāfu numerācijas izmaiņas salīdzinājumā ar tās iepriekšējiem septiņiem izdevumiem un atsaukšanās uz paragrāfiem minētajā «Metodikā». Pēc PSRS Izglītības ministrijas metodiskās komisijas locekļu pieprasījuma jautājums par spektrālo analīzi novirzīts uz astrofizikas kursa daļas sākumu cerībā, ka līdz tam laikam fizikas stundās jau būs izņemti spektrālās analīzes pamati.

Materiāla atlase, programmas uzbūve un mācību grāmata ir ļoti cieši saistītas savā starpā. Mācību grāmatas kritika augstprātīgā labvēlībā atzīmē: «Vainīga nav grāmata, bet programma, pēc kuras tā uzrakstīta.» Un šeit daudzi ir vienprātīgi, taču viņu vienprātība izpaužas tikai formulējuma lakonismā un kategoriskumā. Bet neviens kritiķis nedod konkrētu atbildi, ko tad īsti vajag izmainīt programmā. Daži runā par nepieciešamību Saules sistēmas ķermeņus aprakstīt attāluma kārtībā no mums jeb pēc to izmēriem. Strīdēties par šāda rakstura jautājumiem mums liekas smieklīgi un nevajadzīgi. Atbildēsim vienīgi uz nepamatoto prasību aplūkot Sauli agrāk nekā planētas, jo uz planētām iedarbojas Saules vējš. Patlaban daudzi astrofizikas jautājumi ir tā savijušies savā starpā, ka nav viegli izšķirt, kurš no tiem jāiztīrā vispirms. Dotajā gadījumā minētā piezīme ir vietā, bet tai jāpiekāpjas cita, vēl svarīgāka apsvēruma priekšā. Aplūkojot Sauli, stāsts par Saules vēju, pat kopīgi ar tās enerģiju, būs tikai mazākā daļa no visas tēmas izklāsta. Saule jāanalizē kā vienīgā zvaigzne, kas pieejama sīkākai izpētei. Reizē jāaplūko parādības plazmā un viss pārējais, kas cieši saistīts ar zvaigznēm. Materiālu, kas domāts izpratnes veidošanai par šiem Visuma pamatelementiem, nedrīkst saskaldīt pa dažādām grāmatas daļām, kas atrodas tālu cita no citas. Iestarpinot šajā materiālā nodaļas par planētām, komētām, meteoriem u. c., rodas vairāk nekā mēneša starplaiks, kas traucē vielas apguvi. Vissvarīgākais jēdziens par zvaigžņu būtību jāveido, virzoties no vistuvākās un vislabāk izziņātās zvaigznes — no Saules. Saulei mūsu dzīvē ir nozīme kā siltuma avotam, tas ir zināms arī bez speciālām astronomijas studijām. Taču astronomijas stundās svarīgs ir nevis šis fakts, bet gan Saules līdzība ar neskaitāmām zvaigznēm, līdzība pēc savas būtības un ideju kopuma, kas ar tām saistīta metodiski. No karstās plazmas iztīrājuma pārsvieties uz citiem aukstiem ķermeņiem — planētām un meteoriem un pēc tam atkal pie karstās plazmas, par kuru skolēni jau paspējuši aizmirst — tas būtu galīgi neracionāli.

Daži programmas un mācību grāmatas kritiķi nesaprot astronomijas kursa uzdevumus vispārīzglītojošā skolā. Šie uzdevumi ir: iepazīstināt audzēkņus ar vienkāršākajām debess parādībām un to zinātnisko izskaidrojumu, ar astronomijas nepieciešamību cilvēcei, ar galvenajiem pamatiem, ko dialektiski materiālistiskajai Visuma ainai dod mūsdienu astrofizika. Tas ir skolas astronomijas kursa galvenais mērķis, kuru sasniegdot tiek noslēgta skolēna fizikāli matemātiskā izglītība. Daži speciālisti, veidojot mācību programmu, prasa tādu iedziļināšanos astrofizikas jautājumu izklāstā, ka vidējam skolēnam daudzas fizikālās detaļas paliks

nesaprastas (ja to iztirzājums vispār iespējams atvēlēto stundu ietvaros). Aizrādījums uz šīm grūtībām saņem atbildi: «Lai arī 99 bērni no simta to nesapratis, toties mēs sagatavosim vienu astronomijas speciālistu.» Komentāri te lieki. Astronomus speciālistus (bet viņu, starp citu, nevajag daudz) var sagatavot pulciņos, bet ne obligātajās stundās vispārizglītojošā skolā. Daži astronomi profesionāli uzskata, ka viņi «pazīst skolēnus, viņu sagatavotību un intereses», patiesībā balstoties tikai uz pulciņu darba pieredzi ar viszinātniskākajiem un lielākoties vispējīgākajiem skolēniem. Tas ne tuvu nav viss, kas jāzina par vispārizglītojošo skolu, lai sastādītu pareizu programmu un mācību grāmatu. Bez tam šādi «novatori» piedāvā arī radikāli jaunu metodiku. Šī metodika liek virzīties no teorijas uz konkrēto novērojamo parādību aprakstīšanu, turklāt ievērojami vienkāršojot pēdējo. Tādējādi tiek aizmirsta prakses primaritāte attiecībā pret teoriju un tas, ka teorija izriet no milzīga faktu daudzuma vispārinājuma un ka skolā «objektu apraksts» vairs nav vienkāršs apraksts, bet gan «koncentrēts» no skolēniem neaizsniedzamās novērojumu masas. Virzība no vispārīgā uz atsevišķo, no abstraktā uz konkrēto, kā aicina daži metodisti, ir pretrunā arī ar zinātnes attīstību un visu pedagoģisko pieredzi. Turpinoties ministriju darbinieku vienaldzīgajai nostājai pret astronomiju, šāda jauna apmācības metode var tikt pieļauta, bet tas savukārt varētu izraisīt gan skolēnu, gan skolotāju protestus pret astronomiju kā priekšmetu.

Lielas briesmas slēpj arī ne vienu reizi izvīzītais un tagad no jauna piedāvātais fiziķu projekts — iekļaut astrofizikas jautājumus fizikas kursā, bet astronomiju kā patstāvīgu priekšmetu likvidēt. Diemžēl šo projektu atbalsta arī daži profesionāli astrofiziķi, kas aizmirst astronomijas specifiku un klasiskās astronomijas mantojuma atmešanas iespējamās kaitīgās sekas. Šis klasiskās astronomijas mantojums bija tieši tas, kas apbruņoja cīnītājus ar materiālistisko pasaules uzskatu, kas ikdienā izskaidro skolēniem notiekošās parādības un kam ir visplašākais pielietojums cilvēka praktiskajā darbībā. Saprotams, ielēdzot dažus astrofizikas jautājumus fizikas kursā, fizikas skolotāji iegūtu rezervē liekas 35 stundas, no kurām astrofizikai viņi varētu atļauties līdz 10—15 stundām. Jebkura, pat neliela iedziļināšanās astrofizikas jautājumos pašreizējās programmas ietvaros iespējama vienīgi, sāsinot jau tā stipri sāsināto klasiskā kursa daļu. Bet, piemēram, šauras specialitātes — astrometrijas — pārstāvji bargi nosoda mācību grāmatu par to, ka tā neietver refrakcijas, precesijas, nutācijas un aberācijas izklāstu. Daži pedagoģisko augstskolu mācību spēki gan to neatbalsta, bet arī viņi asi uzstājas pret dažādiem «šaubīgiem jauninājumiem» un «apšaubāmām teorijām», kā kvazāriem, pulsāriem, «melniem caurumiem» un odiozo Metagalaktikas izplešanos. Tas liek atcerēties, ka ne tikai teoriju par «Visuma izplešanos», bet arī pašu relativitātes teoriju daži «ideologi» 30. gados pasludināja par nolādētu.

Atgādināsim, kā radās tagadējā astronomijas mācību programma. Programmu komisijai bija iesniegti vairāki programmu varianti, tai skaitā arī no Pedagoģisko Zinātņu akadēmijas un Maskavas Valsts pedagoģiskā institūta astronomijas katedras. Pēc zinātniskām un mācību iestādēm, akadēmijām, biedrībām un atsevišķiem speciālistiem izsūtīto programmu

projektu ilgākas apspriešanas tika pieņemts programmas galīgais variants. Savā pamatā pašreizējā programma atspoguļo vairākumu no izteiktajām rekomendācijām, un, pēc mūsu domām, tā ir saprātīga rezultējoša starp astrometriem, no vienas, un astrofizikiem, no otras puses.

Noslēdzot pārdomas par mācību grāmatu, vēl jāatgādina par milzīgajām grūtībām, ko veido pretrunas starp programmas apjomu un mācību grāmatas skopo apjomu. Grāmatas tekstam Izglītības ministrija noteica normu — 3 lappuses katrai stundai, resp., 100 lpp. jeb 6 autorlokšnes. Pēdējos gados bija iesniegti divi jauni grāmatas rokraksti, kurus nevarēja pieņemt jau tādēļ vien, ka tie pārsniedza pieļaujamo apjomu par 20—30%. Manuskripta saīsināšana novestu autorus pie tās problēmas, ar kuru, grāmatu rakstot, sastapāties arī mēs. Tāda saīsināšana ar noteikumu saglabāt visus programmā paredzētos jautājumus neizbēgami pasliktina manuskripta kvalitāti, jo arī paplašinātajā veidā daudzi jautājumi izklāstīti ļoti īsi. Pilnīgi saprast to var tikai tas, kurš pats ir pamēģinājis aplūkot 100 lappusēs visu, kas ietverts skolas programmā.

Minētā ilustrēšanai var noderēt šāds piemērs. PSRS Izglītības ministrijas astronomijas zinātniski metodiskās komisijas priekšsēdētājs ir pazīstamais Saules speciālists E. Kononovičs. Sīki pārzinot priekšmetu, viņš uzrakstījis nodaļu par Sauli krājumā «Astronomijas mācīšanas metodika vidusskolā» un rakstu žurnāla «Физика в школе» 1973. gada 6. numurā. Šeit uz 8 lappusēm autors sniedz skolotājam daudz papildu ziņu, galvenokārt par Saules iekšējās uzbūves teoriju. E. Kononovičs un J. Strauts tajā pašā žurnālā sniedz derīgu rakstu par Saules tēmas mācīšanu skolā. Raksta apjoms arī 8 lpp. Salīdzinājumam jāatzīmē, ka grāmatā Saules būtībai veltītas 5 lpp. teksta, kas apmēram atbilst divām stundām, ko tēmai atvēl programma. Autori to zina un brīdina lasītāju: «Ziņas, kas neizbēgami analogas mācības grāmatā sniegtajām, koncentrētas līdz minimumam un vispār saglabātas tikai tāpēc, lai būtu iespējams saistītāk izklāstīt materiālu.» Puse no raksta veltīta vēlamiem mācību grāmatas papildinājumiem. Pārējo vietu aizņem tēmas izklāsta metodika, turklāt, neapmierinoties ar šiem papildinājumiem, autori rekomendē izmantot Saules iekšējās uzbūves teorijas aprēķinus, kas «pieejami skolēna saprašanai», bet kas atrodami universitātes kursā astronomijas specialitātes studentiem. Un tas viss ierindas skolēnam!

Bez šaubām, rekomendētais stundu saturs un atbildes uz 30 jautājumiem, kas uzdoti skolēniem, ļaus daļai skolēnu izprast to, kas ir Saule.

Bet, lūk, autoru ieteiktais materiāls jau pēc apjoma vien (nerunājot jau par tā sarežģītību) prasa četru stundu izklāstu. Atbildes uz minētajiem 30 jautājumiem aizņems vēl veselu stundu. Kur ņemt liekas 3—4 stundas? Ja ar tādām pašām speciālista zināšanām tikpat sīki būtu izstrādātas visu programmas nodaļu metodikas, ko gan spētu iesākt ierindas skolotājs? Reālajos apstākļos skolotājam vislielākās grūtības sagādā grāmatas materiālu iekļaut reālajā stundu skaitā.

Mēs uzskatām, ka metodistu un skolotāju uzdevums ir izstrādāt visefektīvākās un ātrākās zināšanu pārbaudes metodes (astronomijas skolotāja laika trūkuma apstākļos) un vispusīgas skolēnu patstāvīgā darba pastiprināšanas metodes.

ZVAIGŽNOTĀ DEBESS 1977. GADA RUDENĪ

RUDENĪ REDZAMIE ZVAIGZNĀJI

Rudens sākas, Saulei ieejot rudens punktā 23. septembrī 6st30^m, un beidzas 22. decembrī 2st24^m pēc Maskavas dekrēta laika, kad Saule ietiet ziemas saulgriežu punktā.

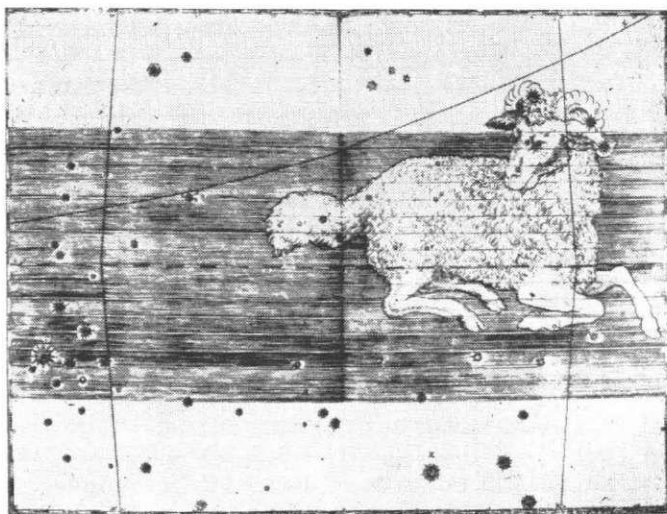
Debesei rudenī raksturo daudzi un krāšņi zvaigznāji. Nedaudz ielūkosimies to gaitā pie debess sfēras.

23. septembrī, Saulei rietot, debess rietumu pusē vēl redzams Vēršu dzinējs. Tā spožākā zvaigzne α — Arkturs — ir pirmā zvaigzne, ko ieraudzīja 1635. gadā dienā ar tālskatu. Kad sāk jau krēslot, debess rietumu pusē augstu virs horizonta var saskatīt Herkulesu. Tajā nav ļoti spožu, bet ir daudz 3. lieluma zvaigžņu. Aiz Herkulesa seko Liras zvaigznājs ar spožo zvaigzni Vegu, kuru pazīst katrs interesents. Kad debesis jau satumsušas, visā savā krāšņumā dienvidos redzams Gulbja zvaigznājs. Šim zvaigznājam ir krusta veids, kas atrodas Piena Ceļa joslā. Krusta galvenajā daļā, kas iet no ziemeļaustrumiem uz dienvidrietumiem, atrodas zvaigznāja spožākā zvaigzne α , kuras spožums ir 1^m,5. Ievērojama ir Gulbja β zvaigzne, kurai 1838. gadā pirmajai aprēķināja paralaksi. Debess ziemeļrietumos redzams Lielais Lācis jeb Lielie Greizie Rati, kurus pie debesīm, šķiet, māk atrast visi. Tam raksturīgas 7 spožas zvaigznes, no kurām 6 ir otrā lieluma un viena (δ) — trešā lieluma zvaigzne. 20° uz ziemeļaustrumiem no Arktura atrodas krāšņais Ziemeļu Vainags, kura spožākās zvaigznes veido gandrīz precīzu pusapli. Ziemeļos starp zenītu un polu atrodas Cefejs. Šī zvaigznāja izmēri ir lieli, taču tajā nav spožu zvaigžņu: spožākās pieder trešā lieluma klasei. Ievērojama ir Cefeja zvaigznāja δ : tā ir zvaigzne, kuras vārdā — cefeidas — nosaukta vesela maiņzvaigžņu grupa. Dienvidaustumos atrodas Pegazs, kuru senās zvaigžņu kartēs attēlo spārnota zirga veidā. Šis zvaigznājs aizņem pie debesīm lielu platību. Raksturīga figūra zvaigznājā ir «lielais četrstūris», kuru veido četras otrā lieluma zvaigznes: Pegaza α , β , γ un blakus esošā Andromedas zvaigznāja α . Andromedā atrodas Andromedas miglājs (M 31), ko skaidrā bezmēness naktī var saskatīt ar neapbruņotu aci.

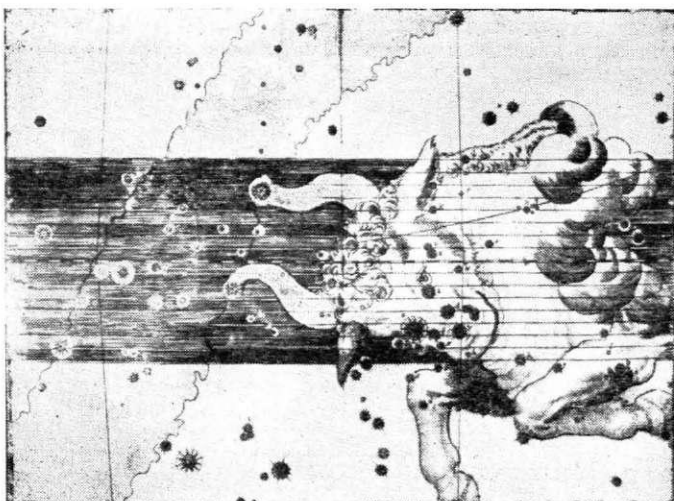
Ziemeļaustrumos, Lielajam Lācim pretējā pusē no pola un apmēram tādā pašā attālumā no tā kā Lielā Lāča raksturīgākās zvaigznes, atrodas Kasiopeja. Šī zvaigznāja galvenā daļa sastāv no piecām spožām zvaigznēm, kas veido izstieptu burtu W. Tālāk seko Trijstūris, mazs, neievērojams zvaigznājs, jo tā spožākās zvaigznes ir trešā un ceturta lieluma. Taču tam ir sena vēsture — tas ir viens no Ptolomeja 48 zvaigznājiem. Debess sfērai griežoties, virs horizonta paceļas zodiaka zvaigznājs Auns. Kā zināms, par zodiaka zvaigznājiem sauc tos, caur kuriem iet Saules šķietamais gada ceļš — ekliptika. Var atzīmēt, ka Auna γ ir viegli novērojama dubultzvaigzne. Nākamais virs horizonta paceļas zodiaka zvaigznājs Vērsis, ko raksturo divas zvaigžņu grupas — Plejādes (Sietiņš) un Hiādes. Pēdējām raksturīgs V burta veids. To spožākā zvaigzne — Vērša



1. att. Pegaza zvaigznājs no 1723. gadā izdotā J. Baiera atlanta «Uranometrija».



2. att. Auna zvaigznājs no «Uranometrijas».



3. att. Vērša zvaigznājs no «Uranometrijas».

α (Aldebarans) — sarkana pirmā lieluma zvaigzne. Vedēju, kuru vecās zvaigžņu kartēs parasti attēlo kā vīru, kura rokās ir kaza un kazlēni, viegli pazīt pēc spožas dzeltenas zvaigznes — Kapellas, kuras spožums vienāds Vegas spožumam. Rīta pusē virs horizonta sāk celties skaistākais ziemeļu debess zvaigznājs — Orions. Tā spožākā zvaigzne Betelgeize ir pirmā lieluma maiņzvaigzne ar nelielu spožuma maiņas amplitūdu. Pazīstamo Oriona jostu veido trīs otrā lieluma zvaigznes. Šīs jostas ziemeļu malai iet cauri debess ekvators. Tālāk seko nākamais zodiaka zvaigznājs Dvīņi, kurā atrodas vasaras saulstāvju punkts. Raksturīgākās tā zvaigznes ir α (Kastors) un β (Pollukss). Uzlēcošās Saules staros parādās zodiaka zvaigznājs Lauva.

Zemei veicot gada kustību ap Sauli, naktis kļūst arvien garākas, vieni zvaigznāji kļūst neredzami un to vietā parādās citi. 23. decembrī pēc Saules rieta debess ziemeļrietumos tuvu horizontam atrodas Herkules, rietumu pusē redzams vēl Gulbis, zenītā uzkāpis Cefejs. Debess dienvidu daļā atrodas Pegazs, kam seko Andromeda un Kasiopeja. Dienvidaustrumos redzamas Živis, tālāk Trijstūris, Auns, Persejs, Vērsis, Vedējs. Uz horizonta debess austrumos saskatāms Dvīņu zvaigznājs, uz ziemeļiem no zenīta redzams Lielais Lācis. Zemei griežoties, augšup kāpj Orions. Paceaļas zodiaka zvaigznājs Vēzis. Šajā zvaigznājā nav spožu zvaigžņu, tam raksturīgs miglājs ar nosaukumu Praesepe. Uz austrumiem no Vēža atrodas skaistais Lauvas zvaigznājs. Arī tas ir zodiaka zvaigznājs. Tā spožākā zvaigzne Reguls jeb «Lauvas sirds» ir pirmā lieluma zvaigzne. Trīs nākamās spožākās zvaigznes ir otrā lieluma. Visas šīs četras spožākās zvaigznes veido raksturīgu četrstūri. Zemes diennakts rotācijas dēļ virs horizonta paceļas nākamais zodiaka zvaigznājs Jaunava. 10° uz dienvid-

diem no debess ekvatora atrodas šī zvaigznāja α — Spika — 1,5. lieluma zvaigzne, kas krasi izdalās uz apkārtējo vājo zvaigžņu fona. Šī zvaigzne kopā ar Denebolu (Lauvas β) un Arkturu veido vienādmalu trīsstūri. Tālāk virs horizonta paceļas rudens sākumā vakarā redzami zvaigznāji Vedējs, Ziemeļu, Vainags, Herkules. Saulei lecot, debess austrumu pusē redzama Lira un pie horizonta uzlēcošās Saules staros izplēn Gulbja zvaigznājs. Sajā laikā dienvidaustrumos zemu pie horizonta atrodas zodiakālais Svaru zvaigznājs, kurā nav spožu zvaigžņu. Tā spožākās zvaigznes α , β un γ veido nelielu trīsstūri.

PLANĒTAS

Merkuru var mēģināt saskatīt septembra otrajā pusē no rītiem, kad tas atrodas Lauvas zvaigznājā. Pēc tam tas pāriet Jaunavas, Svaru, Skorpiona, Čūskeša un Strēlnieka zvaigznājos un nav saskatāms. Rudens sākumā Merkurs attālinās no Zemes, 26. oktobrī sasniedz lielāko attālumu un tad sāk pakāpeniski tuvojies Zemei. Tā redzamais rādiuss mainās no 2",3 līdz 4",9. 20. novembrī tas atrodas 4° uz dienvidiem no Nep-tūna. 11. decembrī Merkurs atrodas 6° uz dienvidiem no Mēness.

Venēra labi redzama no rītiem, kad tā atrodas Lauvas, Jaunavas un Svaru zvaigznājos. Decembrī tā pāriet Skorpiona un Čūskeša zvaigznājos un nav saskatāma. Tās redzamais rādiuss mainās no 6",0 līdz 5",0. 20. novembrī tā atrodas 0°,9 uz ziemeļiem no Urāna, 11. oktobrī — 4° uz ziemeļiem no Mēness, bet 10. novembrī tā ir 0°,1 uz ziemeļiem no Mēness.

Marss sākumā atrodas Dviņu, vēlāk Vēža zvaigznājā, tāpēc rudens sākumā tas jāmeklē no rītiem, vēlāk jau nakts otrajā pusē. Visu gadu tas tuvojas Zemei. Tā redzamais rādiuss mainās no 3",4 23. septembrī līdz 6",3 21. decembrī. 6. oktobrī tas atrodas 6° uz ziemeļiem no Mēness, 3. novembrī un 1. decembrī 7° uz ziemeļiem no Mēness.

Jupiters atrodas Dviņu zvaigznājā, rudens sākumā redzams no rītiem, vēlāk labi saskatāms visu nakti. Šī planēta visu rudeni tuvojas Zemei, tās redzamajam rādiusam palielinoties no 18",1 līdz 22",1. 4. oktobrī, 1. un 28. novembrī tas atrodas 5° uz ziemeļiem no Mēness.

Saturns atrodas Lauvas zvaigznājā, tādēļ rudens sākumā saskatāms no rītiem, vēlāk jau nakts otrajā pusē. Planētai tuvojoties Zemei, tās redzamais rādiuss palielinās no 7",5 līdz 8",6. 9. oktobrī, 5. novembrī un 3. decembrī tas atrodas 5° uz ziemeļiem no Mēness.

Urāns atrodas Svaru zvaigznājā un sāk parādīties no rītiem tikai rudens beigās. Tā redzamais rādiuss 1",8. 14. oktobrī un 8. decembrī tas atrodas 2° uz dienvidiem no Mēness. Urāna saskatīšanai vajadzīgs tālskatis.

MĒNESS

● Jauns Mēness	☾ Pirmais ceturksnis
12. okt. 23 st 32 ^m	19. okt. 15 st 46 ^m
11. nov. 10 10	18. nov. 0 53
10. dec. 20 33	17. dec. 13 38

☾ Pilns Mēness

27. sept.	11 st 18 ^m
27. okt.	2 36
25. nov.	20 32

☾ Pēdējais ceturksnis

5. okt.	12 st 21 ^m
4. nov.	6 59
4. dec.	0 17

METEORI

8.—11. oktobrī Drakonidas, 14.—20. Tauridas, 14.—26. Orionidas. 10.—18. novembrī Leonidas, 15.—27. Andromedidas.
1.—17. decembrī Geminidas, 10.—23. Ursidas.

APTUMSUMI

27. septembrī notiek pusēnas Mēness aptumsums. Tas redzams Āzijas ziemeļaustrumos un austrumos, Amerikā, Grenlandē, Eiropas rietumos, Āfrikas ziemeļrietumos, Antarktīdā, Atlantijas un Klusā okeānā, Austrālijā, Jaunzēlandē, Ziemeļu Ledus okeānā. Latvijā nav redzams.

12. oktobrī pilns Saules aptumsums redzams Ziemeļu Ledus un Klusajā okeānā, Ziemeļamerikā, Dienvidamerikas ziemeļrietumos, Kamčatkā. Latvijā nav redzams.

Leonora Roze

ISAS ZIŅAS PAR AUTORIEM

- Afanasjeva Praskovja — PSRS ZA Galvenās astronomiskās observatorijas (Pulkovā) jaunākā zinātniskā līdzstrādniece, fizikas un matemātikas zinātņu kandidāte, astrometrīste.
- Balklavs Arturs — LPSR ZA Radioastrofizikas observatorijas (RAO) direktora v. i., fizikas un matemātikas zinātņu kandidāts, radioastronoms.
- Cimahoviča Natālija — RAO vecākā zinātniskā līdzstrādniece, fizikas un matemātikas zinātņu kandidāte, radioastronome.
- Diriķis Matīss — P. Stučkas Latvijas Valsts universitātes Astronomiskās observatorijas (LVU AO) vecākais zinātniskais līdzstrādnieks, fizikas un matemātikas zinātņu kandidāts, debess mehānikas speciālists.
- Dzērvītis Uldis — RAO vecākais zinātniskais līdzstrādnieks, fizikas un matemātikas zinātņu kandidāts, astrofizikālis.
- Laucenijs Linārs — LVU AO vecākais zinātniskais līdzstrādnieks, fizikas un matemātikas zinātņu kandidāts, debess mehānikas speciālists.
- Mūkins Edgars — LVU AO jaunākais zinātniskais līdzstrādnieks, debess mehānikas speciālists.
- Roze Leonora — LVU AO vecākā zinātniskā līdzstrādniece, fizikas un matemātikas zinātņu kandidāte, astrometrīste.
- Roze Leonīds — LVU AO vecākais zinātniskais līdzstrādnieks, fizikas un matemātikas zinātņu kandidāts, astrometrists.
- Voroncova-Veljaminova Boriss — M. Lomonosova Maskavas Valsts universitātes profesors, fizikas un matemātikas zinātņu doktors, PSRS Pedagoģisko zinātņu akadēmijas korespondētājloceklis, astronoms.
- Zariņš Ansis — LVU AO jaunākais zinātniskais līdzstrādnieks, astronoms.

SATURS

«Zvaigžņotās debess» sveiciens svētkos	1
Radioastrometrija — <i>P. Afaņasjeva</i>	3
Kaut debess apmākusies — <i>L. Laučenieks</i>	8
Marsa karte: 1877. un 1977. gads — <i>E. Mūkins</i>	12
Astronomijas jaunumi	16
Strīds par Habla konstantes lielumu — <i>U. Dzērvitis</i>	16
Gredzeni ap Urānu — <i>E. Mūkins</i>	19
Adoniss — <i>M. Dirīķis</i>	20
Kvazāri turpina pārsteigt — <i>A. Balklavs</i>	20
Par «maģiskiem» skaitļiem, mikro- un makrokosmu — <i>A. Balklavs</i>	23
Kosmosa apgūšana	27
Pirmajai kosmiskajai raketī — 20 gadi — <i>A. Zariņš</i>	27
Desmit «Venēras»: aparāti, lidojumi, rezultāti — <i>E. Mūkins</i>	30
«Salūta-5» finišs — <i>Pēc TASS ziņojumiem</i>	35
Zinātnieks un viņa darbs	36
Izaks Ņūtons — <i>N. Cimahoviča</i>	36
Konferences un sanāksmes	46
Šī gada Universitātes konference — <i>Leonīds Roze</i>	46
Vissavienības Astronomijas un ģeodēzijas biedrības Centrālās pado- mes plēnums — <i>M. Dirīķis</i>	47
Astronomija skolā	49
Astronomijas mācīšanas aktuālie jautājumi — <i>B. Voroncovs-Vel- jaminovs</i>	49
Zvaigžņotā debess 1977. gada rudenī — <i>Leonora Roze</i>	54
Isas ziņas par autoriem	59



Izaks Ņūtons — Karaliskās biedrības prezidents.
Č. Zervēza portrets.

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО, ОСЕНЬ 1977 ГОДА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗИНАТНЕ» РИГА 1977. НА ЛАТЫШСКОМ ЯЗЫКЕ

ZVAIGŽNOTĀ DEBESS, 1977. GADA RUDENS

ИБ № 226

Redaktore *I. Ambaine*. Māksl. redaktors *V. Zirdziņš*. Tehn. redaktore *I. Stokmane*. Korektore *L. Brahmāne*. Nodota salikšanai 1977. g. 31. maijā. Parakstīta iespiešanai 1977. g. 9. septembrī. Tipogrāfijas papīrs Nr. 1. Papīra formāts 70×90/16. 3,75 fiz. iespiedl.; 4,39 uzsk. iespiedl.; 4,75 izdevn. l. Metiens 2000 eks. JT 06348. Maksā 15 kap. Izdevniecība «Zinātne» Rīgā, Turgeņeva ielā 19, Iespiesta Latvijas PSR Ministru Padomes Valsts izdevniecību, poligrāfijas un grāmatu tirdzniecības lietu komitejas Apvienotajā veidlapu uzņēmumā Rīgā, Gorkija ielā 6. Pasūt. Nr. 1693.

