

Zvaigžņota

DEBESS

1962. gada ZIEMA



SATURS

Ūdeņraža monohromatiskais radioslārojums un Galaktik:	
uzbūve <i>S. Pikelners</i>	
Kosmiskie lidojumi un relativitātes teorija	
<i>U. Dzērvičis</i>	8

Kas jauns astronomijā

Reiss «Zeme — Mēness»	<i>G. Rozenfelds</i>	27
Vai okeānu ūdeņi nāk no Saules?	<i>M. Zepe</i>	28
Projekts «West Ford»	<i>N. Cimahoviča</i>	29
Kometas un biofizikālie procesi virs Zeme.	<i>M. Zepe</i>	30
Dažas inīrasarkanas absorbcijas līnijas Saules	spektrā <i>M. Zepe</i>	31
Daži dati par Zemes mākslīgajiem pavadoņiem	<i>Dz. Strautmane</i>	32

Observatorijas un astronomi

Observatorija Siguldā	— <i>M. Dirīķis</i>	38
Edgars Lejnīeks	<i>J. Gaiduks, N. Hovanskis,</i>	
<i>I. Rabinovičs</i>		42

Hronika

Septiņa Vissavienība	apsprīde par sudrabainajiem	
mākoņiem	<i>Cimahoviča</i> un <i>M. Dirīķis</i>	46

Astronomiskās parādības 1961.—1962. gada ziemā —

<i>M. Dirīķis</i>	50
-------------------	----

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО
Зима 1962 года

ЗВАІGŽNOTĀ DEBĒ:
1962. gada ziema

Tāks *A. Ozoliņš*

Redaktore *R. Rozenberga*,
Tehn. redaktore *A. Lemberga*,
Korektore *I. Ambīne*.

Nodota salikšanai 1961. g.
13. novembrī. Parakstīta
iespiešanai 1962. g. 7. februā:
Papīra formāts 70x92/16.

3,5 liz. iespiedl.;
4,09 uzsk. iespiedl.

4,04 izdevn. l.

Metiens 1000 eks.

Maksā 11 kap.

Latvijas PSR Zinātņu
akadēmijas izdevniecība

Rīgā, Smilšu ielā Nr. 1

Iespiesta Latvijas PSR

Kultūras ministrijas

Poligrafiskās rūpniecības

pārvaldes Paraugtipogrāfijā

Rīgā, Puškina ielā Nr. 12.

Pasūt. Nr. 1598

REDAKCIJAS KOLEĢIJA: *A. Alksnis* (atb. redaktors)
J. Ikaunieks (atb. redaktors), *L. Reiziņš*

Daube,

L A T V I J A S P S R Z I N Ā T Ņ U A K A D Ē M I J A S I Z D E V N I E C I B A

ZVAIGŽNOTĀ DEBESS

1962. GADA ZIEMA

LATVIJAS PSR ZINĀTŅU AKADEMIJAS
ASTROFIZIKAS LABORATORIJAS
POPULĀRZINĀTNISKS GADALAIKU IZDEVUMS

S. PIKELNERS

ŪDENRAŽA MONOHROMATISKAIS RADIOSTAROJUMS UN GALAKTIKAS UZBŪVE

Lielai daļai ārpusgalaktisko miglāju piemīt spirāliska struktūra. Pētījumi ir parādījuši, ka spirāles sastāv no karstām zvaigznēm, no difūziem miglājiem, kuru spīdēšanu izraisa šīs karstās zvaigznes, un no putekļiem, kas absorbē vēl tālāk esošo galaktiku gaismu. Arī mūsu Galaktika ir karstās zvaigznes un difūzie miglāji, tāpat arī kosmiskie putekļi. Visi šie objekti koncentrēti samērā plānā slānī ap Piena Ceļa plakni. Attālinoties no šīs plaknes, karsto zvaigžņu un miglāju skaits, kā arī starpzvaigžņu absorbcija strauji samazinās.

Difūzie miglāji un apgabali ap karstajām zvaigznēm, kas izstaro gaismu atsevišķās spektra līnijās, sastāv no jonizētas gāzes. Tajos ir arī jonizētā veidā ūdeņradis — starpzvaigžņu vides galvenā sastāvdaļa. Neitrālā ūdeņraža apgabali neizstaro gaismu redzamajā spektra daļā. Šos apgabalus var novērot pēc absorbcijas līnijām: tādas līnijas veido kalcija un nātrija atomi un joni un dažī citi atomi un molekulas tālo zvaigžņu spektros. Bet starpzvaigžņu ūdeņraža absorbcijas līnijas atrodas spektra tālajā ultravioletajā daļā, kuru absorbē Zemes atmosfēra, un tāpēc to nav iespējams novērot no Zemes virsas. Tā kā starpzvaigžņu ūdeņraža lielākā daļa atrodas nejonizētā stāvoklī, ir ļoti svarīgi iegūt tiešu metodi neitrālā ūdeņraža novērošanai. Tādu novērojumu iespējamība radās nesen sakarā ar radiotehnikas attīstību un tūlīt deva svarīgus atklājumus.

Ūdeņraža atoms sastāv no kodola — protona un elektrona. Abām šim daļiņām ir magnētiskais moments vai spins, pie kam protonam šis moments ir daudz mazāks nekā elektronam. Kodola un elektrona spini iedarbojas viens uz otru kā divi magnēti, un atkarībā no to savstarpējās orientācijas mainās elektrona enerģija orbitā. Ūdeņraža atomā spinu savstarpējā orientācija var būt divējāda — paralēli vai antiparalēli viens otram. Tāpēc ūdeņraža atoma enerģētiskais pamatstāvoklis īstenībā sastāv no diviem apakšlīmeņiem, tam piemīt supersīkstruktūra.

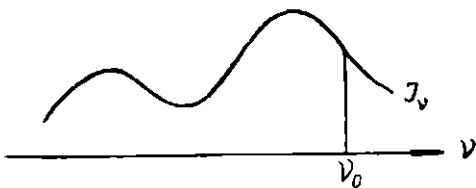
Apakšlīmeņu enerģijas starpība ir ļoti maza: tā atbilst starojuma kvantam ar viļņa garumu 21 cm. Šis starojums vairs neietilpst optiskajā, bet gan radioviļņu apgabalā. Tas veidojas atomu pārejās no augstākā apakšlīmeņa uz zemāko. Pretējas pārejas gadījumā notiek kvanta absorbcija.

Pārejas starp apakšlīmeņiem ir stingri aizliegtas pēc J. Sklovskā apreķieniem, atoms var atrasties augšējā stāvoklī vidēji ap 11 miljoniem gadu, līdz kamēr notiks kvanta izstarojums, un atoms pāries apakšējā stāvoklī. Tomēr 21 cm līnijas kvantus, ko izstaro starpzvaigžņu udeņradis, ir iespējams novērot, jo Galaktika ir liela un tajā ir daudz udeņraža.

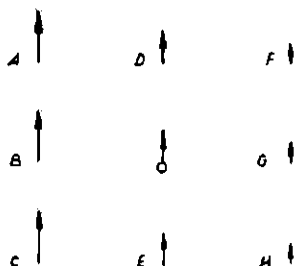
Lai udeņradis izstarotu, daļai tā atomu jāatrodas augšējā stāvoklī, tātad jābūt procesam, kas apakšējā līmenī esošos atomus pārveido atomos, kas atrodas augšējā līmenī. Tāds process ir atomu sadursmes, kuru rezultātā tie apmainās elektroniem. Ja šiem elektroniem ir pretēja orientācija, tad atoma stāvoklis izmainās. Šādas maiņas notiek bieži — starpzvaigžņu gāzes apstākļos apmēram 10 gados reizi. Tādēļ augšējā un apakšējā līmenī esošo atomu attiecību nosaka vienīgi sadursmes, bet starojums, kas notiek ļoti reti, to neietekmē. Tādā gadījumā šī attiecība nav atkarīga no fizikāliem apstākļiem, un vienmēr $\frac{3}{4}$ atomu atrodas augšējā līmenī un $\frac{1}{4}$ — apakšējā līmenī.

Ja gāzes slānis 21 cm līnijas starojumam caurspīdīgs, tad kvantu skaits, kas iznāk no šī slāņa, ir tieši proporcionāls udeņraža atomu skaitam. Tādēļ, izmērot starojuma intensitāti, var noteikt atomu skaitu skata līnijas virzienā. Bet, ja slānis ir necaurspīdīgs, tad intensitāte tuvojas tāda absolūti melna ķermeņa temperatūrai, kas vienlīdzīga gāzes temperatūrai. Tātad ar monohromatiskā radiostarojuma palīdzību var izmērīt vai nu neitrālā udeņraža daudzumu, vai arī tā temperatūru. Bez tam Doplera efekta radītā starojuma frekvences novirze no normālās vērtības rāda gāzes radiālo ātrumu, t. i., tās tuvošanās vai attālināšanās ātrumu.

Novērojumi, kas izdarīti galvenokārt Holandē un Austrālijā, rāda, ka radiostarojuma intensitāte strauji krītas, attālinoties no Piena Ceļa. Tas nozīmē, ka neitrālais udeņradis, tāpat kā difūzie miglāji, stipri koncentrēts Galaktikas plaknē. Raksturīgais radiolīnijas profils (intensitātes sadalījums pa frekvencēm) shematiski parādīts 1. attēlā, kurā ar ν_0 apzīmēta frekvence mierā esošam atomam. Lielai daļai no udeņraža, kas atrodas skata virzienā, piemīt liels radiālais ātrums — šai gadījumā tas attālinās no Zemes. Jāpiezīmē, ka te jāievēro arī Zemes kustība ap Sauli un Saules kustība attiecībā pret zvaigznēm, bet tas izmainīs tikai ν_0 profila forma paliks bez izmaiņām.



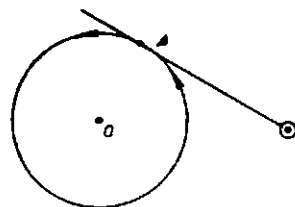
att. Udeņraža 21 cm līnijas profila shematisks attēls.



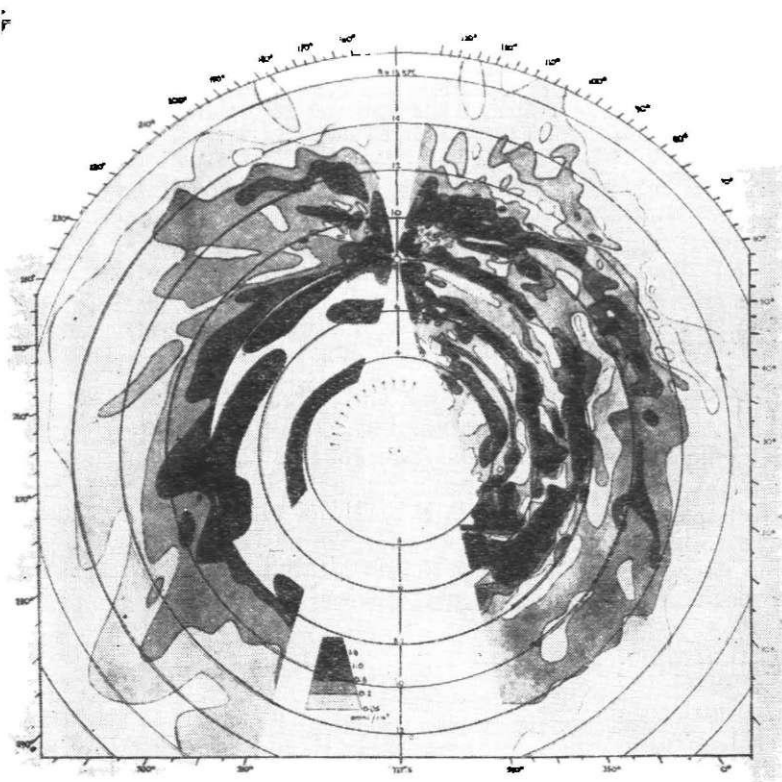
2. att. Saules apkārtnes zvaigžņu griešanās ap Galaktikas centru. Saule apzīmēta ar aplīti, Galaktikas centrs atrodas ārpus attēla pa kreisi.

Gāzes ātruma cēlonis ir nevis tās plūsmas, bet gan Galaktikas rotācija. Saules apkārtnē Galaktikas rotācijas ātrums samazinās, attālinoties no Galaktikas centra. Tas ietekmē radiālos ātrumus: kā redzams 2. attēlā, zvaigznes A un K attālinās no Saules, kura te apzīmēta ar aplīti, zvaigznes C un F tuvojas tai. Bet zvaigžņu B, G, D un E attālumi pirmajā tuvinājumā neizmainās. Tātad radiālais ātrums v_r , ko rada Galaktikas rotācija, ir atkarīgs no virziena. Bez tam tas atkarīgs arī no attāluma r Saules apkārtnē tas ir tieši proporcionāls attālumam, bet tālākiem objektiem sakarība ir sarežģītāka. Ja v_r atkarība no r ir zināma, tad pēc frekvences nobīdes var noteikt, cik lielā attālumā atrodas gāze, kas izstaro attiecīgo frekvenci. Tad no 1. attēla tūlīt var noteikt gāzes blīvuma sadalījumu skata virzienā. Bet v_r atkarība no r , kas noteikta pēc zvaigžņu novērojumiem, bija zināma tikai samērā nelieliem attālumiem. Turpretī radiostarojums nāk no tāliem Galaktikas apgabaliem, kuru rotācija bija nezināma. Laimīgā kārtā tie paši radionovērojumi ļauj noteikt gāzes rotācijas ātrumu dažādos attālumos no Galaktikas centra. 3. attēls noskaidro, kā tas izdarāms. Galaktikas centrs apzīmēts ar burtu O. Maksimālais attālināšanās ātrums dotajā skata virzienā, ko nosakām no novērojumiem, attiecas uz pieskares punktu A, kura attālums no centra ir viegli aprēķināms. Galaktikas rotācijas likumu svarīgi zināt ne vien, lai interpretētu radionovērojumus, bet arī pašas Galaktikas pētniecībā. Minētais likums atkarīgs no masas sadalījuma, no zvaigžņu sadalījuma Galaktikā, ko ir grūti noteikt tieši, neizmantojot ziņas par rotāciju. Radionovērojumi jau šobrīd dod diezgan pārliecinošu Galaktikas uzbūves ainu, tās blīvuma sadalījumu.

3. att. Starpzvaigžņu gāzes griešanās ātruma noteikšana pēc radionovērojumiem.



Rotācijas likumu izmantoja 21 cm līnijas profilu apstrādāšanai. Tāds profils, kāds attēlots 1. attēlā, nozīmē, ka no sākuma, attālumam pieaugot, ūdeņraža blīvums palielinās, sasniedz maksimumu un samazinās, bet tālāk



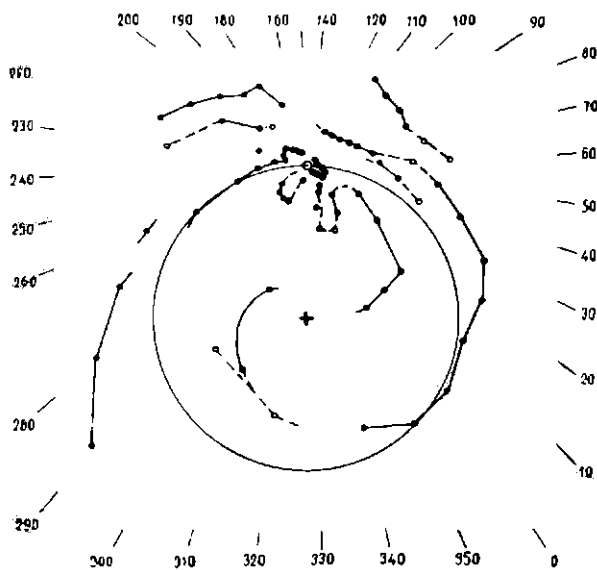
4. att. Neitrālā ūdeņraža blīvuma sadalījums Galaktikā.

atkal palielinās un samazinās. Katrai frekvencei atbilst noteikts attālums. Ja 21 cm līnijas profili iegūti dažādos debess virzienos, tad var izveidot gāzes blīvuma sadalījuma karti. Tāda karte, kas sastādīta pēc Holandē un Austrālijā iegūtiem datiem, parādīta 4. attēlā. Baltais sektors centra virzienā atbilst apgabalam, kur Galaktikas rotācija neietekmē radiālo ātrumu. Palielināta blīvuma joslas ir spirāļu zari, kuros vidēji ir 1 ūdeņraža atoms kubcentimetrā. Starp zariem blīvums ir 10--20 reizes mazāks. Spirāļu zaru biezums ir ap 300 parseku, bet platums ap 500 parseku. Neitrālā ūdeņraža kopīgā masa ir ap 2% visas Galaktikas masas. Jonizētā ūdeņraža Galaktikā ir daudz mazāk.

Gāzes slānis Galaktikā ir ārkārtīgi plakans, tas nenovirzās no plaknes vairāk par 10 parsekiem. Vienīgi Galaktikas malās ir divas vietas ar ievērojamu novirzi, slānis it kā paceļas Galaktikas tuvāko kaimiņu — Magelāna Mākoņu virzienā, bet otrā malā novirzās uz pretējo pusi. Šo noviržu cēlonis vēl nav noskaidrots, ar paisuma un bēguma spēku vien tās nevar izskaidrot.

Galaktikas centrālajā daļā, apgabalā, kura biežums ir 130 un rādiuss ap 400 parseku, Holandes zinātnieki novēroja atsevišķus gāzu zarus, kas griežas ar ātrumu pat līdz 200 km/sek. Tik liels riņķa rotācijas ātrums liecina par to, ka centrā atrodas milzīga kopa, kas satur desmitiem miljonu zvaigžņu tilpumā ar rādiusu ap 10 parseku. Attālinoties no centra, zvaigžņu telpiskais blīvums mazinās. Līdzīgs blīvs zvaigžņu kodols novērots Andromēdas miglāja centrā. 3000 parseku attālumā no centra novērojams spirāles zars, kas no centra attālinās ar ātrumu 54 km/sek. 4. attēlā šis zars norādīts ar bultiņām. Var aprēķināt, ka tā kustība atbilst vielas izplūšanai no centra vienā gadā vienas Saules masas apmērā. Miljards gadus jau iznāk 10' Saules masu, kas pārsniedz centra apgabalā esošas gāzes un zvaigžņu kopīgo masu. Tātad gāzes daudzumam kodola kaut kādā veidā ir jāpapildinās. Iespējams, ka notiek cirkulācija: gāze ieplūst kodolā no polu virzieniem, bet izplūst Galaktikas plaknē. Bet arī pret šādu hipotēzi ir iebildumi. Piemēram, gāzei, ja tā ieplūst no poliem, vajadzētu būt kaut kādā veidā konstatējamai. Bez tam arī cirkulācijas cēlonis nav zināms. Interesanti atzīmēt, ka amerikāņu zinātnieks G. Minčs (Münch) Andromēdas miglāja centrā atklāja jonizēta ūdeņraža gredzenu, kura rādiuss ap 250 parseku un kas izplešas ar ātrumu 60 km/sek. Ja gredzena blīvums ir ap 50 daļiņu kubcentimetrā, tad arī šis rezultāts atbilst vienas Saules masas izplūšanai gada laikā. Vai arī Andromēdas miglājā ir līdzīga neitrālā ūdeņraža izplūšana no centra, līdzšinējie radioteleskopī vēl nevar dot atbildi.

Lai noteiktu rotācijas likumu un aprēķinātu attālumu līdz gāzei, kas izstaro doto frekvenci, būtiska nozīme ir pieņēmumam, ka gāze kustas ap Galaktikas centru pa riņķi. Bet jau tas, ka iekšējais zars attālinās no centra, liecina, ka minētais pieņēmums ne vienmēr attaisnojas. Novērojumi rāda, ka karsto B tipa zvaigžņu kustībai piemīt tā sauktais K efekts: šo zvaigžņu vidējais radiālais ātrums ir negatīvs, pie kam zvaigznēm, kas atrodas 1000 parseku attālumā, šī vērtība ir — 2 km/sek. Negatīvais K efekts nozīmē, ka B tipa zvaigžņu sistēma saraujas. Karstās zvaigznes ir jaunas, un iespējams, ka kustas līdzīgi gāzei, no kuras tās, domājams, ir veidojušās. To apstiprina arī fakts, ka karstās zvaigznes un gāze atrodas vienos un tās pašos Galaktikas spirāļu zaros. Vadoties no šāda apsvēruma, I. Genkins (И. Генкин) pieņēma, ka gāzei bez kustības pa aploci piemīt arī radiāla kustība ar tādu pašu K efekta vērtību kā B tipa zvaigznēm. Ar šādu pieņēmumu aprēķinātais ūdeņraža sadalījums parādīts 5. attēlā. Sadalījuma kartē ļabi saskatāmi divi spirāļu zari, kuriem ir daudz regulārāka un simetriskāka forma nekā 4. attēlā redzamiem. Šis secinājums liecina par labu gāzes radiālās izplešanās hipotēzei. Šīs kustības cēloņi pagaidām nav zināmi. Nav arī skaidrs, kāpēc Galaktikas lielākajā daļā gāze kustas uz centru, bet iekšējais zars — prom no centra. Šie jautājumi ir saistīti ar vispārīgāku problēmu par spirāļu zaru veidošanos.



5. att. Udeņraža sadalījums pēc I. Genkina aprēķina, kurā pieņemts, ka bez rotācijas ap centru gāzei piemīt arī radiāla kustība.

Monohromatiskais radiostarojums sniedz ziņas ne tikai par starpzaigžņu gāzes sadalījumu, bet arī par tās temperatūru. Jau iepriekš minējām, ka necaurspīdīga gāzes slāņa starojums līdzīgs tādas pašas temperatūras melna ķermeņa starojumam. Gandrīz visā Piena Ceļa plaknē gāze ir caurspīdīga. Tas tāpēc, ka Galaktikas rotācijas dēļ dažādām gāzes masām ir dažāds radiālais ātrums un absorbējas dažādas frekvences. Turpretī Galaktikas centra virzienā rotācija neietekmē radiālo ātrumu, un visi atomi absorbē starojumu šaurā frekvences diapazonā, tāpēc gāzes slānis ir necaurspīdīgs. Radiostarojuma intensitāte centra virzienā atbilst temperatūrai 125° K (t. i., skaitot no absolūtās nulles). Ja gāzes temperatūra visos punktos būtu vienāda, tad tā arī visur būtu 125° K. Tomēr aprēķini rāda, ka neitrāla ūdeņraža apgabalu stacionārai temperatūrai jābūt daudz

mazākai, domājams, ka tā nevar pārsniegt 20° K. Šai sakarībā izteikta doma, ka mākoņi sasilst savstarpējās sadursmēs, bet pēc tam pakāpeniski atdziest. Ja tā patiešām ir, tad novērojamā temperatūra ir kaut kas vidējs starp attiecīgā skata virzienā sastopamām dažādām temperatūrām. No radiostarojuma teorijas izriet, ka radiotemperatūra dabūjama, viduvējot gāzes temperatūras apgrieztās vērtības

$$\frac{1}{T_{\text{rad}}} = \frac{1}{T}$$

Šādā viduvēšanā galvenā loma ir apgabaliem ar zemu temperatūru. Ir aprēķināts, ka, mākoņiem sakarstot līdz vairāk tūkstošiem gradu un pēc tam pakāpeniski atdziestot desmit miljonu gadu laikā, būtu jākonstatē apmēram tāda radiotemperatūras vērtība, kāda patiešām ir novērojama.

Līdz šim runājām par 21 cm līnijas kvanta izstarošanu. Dažos gadījumos līniju novēro kā absorbcijas līniju. Tas ir tad, ja spēcīgs nepārtraukta radiospektra avots ir redzams caur starpzaigžņu gāzi. Ja avota

radiotemperatūra ir augstāka nekā gāzes temperatūra, tad ir novērojama absorbcijas līnija, pretējā gadījumā emisijas līnija, bet ne tāda kā citos virzienos, kur nav starojuma avota. Tādu sarežģītu līniju analīze sniedz papildziņas par starpzvaigžņu gāzes īpašībām.

Pēdējā laikā 21 cm līnija izmantota starpzvaigžņu magnētiskā lauka intensitātes tiešiem mērījumiem. Šai līnijā, tāpat kā daudzās citās, parādās Zēmaņa efekts, t. i., magnētiskā laukā tā sašķeļas, pie kam sašķelšanās lielums ir proporcionāls intensitātei. Vairāki angļu zinātnieki izlietoja 76 metru radioteleskopu, lai izmēritu Zēmaņa efektu triju spēcīgu radiostarojuma avotu spektra absorbcijas līnijās. Visos gadījumos iegūts negatīvs rezultāts, t. i., lietotās aparatūras jutības robežās efekts nav konstatēts. Šī jutība gan vēl nebija visai augsta, pagaidām var vienīgi apgalvot, ka Galaktikas spirāļu Oriona zarā magnētiskais lauks vidēji ir vājāks par $7 \cdot 10^{-6}$ erstediem, bet citos virzienos vājāks par 10^{-} un $4 \cdot 10^{-5}$ erstediem. Šie skaitļi maz atšķiras no vērtībām, kādas, domājams, pastāv spirāļu zaros. Bez tam jāievēro, ka mērīta tiek lauka vidējā intensitāte, un, ja skata virzienā ir apgabali ar spēka līniju dažādu orientāciju, tad efekts kļūst attiecīgi vājāks. Palielinot mērījumu precizitāti, varēs atrisināt jautājumu, cik lielā mērā magnētiskais lauks ir haotisks.

No iepriekš iztīrītā kļūst saprotams, cik liela nozīme starpzvaigžņu gāzes pētījumos bijusi ūdeņraža monohromatiskā starojuma atklāšanai un pētīšanai. Uzlabojoties novērošanas metodēm, būs iespējams iegūt arī citas, vēl precīzākas un sīkākas ziņas par starpzvaigžņu gāzi.

Bez mūsu Galaktikas ūdeņraža tiek pētīta gāze arī citās galaktikās. Arī Andromēdas miglājā izdevies noteikt griešanās likumu un aprēķināt masas sadalījumu. Kopējais gāzes daudzums šai galaktikā ir mazāks nekā mūsējā, gāzi tur satur 1% visas masas. Arī citās tuvākajās galaktikās novērtēts gāzes daudzums un dažos gadījumos tās sadalījums. Mēģinājumi atklāt gāzi arī starp galaktikām, it īpaši galaktiku kopās, nav sekmējušies.



U. DZERVITIS

KOSMISKIE LIDOJUMI UN RELATIVITĀTES TEORIJA

Mūsu laikmetā, kad zinātne un tehnika milzu soļiem virzas uz priekšu, robeža, kas šķir reālo no fantastiskā, atvirzās arvien tālāk. Cilvēki jau ir iemācījušies skaldīt atomus, tā iegūdami savā rīcībā grandiozus enerģijas krājumus. Ap Zemi un Sauli trauc mākslīgi, cilvēku roku radīti pavadoņi, mūsu raķetes lido uz Mēnesi un Venēru, un pats cilvēks jau ir devies Kosmosā. Un pat cilvēka lidojums uz tuvākajām planētām vairs nav nekas fantastisks. Tas ir pavisam konkrēts zinātnes uzdevums un, jādomā, tiks atrisināts vistuvākajā laikā.

Bet ko tad lai pieskaitām pie fantastikas? Varbūt ceļojumu uz zvaigznēm vai tālajam zvaigžņu pasaulēm, ko var saskatīt vienīgi spēcīgos teleskopos? Bet arī šai fantāzijai ir jau daudz reālu iezīmju. Mēs, balstoties uz mūsdienu zinātnes atziņām, varam pateikt, kā šādi lidojumi noritēs, kādas savdabības ar tiem saistīsies. Un varbūt pats laiks, kad cilvēks veiks šādus lidojumus, nemaz nav tik tālu, kā tas pirmajā brīdī var likties.

Patī būtiskāka šādu kosmisko lidojumu īpatnība būs kustība ar ātrumu, kas tuvs gaismas ātrumam — 300 000 km/sek (precizāk — 299 792 km/sek.). kas ir pats lielākais ātrums, ar kādu vien materiāls ķermenis var kustēties. Tikai pēc šāda ātruma sasniegšanas varēs būt runa par lidojumu uz zvaigznēm, jo attālumī pat līdz tuvākajām no tām ir tik lieli, ka arī gaisma tos var pārvarēt tikai gadu desmitos un simtos.

Bet kā tad norit kustība ar šādiem milzīgiem ātrumiem? Vai pēc tiem pašiem likumiem, kā kustas vilciens vai lidmašīna? Šodien fiziku rīcībā ir teorija, kas apraksta kustību ar lieliem ātrumiem, kas jau tuvojas gaismas ātrumam. Šādas kustības likumības atklāj Einšteina izveidotā relativitātes teorija. Ir skaidrs, ka nākotnes inženieri, projektējot starpzvaigžņu kuģus un rēķinot to kursus, visnotaļ balstīsies uz relativitātes teorijas atzinumiem. Viņiem tā būs tikpat nepieciešama kā mūsdienu inženieriem klasiskā Ņutona mehānika. Tādēļ arī mums, ja gribam izsekot nākotnes astronautu kosmiskajam ceļojumam, jāņem talkā šī teorija. Tikai tās secinājumi ir visai dīvaīni un neierasti, dažubrīd pat negribas lāgā ticēt to pareizībai. Un tikai nevainojama loģika un spriedumu stingrība spiež mūs izšķirties par labu relativitātes teorijai un atzīt,

ka mūsu pašu ikdienas priekšstati un «veselais saprāts» bieži vien viņ. Tādēļ, lai iegūtu stingrāku pārliecību par šīs teorijas secinājumu pareizību, sāksim no sākuma — ar tām pamatatziņām, kas liktas relativitātes teorijas pamatā un ar kurām tā atšķiras no klasiskās mehānikas.

TEORIJA IZEJAS POZICIJA

Einšteins, izstrādājot relativitātes teoriju, tās pamatā lika divas atziņas. Pirmā no tām apgalvo, ka dabas likumi ir vienādi kā nekustīgā, tā vienmērīgā taisnvirziena kustībā esošā sistēmā. Tādēļ novērotājs nav spējīgs izšķirt, vai viņš vienmērīgi, ar nemainīgu ātrumu kustas, vai atrodas mierā. Bieži vien šo secinājumu izsaka ar apgalvojumu, ka vienmērīga taisnvirziena kustība ir relatīva. Bet, lai arī kā šo atziņu formulētu, šķiet, tās jēga ir pietiekoši skaidra. Tā pauž cilvēces gadu tūkstošos uzkrāto pieredzi par pašu vienkāršāko kustības veidu. Un tikko minētajā formā tā bija pazīstama jau Galilejam un Ņūtonam, kuri šo atziņu lika klasiskās mehānikas pamatā. Tādēļ paklausīsimies, kā tās pareizību pamato klasiskās mehānikas dibinātājs — Galilejs:

«Ieslēdzieties kopā ar paziņu pēc iespējas plašākā telpā zem liela kuģa klāja un ielaidiet tur mušas, tauriņus un citus līdzīgus lidojošus dzīvnieciņus. Lieciet, lai kuģis kustas, cik vien ātri patīk. Ja kustība būs vienmērīga, jūs nepamanīsiet ne mazāko pārmaiņu un nevarēsiet pateikt, vai kuģis kustas vai stāv uz vietas. Lecot jūs pārvarēsiet to pašu attālumu kā agrāk, vienalga, vai jūs lēktu kuģa kustības vai pretējā virzienā, kaut gan pa to laiku, kamēr jūs lecat uz kuģa pakalgalu, grīda skrien jūsu lēcienam pretējā virzienā. Tauriņi un mušas, kā agrāk, lidos visos virzienos un nesapulcēsies barā pie dibensienas, it kā piekusuši sekot kuģa straujajai gaitai. Un, ja jūs kvēpināsiet virāku, tad dūmi celsies taisni augšup un pēc tam kustēsies vienalga uz kuru pusi. Un cēlonis tam, ka visi šie notikumi tā atbilst viens otram, ir tas, ka kuģa kustība piemīt visam, kas tajā atrodas. — arī gaisam.»

Ja Galilejs šeit vairāk runā par mehānisko kustību, tad Einšteins vispārina šo domu arī uz visām pārējām parādībām — elektriskām, magnētiskām, optiskām un citām.

Ja pirmais pamatprincips ir vienāds kā Galilejam, tā Einšteinam, tad otrs tiem ir pilnīgi pretējs. Kamēr Einšteins saskaņā ar eksperimentu apgalvo, ka jebkuras iedarbības izplatīšanās ātrums ir ierobežots un galīgs, Galilejs domāja, ka tas var būt arī bezgala liels. Tieši šajā punktā pastāv galvenā atšķirība starp klasisko un relativistisko mehāniku, jo no šīs atšķirības var secināt visas pārējās. Ar iedarbību visplašākā nozīmē saprot visu, ar ko vienam novērotājam vai materiālam objektam var «likt manīt» otru novērotāju vai objektu. Tāds, piemēram, varētu būt

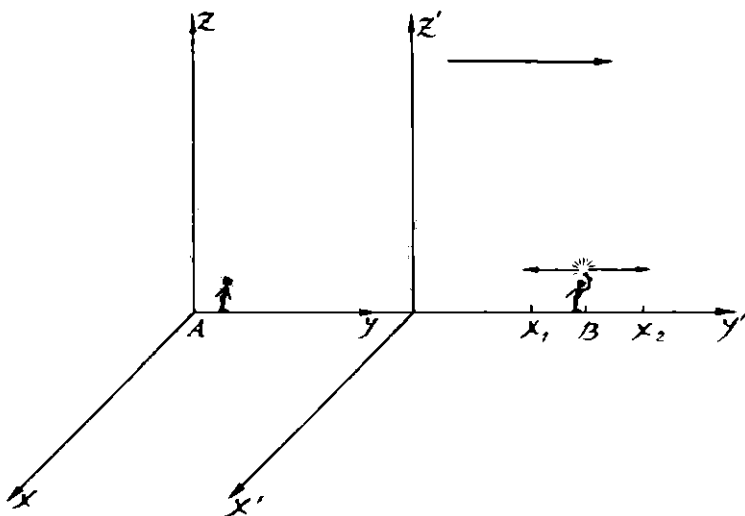
mehānisks trieciens vai deformācija, skaņas vai gaismas signāls, gravitācijas vai radio vilnis.

Jāatzīmē, ka šim otrajam postulātam pastāv vairāki formulējumi, kas bieži vien noved pie dažādām neskaidrībām. Tā bieži saka, ka gaismas ātrums vakuumā ir pastāvīgs — konstants. Tas, protams, ir pareizi, bet likt to pamatpostulāta vietā nav loģiski. Var rasties dabisks jautājums, kāds gan mehāniskām parādībām sakars ar gaismas izplatīšanos vakuumā. Kādēļ gan mehānikas pamatošanai nepieciešams šāds «optisks» postulāts? Turklāt šādā formulējumā otrais postulāts neko nesaka par gaismas izplatīšanos vielā vai laukā, kas praktiski ir daudz svarīgāks gadījums. Vai tas paliek pareizs arī tur? Eksperiments rāda, ka tā nav. Vielā gaismas ātrums vairs nav pastāvīgs, bet gan ir atkarīgs no pašas vides kustības ātruma, jo vide aizrauj gaismu sev līdz. Tāpat, piemēram, gravitācijas laukā gaismas ātrums ir atkarīgs no lauka stipruma. Taču pats svarīgākais iebildums pastāv faktā, ka ierobežots izplatīšanās ātrums ir ne tik daudz gaismas kā telpas īpašība. Proti, telpa ir tāda, ka tā ierosinājumu laiž sev cauri ar ātrumu, kas nepārsniedz noteiktu robežātrumu, vienādu ar 300 000 km/sek. Tādēļ arī katrs ierosinājums, lai tas būtu elektromagnētisks, gravitācijas vai mehānisks, nevar izplatīties ātrāk par šo telpu caurlaidības robežātrumu. Līdz ar to kļūst saprotama nepieciešamība pēc otrā postulāta, jo, aprakstot mehānisko kustību, kura tāpat kā katra cita kustība norit telpā un laikā, mēs nevaram ignorēt šādu būtisku telpas īpašību.

Relativitātes teorijas mācību grāmatu lielākā daļa 2. postulātu formulē šādi: gaismas ātrums nav atkarīgs no gaismas avota kustības. Bet šis formulējums klasiskajai fizikai nav nekas jauns, jo visa klasiskā elektrodinamika un optika taču pamatojas uz pieņēmumu, ka gaismas izplatīšanos neiespaido tās avota kustība. Patiesā atšķirība starp klasisko un relativistisko mehāniku pastāv uzskatā par gaismas un vispār jebkura cita veida ierosinājuma izplatīšanās robežātrumu: klasiskā fizika apgalvo, ka tas ir bezgalīgs, kamēr relativitātes teorija — ka tas ir galīgs. Tādēļ visloģiskāk ir likt kā 2. postulātu tieši šo apgalvojumu.

Un tomēr, lai cik saprotama arī liktos nepieciešamība apmainīt klasisko pieņēmumu par bezgalīgo iedarbes izplatīšanās ātrumu ar eksperimentam atbilstošo relativistisko pieņēmumu, šī apmaiņa noved pie visai kardināliem secinājumiem, kas liekas pavisam paradoksāli. Tas norāda, ka mūsu ikdienišķajiem priekšstatiem drīzāk gan atbilst pieņēmums par gaismas acumirkliģo izplatīšanās ātrumu. Un tas ir viegli saprotams. Jo ātrums, ar kādu iet gājējs vai brauc vilciens, un citi parastie ātrumi, ar kuriem mums nākas sastapties, ir tik niecīgi, salīdzinot ar gaismas ātrumu, ka pēdējo praktiski var uzlūkot par bezgala lielu. Tādēļ mēs drīzāk esam saraduši ar klasiskās mehānikas nekā relativitātes teorijas secinājumiem.

6. att. Paradokss ar vienlaicību.



Tā noūsu parasto priekšstatu viedokļa jau abi relativitātes teorijas postulāti šķiet esam pretrunā. Patiešām, aplūkosim divus novērotājus A un B , no kuriem A relatīvi uzskatīsim par nekustošu, kamēr B kopā ar savu koordinātu sistēmu atrodas vienmērīgā taisnvirziena kustībā attiecībā pret A . Ja B rada īslaicīgu gaismas uzliesmojumu, tad, no viņa viedokļa raugoties, gaisma punktus x_1 un x_2 , kas atrodas vienādā attālumā no B , sasniegs vienlaicīgi. Turpretī novērotājs A redzēs, ka gaisma vispirms sasniedz punktu x_1 un tikai pēc tam x_2 . Jo x_1 taču skrien gaismai pretī, kamēr x_2 attālinās, un tādēļ tam jādzenas pakaļ. Tādēļ iznāk, ka gaisma vienlaicīgi ir sasniedz, ir nerasniedz punktus x_1 un x_2 . Vai tas maz iespējams, jo apgalvojums, ka kaut kas vienlaicīgi ir un nav, ir pretrunīgs. Ja mēs gribam saglabāt relativitātes teorijas postulātus, tad, acīm redzot, jāatzīst, ka šeit nekādas pretrunas nav. Tas nozīmē, ka pati vienlaicība ir relatīvs jēdziens: divi notikumi vienam novērotājam var likties notiekam vienā laikā, kamēr otram vairs ne.

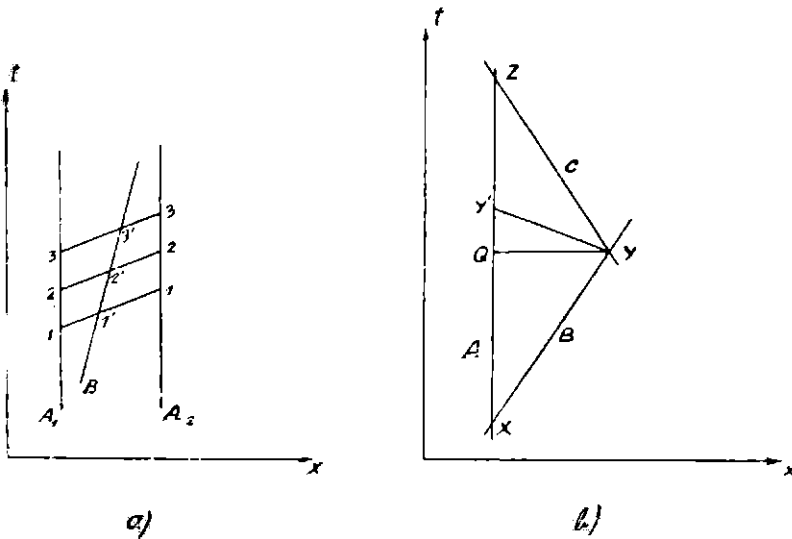
Tātad ir iznācis pavisam neparasts secinājums. Un, lai cik arī savāds tas liktos, tas tomēr ir pareizs. Daudz vairāk — relativitātes teorija atzīst, ka dažādi kustīgi novērotājiem var būt atšķirīgi secinājumi ne tikvien attiecībā uz notikumu vienlaicību, bet gan, ka pati laika gaita šiem novērotājiem ir atšķirīga. Tas jau ir pavisam grūti saprotams! Mēs taču esam paraduši uzskatīt, ka laiks visur rit vienādi, neatkarīgi no tā, vai mēs braucam vilcienā, vai stāvam uz vietas. Ka tas tomēr nav pareizi, par to mēs tūlīt pārliecināsimies.

KAD PULKSTEŅI VAIRS NEIET VIENĀDI

Lai uzskatāmāk pārliecinātos par to, ka laika gaita kustīgam un mierā esošam novērotājam ir atšķirīga, attēlosim notikumu gaitu diagrammas veidā, kur uz asīm ir atlikts laiks un koordināte. Tas, ka triju telpisko koordinātu vietā lietojam tikai vienu, nebūt neierobežo spriedumu vispārību. Tā kā šeit runa iet tikai par vienmērīgu taisnvirziena kustību, tad x asi vienmēr var pavērst kustības virzienā. Līdz ar to vajadzība pēc pārējām koordinātēm atkrīt, jo, ķermenim kustoties, tās neizmainās.

Šādā diagrammā nekustīgam novērotājam atbildīs t asij paralēla taisne kā novērotājiem A_1 un A_2 7.a attēlā. Jo, kaut arī novērotājs savu vietu uz x ass nemaina, laiks tomēr rit uz priekšu. Ja novērotājs kustēsies, tad līdz ar laiku mainīsies arī tā koordināte un taisne būs slīpa kā novērotājam B .

Pieņemsim, ka novērotājs A_1 pēc noteiktiem laika intervāliem 1, 2, 3, piemēram, ik sekundi, noraida novērotājam B gaismas signālu, ko pēdējais savukārt tūlīt pārraida novērotājam A_2 . No 7.a attēla redzams, ka laika sprīži 1', 2', 3' starp diviem sekojošiem uzliesmojumiem kustošam novērotājam B liksies garāki nekā A_1 un A_2 . Kaut arī A_1 raidis signālu ik sekundi, B liksies, ka A_1 raida to, piemēram, ik pa divām sekundēm. Tas nav nekas cits kā pazīstamais Doplera efekts, par ko sīkāk runāsim vienā no nākošajām nodaļām, un tam ir vienkāršs izskaidrojums. Tā kā B visu laiku attālinās, tad gaismai nākas dzīties tam pakaļ un tai katrreiz jānoiet papildu attālums, kas arī rada šķietamu laika sprīža pagarināšanos. Ja ar t apzīmējam laika sprīža garumu pēc novērotāja A_1 pulksteņa, bet ar t' — pēc B pulksteņa, tad varam rakstīt, ka $t' = kt$, kur k rāda, par cik novērotājam B laika sprīdis šķiet garāks nekā A_1 un atkarīgs no A_1 un B savstarpējā ātruma. Attie-



7 att. Kustība telpas-laika diagrama.

cībā uz novērotājiem B un A_2 būs otrādi: savstarpējās tuvināšanās dēļ A_2 liksies, ka B signālus raida biežāk. Tādēļ augšējā sakarība šai gadījumā jālasa tā: $t = \frac{t'}{k}$. Citiem vārdiem — savstarpējās tuvošanās gadījumā Doplera efekts ir pretējs nekā attālinoties.

Pēc šīs iepriekšējās sagatavošanās pievēršīsimies tagad 7.b attēlam. Novērotājs A joprojām atrodas mierā, kamēr novērotājs B attiecībā pret to kustas ar ātrumu v un satiekas ar A punktā X , kur viņi salīdzina savus pulksteņus. Trešais novērotājs C kustas ar to pašu ātrumu v , tikai pretējā virzienā un satiekas ar B punktā Y un pēc tam ar A punktā Z . Tā kā B un C ātrumi vienādi, tad punkta Y projekcija Q uz taisnes A daļa nogriežni XZ uz pusēm. Pie tam novērotāji B un C par savu satikšanos paziņo ar gaismas signālu, kas A sasniedz momentā Y' .

Ja ar t_0 apzīmējam B un C satikšanās momentu pēc A pulksteņa, tad no attēla redzam, ka $XQ = QZ = t_0$; QY vienāds ar attālumu, ko līdz satikšanās brīdim ar C nogājis B , tātad $QY = vt_0$. Savukārt QY' vienāds ar laika sprīdi, kurā gaisma pārvar attālumu QY , ja gaismas ātrumu apzīmējam ar c , tad $QY' = \frac{QY}{c} = \frac{vt_0}{c}$. Tālāk $XY' = XQ + QY' = t_0 \left(1 + \frac{v}{c}\right)$ un

$Y'Z = QZ - QY' = t_0 \left(1 - \frac{v}{c}\right)$. Ja tagad apzīmējam ar t_1 laika sprīdi starp satikšanās momentiem X un Y pēc novērotāja B pulksteņa, tad pēc formulas, ko dabūjām no 7.a attēla, $XY' = kt_1$. Tā paša iemesla dēļ $Y'Z = \frac{t_1}{k}$.

Salīdzinot šīs izteiksmes ar iepriekšējām, redzam, ka

$$kt_1 = \left(1 + \frac{v}{c}\right)t_0, \quad \frac{t_1}{k} = \left(1 - \frac{v}{c}\right)t_0. \quad (I)$$

Dalot pirmo izteiksmi ar otro, dabūjam

$$k^2 = \frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}} = \frac{\left(1 + \frac{v}{c}\right)^2}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

vai

$$k = \frac{1 + \frac{v}{c}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Šī formula tad arī dod relativistisko sakarību Doplera efektam. Ieliekot šo k vērtību vienā no formulām (I), dabūjam meklēto sakarību starp laikiem kustošam un nekustīgam novērotājam

$$t_1 = t_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

Tā kā kvadrātsakne vienmēr ir mazāka par vienu, tad laiks t_1 , ko atzīmē kustošs novērotājs, vienmēr ir mazāks par laiku t_0 , ko atzīmē mierā esošs novērotājs. Citiem vārdiem, pēc relativitātes teorijas iznāk, ka kustošs pulkstenis atpaliek attiecībā pret nekustošu. Tas ir viens no pašiem interesantākajiem šīs teorijas secinājumiem. Kā no 7.b attēla redzams, tam par iemeslu ir gaismas — un vispār jebkuras sadarbības galīgais izplatīšanās ātrums, jo pretējā gadījumā nogriežņi QY un YY' sakristu un mēs nedabūtu neko citu kā klasiskās fizikas rezultātu $t_1 = t_0$, ka laiks ir universāls un nav atkarīgs no novērotāja kustības.

Līdzīgu secinājumu relativitātes teorija dod arī attiecībā uz telpiskiem attālumiem: viens un tas pats attālums ir ar dažādu garumu kustošam un mierā esošam novērotājam. Arī sakarība šeit ir līdzīga — ja ar x_1 apzīmējam kustošā novērotāja izmērīto attālumu, bet ar x_0 nekustīgā, tad

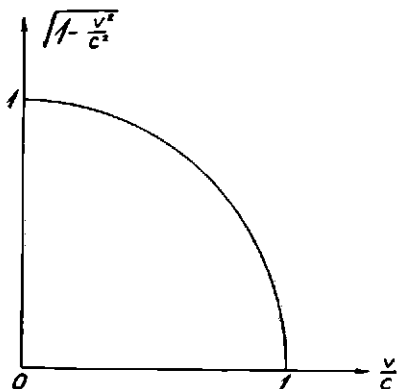
$$x_1 = x_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

Tas ir, nekustīgam novērotājam liekas, ka visi kustošā novērotāja mērogi ir saīsinājušies $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ reizes.

Bet kāpēc gan tad mēs ikdienas dzīvē nenovērojam šādu laika un garuma mērogu saīsināšanos kustības dēļ? Atbildi dod tās pašas for-

mulas, un tā uzreiz ir redzama, ja proporcionalitātes koeficientu starp kustošiem un mierā esošiem garumiem un laika intervāliem kvadrātsakni $\left(\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\right)$ attēlojam grafiski, kā tas parādīts 8. attēlā.

Redzam, ka sakne sāk kaut cik

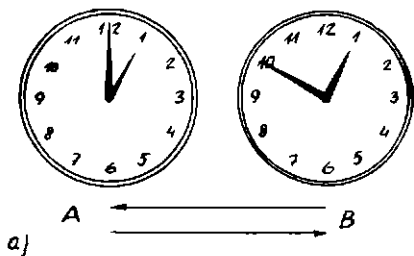


9. att. Relativistiskā laika palēnināšanās un garuma saīsināšanās. Uz horizontālās ass atlikta raķetes ātrumu attiecība pret gaismas ātrumu. Vertikālā ass rāda, cik reizes izmainījies garums vai laiks.

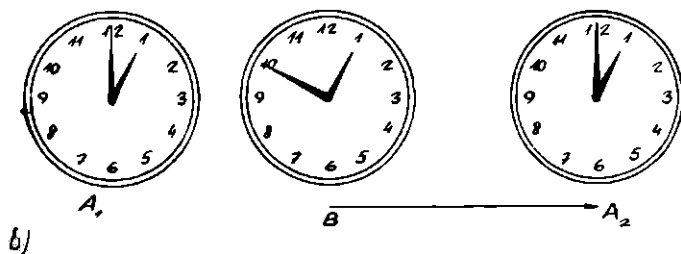
jūtami atšķirties no vieninieka tikai pie ātrumiem, kas tuvojas gaismas ātrumam. Tādēļ arī garumu saīsināšanās un laika palēnināšanās ir lielu ātrumu efekts jeb, kā pieņemts sacīt, — relativistisks efekts.

PULKSTEŅU PARADOKSS

Tātad relativitātes teorija noved pie secinājuma, ka pulksteņa gaita kustošam novērotājam ir lēnāka nekā mierā esošam. Pie tam šis efekts ir relatīvs, jo, kā apgalvo pirmais postulāts, pati vienmērīgā kustība ir relatīva. Tādēļ, ja divi novērotāji A un B atrodas viens pret otru vien-



a) Pulksteņu paradokss.



mērīgā taisnvirziena kustība, tad ir vienāga, kuru no tiem uzlūkojam par kustīgu. Bet kā tad ir ar laika saīsināšanos? Novērotājs A uzskatīs, ka miera stāvoklī atrodas viņš, bet kustas B , tātad B pulkstenis iet lēnāk. Turpretī B par nekustīgu uzlūkos sevi un, tātad, pēc viņa viedokļa, vajadzētu atpalikt A pulkstenim. Vai šie spriedumi nav pretrunīgi? Pagaidām vēl ne, jo runa iet par diviem dažādiem pulksteņiem, kas ne tik vien kā kustas viens pret otru, bet arī atrodas dažādos telpas punktos. Lai varētu jautājumu novest līdz loģiskai pretrunai, tie jānones vienā un tai pašā telpas vietā un jāsalīdzina.

Tādēļ rīkosimies, kā parādīts 9.a attēlā. Lai novērotāja A pulkstenis paliek turpat, kur bijis, bet kustīgā novērotāja B pulksteni momentā, kad novērotājs B dodas novērotājam A garām, uzstādīsim uz to pašu laika momentu, ko rāda A pulkstenis. Pēc tam, zināmu laiku ļāvuši B kustēties, lai tā pulkstenis, raugoties no A viedokļa, atpaliktu, atgriezām B

atpakaļ uz vietu, kur atrodas novērotājs A ar savu pulksteni. Ja nu tagad izdarām pulksteņu salīdzināšanu, tad arī nonākam pie slavenā pulksteņu paradoksa. Jo katrs no novērotājiem, kā jau teicām, turēties pie pārliecības, ka kustējies un tād nosebojies nevis viņa, bet gan partnera pulkstenis. Bet vienā vietā novietotu pulksteņu rādījumu starpība ir absolūta, jo nevar būt tā, ka viens pulkstenis gan ir, gan nav apsteidzis otru.

Vai tiešām šeit relativitātes teorijā būtu kļūda un tā novestu pie pretrunīgiem secinājumiem? Par laimi tā nav, jo kļūdaini ir mūsu pašu spriedums vai, pareizāk sakot, rīcība. Mēs šeit vienkārši secinājumu par kustoša pulksteņa atpalikšanu esam lietojuši nevietā. Jo mēs šo secinājumu ieguvām vienmērīgai taisnvirziena kustībai, un viegli saprast, ka ar šādu kustību vien pulksteni B nevar atgriezt atpakaļ. Lai atgrieztos atpakaļ, tam ātrums jāizmaina uz pretējo virzienu, bet šāda kustība jau būs paātrināta, un par tādu mēs neko vēl neesam runājuši. Tāpat nekādas pretrunas nav. Var rasties jautājums: ja arī pretrunu nav, kurš tad no abiem vienā vietā sanestiem pulksteņiem būs atpalicis. Vispārīgu atbildi uz šo jautājumu nevar dot, — viss atkarīgs no tās kustības veida, ar kuru mēs otro pulksteni atnesam atpakaļ. Šeit var būt kā viens, tā otrs gadījums. Vēlreiz mēģināsim atspēkot relativitātes teoriju. Ja mums tas neizdēvas ar diviem pulksteņiem, tad raudzīsim to izdarīt ar trijiem.

Aplūkosim pulksteņu paradoksu jaunā variantā, kā parādīts 9.b attēlā. Divi no šiem pulksteņiem tagad ir nekustīgā novērotāja A rīcībā, kamēr trešo lieto kustīgais novērotājs B . A izliek savus pulksteņus zināmā atstatumā vienu no otra B ceļā, iepriekš tos sinhronizējot, t. i., uzstādot uz tiem vienādu laiku. Sinhronizējot pulksteņus, protams, nedrīkst rīkoties tā, ka tos salīdzina savā starpā un pēc tam vienu atstāj uz vietas, bet otru pārnes. Kā mēs zinām, šādi pulksteņi vairs nebūs sinhroni, jo viens no tiem ir kustējies. Tādēļ pulksteņi vispirms ir jānoliek savās vietās un tikai tad jāsinhronizē. Sinhronizēšanu var izdarīt, piemēram, nosūtot no viena pulksteņa uz otru gaismas signālu. Ja pirmais pulkstenis nosūtīšanas momentā uzrāda laiku t , tad uz otrā pulksteņa signāla pienākšanas momentā jāatliek laiks $t + \frac{l}{c}$, kur $\frac{l}{c}$ ir laiks, kurā gaisma noskrien atstatumu l starp pulksteņiem. Tā kā abi pulksteņi turpmāk neliek kustināti, tad tie rādīs vienādu laiku.

Pieņemsim, ka novērotājs B ar savu pulksteni vienmērīgā taisnvirziena kustībā dodas pēc kārtas garām abiem pulksteņiem un salīdzina tos ar savu. Starpība ar iepriekšējo gadījumu tagad ir skaidra. Novērotājam B , lai salīdzinātu pulksteņus, nav vairs jādodas atpakaļ, un iepriekšējais iebildums atkrīt. Liekas, ka, atkārtojot tos pašus pārspringumus ko iepriekš, atkal nonākam pie paradoksa.

Kur šajā spriedumā ir kļūda? Kļūdaini šeit ir pieņēmums, ka pulk-

stēni A_1 un A_2 , kas ir sinhroni novērotājam A , tādi paliks arī novērotājam B . Mēs jau pirmās nodaļas piemērā redzējām, ka kustošam un mierā esošam novērotājam ir dažādi ieskaņi par notikumu vienlaicību. Tādēļ, kad B salidzina savu pulksteni ar A pirmo pulksteni, viņam liekas, ka A otrais pulkstenis ir stipri atpalicis. Līdz ar to nekāda pretruna pēc otrreizējas pulksteņu salidzināšanas nerodas, katrs no novērotājiem paliek pārliecībā, ka viņa pulkstenis iet ātrāk. Tātad arī šis mēģinājums atrast pretrunu relativitātes secinājumos, izrādās neveiksmīgs. Varētu, protams, izgudrot vēl dažādus pulksteņu paradoksa variantus, teiksim, izdarīt salidzināšanu ar gaismas signāla palīdzību vai kā citādi, bet arī tas pie pretrunas nenoved. Jāatzīst, ka, lai arī cik savādi dažubrīd mums liktos, šie secinājumi par laika gaitas un garuma mērogu maiņu atkarībā no novērotāja kustības no pretrunām tomēr ir brīvi.

CEĻOJUMS NĀKOTNE

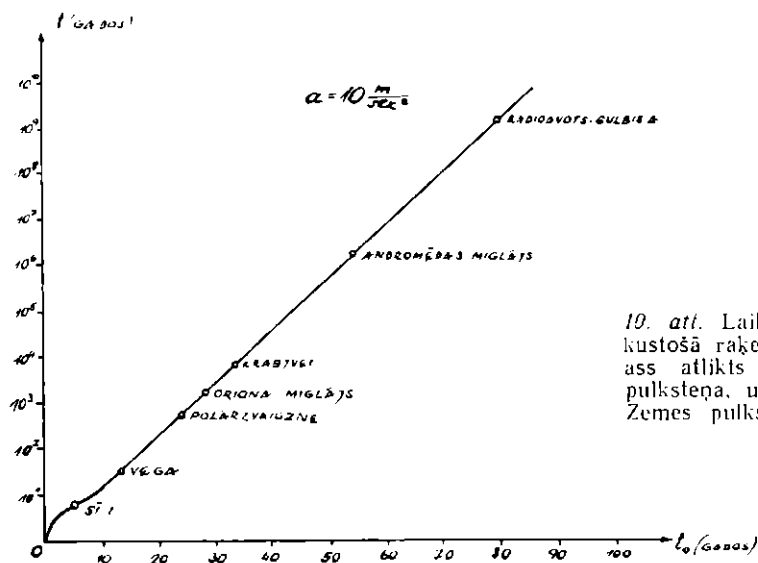
Saprotams, ka relativitātes teorijas eksperimentāla pārbaude iespējama vienīgi pie ļoti lieliem ātrumiem, jo vienīgi tur tās secinājumi sak atšķirties no klasiskās fizikas secinājumiem. Mēs šodien vēl neprotam kustēties ar tik lieliem ātrumiem, bet nākotnes kosmonauti droši vien to pratis, un tādēļ viņiem garumu saīsinašanās un laika palēnināšanās būs visai ikdienišķa lieta.

Bet viena iespēja eksperimentāli pārbaudīt relativitātes secinājumu par laika gaitas palēnināšanos kustošā sistēmā mums tomēr ir. Mūsdienu fizika pazīst vairākus nestabilu elementārdaļiņu paveidus, kas dažubrīd kustas ar ļoti lieliem ātrumiem. Tādi ir mezonu un hiperonu, kurus var sastapt kodolreakciju produktos, kas veidojas, kosmiskajiem stariem ejot cauri vielai, vai arī iegūstami mākslīgi ar elementārdaļiņu paātrinātāju palīdzību. Pēc relativitātes teorijas iznāk, ka jo ātrāk šīs daļiņas kustēsies, jo ilgāk tās dzīvos. To arī apstiprina eksperiments pilnīgā saskaņā ar mūsu iegūto formulu. Tātad laika palēnināšanās nav tikai teorētiska gudriba vien, bet ir gaužām reāla lieta.

Un tieši šis relativistiskais efekts kādreiz dos iespēju cilvēkam aizlidot neiedomājamās Visuma tālēs. Ja nebūtu šī efekta, tad, pat ceļojot raķetē, kas joņo ar pašiem lielākajiem iespējamiem ātrumiem, kas tikai nedaudz atšķiras no gaismas ātruma, cilvēks savā mūžā varētu nokļūt 60—70 gaismas gadu attālumā. Tātad tikai līdz tuvākajām zvaigznēm. Ceļojums ārpus Galaktikas robežām būtu praktiski nereāls. Bet relativitātes teorija šādu iespēju padara atkal reālu. Ar ātrumu, kas tuvs gaismas ātrumam, jeb, kā to parasti sauc, — relativistisku ātrumu joņojošā raķetē laiks rit ļoti lēni — to praktiski var pat apstādināt, un tādējādi viena cilvēka mūžā iespējams pārvarēt visfantastiskākos attālumus.

Taisnību sakot, aplūkojot šādu nākotnes kosmonautu ceļojumu, mēs nevaram pilnā mērā pielietot iepriekšējos secinājumus par laika gaitu kustošā sistēmā. Jo šie secinājumi attiecas tikai uz kustību ar nemainīgu ātrumu, kamēr kosmiskā raķete noteikti kustēsies paātrināti. Kā gan citādi lai sasniedz tik grandiozus ātrumus? Relativitātes teorija mums atļauj aplūkot arī vienkāršāko paātrinātās kustības gadījumu — vienmērīgi paātrinātu kustību, kad vienādos laika sprīžos ātrums palielinās par vienādu lielumu. Izrādās, ka vienmērīgi paātrināti kustošā sistēmā laiks arī rit lēnāk, tāpat kā vienmērīgās kustības gadījumā. Formula, kas saista abus laikus, šādā gadījumā gan ir krietni sarežģītāka, kādēļ to šeit nemaz neminēsim. To aizvieto 10. attēls, kur šī sakarība attēlota grafiski. Seit uz horizontālās ass atlikts laiks, ko rāda raķetē līdzpaņemtais pulkstenis, bet uz vertikālās ass atlikts laiks uz Zemes. Ceļojuma režīms izvēlēts tā, lai lidojums noritētu iespējami īsākā laikā. Tas nozīmē, ka raķete pusceļu lido ar degungalu pa priekšu, visu laiku palielinot ātrumu, bet tad apgriežas otrādi, lai ceļa otro pusi bremsētos. Šādā gadījumā raķete visu pirmajā pusceļā uzkrāto ātrumu otrajā zaudēs un, kā viegli saprast, pie mērķa nonāks visīsākajā laikā.

Kas attiecas uz paātrinājuma lielumu, tad tas šādā ilgstošā ceļojuma nedrīkst kaut cik ievērojami pārsniegt Zemes smagumspēka paātrinājumu, kas aptuveni vienāds ar 10 m/sec^2 . Kā pieredze rāda, ilgstoša pārslodze



10. att. Laika gaita paātrināti kustošā raķete. Uz horizontālās ass atlikts laiks pēc raķetes pulksteņa, uz vertikālās — pēc Zemes pulksteņa.

cilvēka organismam ir kaitīga. 10. attēlā parādīti daži interesantākie kosmiskie objekti atkarībā no laika, kas nepieciešams, lai minētajā optimālajā režīmā aizlidotu līdz tiem un atgrieztos atpakaļ. Tā kā lielāko ceļojuma daļu ātrums maz atšķiras no gaismas ātruma, tad vertikālā ass aptuveni dod arī attālumu gaismas gados līdz šiem objektiem. Redzam, ka lidojums pat līdz vistālākajiem mūsdienu astronomijai pazīstamajiem objektiem, kas atrodas vairāku miljardu gaismas gadu attālumā, pilnīgi paveicams viena cilvēka mūžā. Līdz ar to šāds ceļotājs būs veicis grandiozu lēcieni nākotnē, jo uz Zemes pa viņa ceļojuma laiku būs pagājuši vairāki miljardi gadu. Kas gan viss pa šo laiku nebūs noticis un izmainījies uz Zemes? Kāda gan būs cilvēka sajūta, ja, atgriezies atpakaļ uz Zemes, tas sastaps cilvēkus ar nesalīdzināmi augstāku kultūru un zināšanām, ko no viņa laikmeta atdala desmitiem un simtiem miljonu paaudžu? Pagaidām šo tematu risina galvenokārt fantastisko stāstu autori, bet kādreiz taču tā būs īstenība.

Atstāsim mūsu kosmisko ceļotāju pārdomās par savu turpmāko likteni un pievērsisimies citai problēmai, ko arī bieži apskata fantastiskos sacerējumos. Runa būs par jautājumu:

VAI KOSMONAUTI PIENĒMSIES SVARĀ?

Saskaņā ar relativitātes teoriju izmainās ne vien kustoša novērotāja mērogi un pulksteņa gaita, bet arī tā masa. Izmaiņa notiek pēc līdzīga likuma kā garumam un laikam. Proti, ja ar m_0 apzīmējam nekustoša novērotāja masu, bet ar m_1 tā paša novērotāja masu, kad viņš kustas ar ātrumu tad

$$m_1 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Tātad kustošs novērotājs «pieņemas masā». Pēc šīs sakarības iznāk, ka gadījumā, kad $v=c$, kustoša novērotāja masa m_1 ir bezgala liela. Tā, protams, ir bezjēdzība, kas nozīmē vienīgi to, ka neviens materiāls ķermenis, kuram ir no nulles atšķirīga miera masa, nevar aizsniegt kustības robežātrumu — gaismas ātrumu.

Bet kas gan šāda masas pieauguma dēļ notiks ar mūsu kosmonautu? Šķiet, viņš kļūs ļoti inerts, un pie raķetes ātruma niecīgākās izmaiņas to nospiedīs viņa paša milzīgais svars. Kā jau teicām, šādā nelaimē iekļuvušus astronautus palaikam var sastapt zinātniski populāros un fantastiskos sacerējumos. Tātad iznāk, ka kosmiskajiem ceļojumiem parādīties jauns šķērslis un musu astronautiem nekad neaizlidot līdz Andromēdas miglājam.

Par laimi tā nav! Tā spriežot, tiek aizmirsts, ka masas pieaugums ir tīri relatīvs. Tas nozīmē, ka novērotājam uz Zemes tiešām liksies, ka ar relativistisku ātrumu joņojošā raķete un visi tās iemītnieki ir pieņēmušies

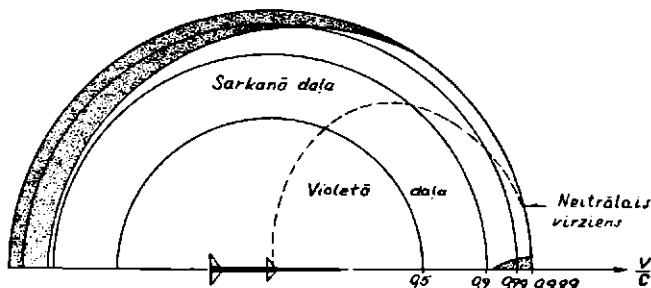
masā. Bet astronauti turpreti pret savu raķeti atradīsies mierā un tādēļ iebildīs pret jebkādu mēģinājumu uztiept viņiem pieņemšanos masā. Un, ja jau kaut kur ir meklējams šāds masas pieaugums, tad no astronautu viedokļa daudz pareizāk būtu to attiecināt uz Zemi. Jo tā taču attiecībā pret raķeti ar milzīgu ātrumu drāžas projām pasaules telpā, un tādēļ dabiski, ka masai jāpalielinās tieši uz tās. No tā var secināt, ka šis efekts nav vietā paša novērotāja sistēmā, bet tas parādās, raugoties no šī novērotāja viedokļa, kustošā sistēmā.

Ja relativistisko ātrumu kosmonautam no masas pieauguma nav ko baidīties, tad liela praktiska nozīme ir jautājumam par orientēšanos un sakaru uzturēšanu ar ārpusauli. Lielo ātrumu dēļ šie uzdevumi var būt stipri apgrūtināti. Patiesībā jautājums par kosmiskā kuģa orientāciju ir cieši saistīts ar citu problēmu:

KADA IZSKATĀS ZVAIGŽNOTĀ DEBESS, JA KUSTAMIES AR LIELU ĀTRUMU?

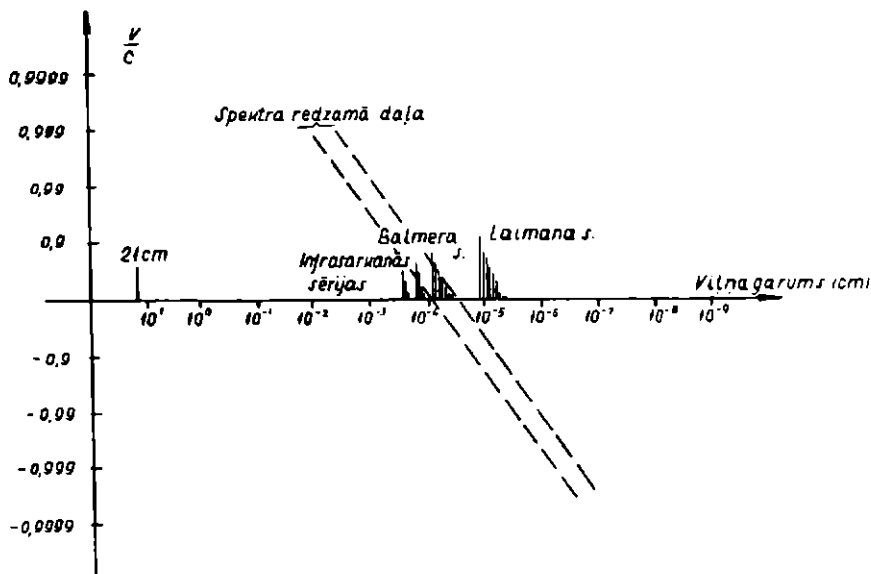
Galvenā nozīme ir diviem efektiem: Doplera efektam un aberācijai. Pirmais no šiem efektiem maina spīdekļu krāsu, otrs to izvietojumu pie debess. Abi šie efekti ir novērojami arī pie parastajiem ātrumiem, tikai tur to iespaids ir samērā neliels. Turpreti pie ātrumiem, kas samerojami ar gaismas ātrumu, tiem ir pavisam liela nozīme.

Doplera efektu mēs jau minējām, runājot par laika palēnināšanos kustīgā sistēmā. Ar šo efektu saprot gaismas viļņa garuma izmaiņu starojuma avota un novērotāja savstarpējās kustības dēļ. Uzskatāmības labā Doplera efektu parasti skaidro ar šādu piemēru: pieņemsim, ka starp kādu attālu nomali un galvaspilsētu satiksmi uztur vilciens, kuram šī attāluma veikšanai vajadzīga vesela nedēļa. Līdz ar to arī laikraksti šajā nomalē pienāk ar nedēļu lielu nokavēšanos. Ja tagad no šīs nomales ar vilcienu dosies ceļā pasažieris, pieturas vietās pērkot laikrakstus, tad viņš savā nedēļu ilgajā ceļojumā saņems ne vien tos, kas bija iznākuši pirms



11. att. Doplera efekta iespaids uz zvaigžnotās debess izskatu. Koncentrisko riņķu diametra pieaugšanai atbilst raķetes ātruma palielināšanās. Nosvīrotajos apgabalos zvaigznes nav redzamas.

12. att. Udeņraža redzamā spektra izmaiņa atkarībā no ātruma. Negatīvie ātrumi atbilst gadījumam, kad raķete un starojuma avots tuvinās, pozitīvie kad attālinās.



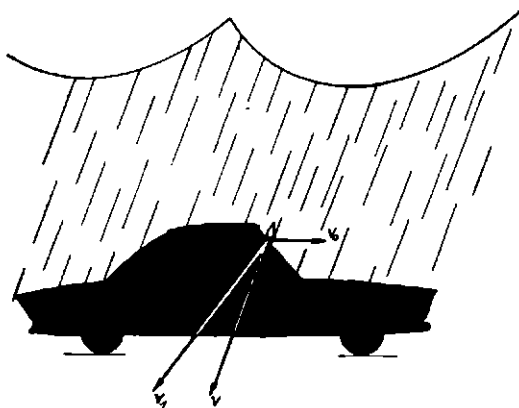
viņa izbraukšanas, bet arī tos, kas tiks izdoti pa viņa ceļojuma laiku. Tādēļ ceļotājiem var likties, ka laikraksti sākuši iznākt biežāk nekā parasti. Turpretī braucot prom no galvaspilsētas, laikraksti šķietami sāks iznākt retāk. Pilnīgi līdzīgs efekts vērojams arī, attālinoties no kāda svārstību (skaņas vai gaismas) avota vai tuvojoties tam. Pirmajā gadījumā svārstību biežums samazinās, otrajā pieaug. Tas tad arī ir Doplera efekts.

Relativistisko izteiksmi Doplera efektam mēs ieguvām jau agrāk, un tā arī satur visas nepieciešamās ziņas par šī efekta iespaidu. Tā kā abi viļņu garumi, ko atzīmē kustošais un mierā esošais novērotājs, ir proporcionāli, tad spīdekļa spektrs netiek izkropļots. Atstatumi starp spektrālīnijām arī mainās proporcionāli, un tādēļ viss spektrs kopumā pārbīdās uz violeto vai sarkano galu. Ja spīdeklis un novērotājs savstarpēji tuvojas, tad nobīde notiek uz violeto, ja attālinās — tad uz sarkano galu. 11. attēlā parādīts novirzes lielums atkarībā no spīdekļa izvietojuma pie debess sfēras. Redzam, ka, raķetes ātrumam tuvojoties gaismas ātrumam, arvien vairāk paplašinās apgabals, kurā zvaigžņu starojums pārbīdīts uz sarkano galu. Ābus apgabalu atdala neitrālais virziens, kas attēlā parādīts ar pārtrauktu līniju.

12. attēlā redzams, kā mainās udeņraža spektrs atkarībā no raķetes ātruma. Ar pārtrauktu līniju izdalīts redzamais spektrs, kas, kā zināms, aizņem viļņu garumus no 7000 līdz 4000 angstromiem (angstroms ir centimetra simtmiljonā daļa) 12. attēls rāda, ka, raķetei aizsniedzot vēl tikai pusi no gaismas ātruma, tās priekšgalā un aizmugurē spidošo zvaigžņu

redzamais spektrs jau pilnībā ir iebidīts neredzamajā apgabalā. Attālinoties mēs tik pazīstamo Balmera sēriju drīz vien ieraudzīsim infrasarkanajā spektra daļā un vēlāk pat radioviļņos. Tās vietā spektra redzamajā daļā ienāks ultravioletā Laimana sērija. Ātrumam turpinot augt, pamazām arī tā ieslidēs infrasarkanajā daļā, un redzamajā spektrā nekādu līniju vairs nebūs. Tas nozīmē, ka pati zvaigzne arī vairs nebūs redzama. Turpretī no tiem debess apgabaliem, kas mums tuvosies, mēs varēsim saredzēt infrasarkanā starojumu. Pie pietiekami liela ātruma redzamības joslā ienāks 21 cm ūdeņraža radiolīnija, un mēs varēsim redzēt, kā spīd galaktiskie neitrālā ūdeņraža mākoņi. Pēc šīs līnijas ieslidēšanas ultravioletajā daļā arī raķetes priekšgala nekas vairs nebūs redzams. Tātad raķetes priekšgalā un aizmugurē izveidosies zonas, kurās kosmonauti vairs neredzēs nirdzam zvaigznes. Zvaigžņotajā debesī būs izveidojušies divi tumši caurumi, un vienā no tiem ar milzu ātrumu drāzīsies iekšā raķete. Tātad Doplera efekta dēļ debess iegūs visai neparastu un sarežģītu izskatu.

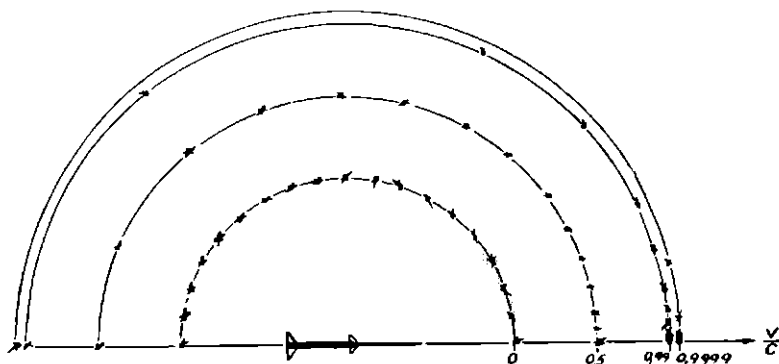
Pievērsīsimies tagad otram efektam, kas jūtami izmaina zvaigžņu sārkātojumumu pie debess sfēras aberācijai. Par aberāciju sauc starojuma avota šķietamo pārbīdi avota un novērotāja savstarpējās kustības dēļ. Astronomiem ļoti pazīstama ir zvaigžņu aberācija, ko rada Zemes gadskārtējā kustība ap Sauli. To atklāja jau 1728. gadā angļu astronoms Brad-



13. att. Lietus pilienu aberācija: v_0 — automašīnas ātrums; v — lietus pilienu ātrums; v_1 — lietus pilienu ātrums pēc automašīnā sēdošā novērotāja ieska-
tiem.

lejs. Aberācijas dēļ novērotājam uz Zemes zvaigznes šķiet pārvietojušās Zemes kustības virzienā par nelielu leņķi — ap 20 loka sekundēm. Tā kā Zemes orbitālais ātrums — 32 km/sek ir mazs, tad arī pārvietošanās ir neliela. Bet kustības ātrumam tuvojoties gaismas ātrumam, kā tas ir kosmiskajā raķetē, aberācija var būtiski izmainīt debess izskatu.

14. att. Aberācijas ie-
 spaisds uz zvaigžņotās
 debess izskatu. Vēro-
 jams, kā, ātrumam pie-
 augot, mainās sākot-
 nējais zvaigžņu izkār-
 tojums pie debess
 sfēras.



Kādēļ gan pastāv aberācija? Mēģināsim to paskaidrot ar šādu piemēru. Varbūt kāds no lasītājiem būs ievērojis, ka, lietainā laikā ejot, lietus lāses liekas kritam slīpāk nekā tad, ja stāv uz vietas. Vislabāk šo parādību pazīst automašīnu vadītāji. Ja automašīna stāv uz vietas, tad lietus pilieni krit gandrīz vertikāli, turpretī braucot ar lielu ātrumu, tie zem liela slīpuma sitas vadītāja kabīnes priekšējās rūtīs. Šī parādība nav nekas cits kā lietus pilienu aberācija. Tās cēloni paskaidro 13. attēls, kur parādīta ātrumu summēšanās apskatītajā gadījumā. Tā kā attiecībā pret vadītāju mašīna ir mierā, tad no lietus pilienu ātruma atskaita mašīnas ātrumu, līdz ar to pilieni liekas kritam slīpāk.

Līdzīga iemesla dēļ pastāv aberācija arī gaismai. Tikai pie lieliem novērotāja kustības ātrumiem ātrumu summēšana jāizdara jau pēc relativitātes teorijas likumiem. Kā šeit atkarībā no raķetes ātruma mainās spīdekļu redzamais izvietojums pie debess sfēras, rāda 14. attēls. Redzams, ka, ātrumam augot, zvaigznes arvien vairāk salasās raķetes priekšgalā. Visa debess kosmonautiem liksies saspiesta nelielā aplī ap raķetes priekšgalu, un tikai aizmugurē vienluļi mirdzēs spīdeklis, no kura startējusi raķete.

Patieso debess izskatu pie relativistiskiem ātrumiem mēs iegūsim, apvienojot abas ainas, kas parādītas 11. un 14. attēlā, jo vienlaicīgi pastāv kā Doplera efekts, tā aberācija. Tātad raķetes priekšgalā būs neliels tumšs aplītis, kurā nemirdzēs neviena zvaigzne. To ietvers šaura, ļoti spilgta violetas krāsas joslīņa, kura pakāpeniski pāries bālganāka. Aiz tās sekos jau platāka sarkanas krāsas joslā, kura savukārt pāries infrasarkanajā un radioviļņus starojošā joslā. Un visā tālākajā un lielākajā debess apgabalā valdīs neaurredzama tumsa, jo tur visas zvaigznes būs izdzēstas Doplera efekta un aberācijas kopīgās darbības dēļ. Tātad nākotnes kosmonauti debesi redzēs gaužām savdabīgā izskatā.

Viegli saprast, ka radiosakaru uzturēšana šādos apstākļos būs ļoti sarežģīta problēma. Ja mūsu lidojuma režīms būs tāds, kā iepriekšējās

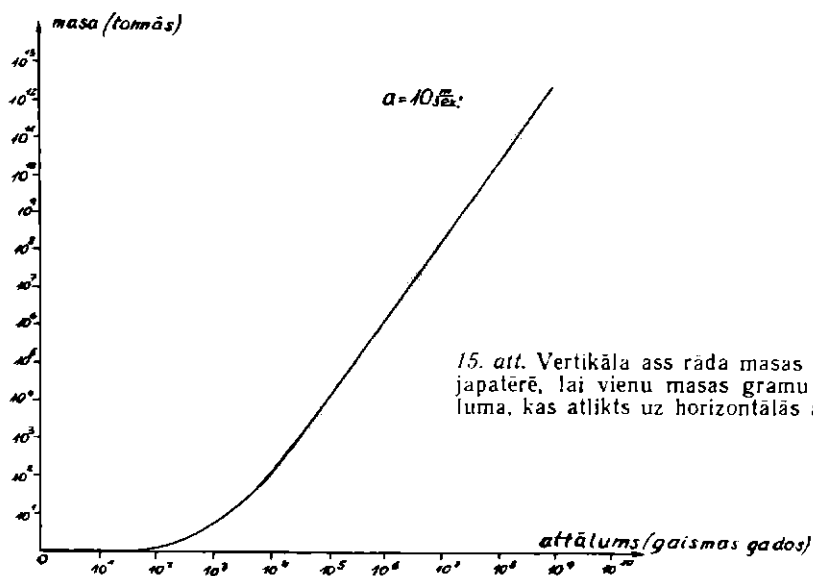
nodaļās aplūkotais, tad sistemātiski pārvietosies radiosignālu nesējfrekvence un krišanas virziens. Un, ja arī nākotnes raidītājiem pietiktu jaudas tik grandiozu attālumu pārvarēšanai, tad tomēr signālu uztveršana kļūtu visai problemātiska viņa garuma lielās pārbīdes dēļ. Drīzāk gan liekas, ka šādi liela ātruma kosmiskie kuģi lidos pilnīgā atrautībā no Zemes, jo jebkura sakaru uzturēšana būs kļuvusi neiespējama.

KOSMISKO LIDOJUMU ENERĢETIKA

Līdz šim mēs esam atstājuši novārtā pašu svarīgāko jautājumu, kas saistās ar šādiem liela ātruma kosmiskajiem lidojumiem: kur ņemt lidojumam nepieciešamo enerģiju. Pie pašreizējā mūsdienu zināšanu līmeņa kā vienīgo līdzekli relativistisko ātrumu sasniegšanai var norādīt fotonu raķeti. Tajā enerģijas iegūšanai izmantos vielas un antivielas anihilāciju lielas enerģijas fotonos. Tas pagaidām ir vienīgais fizikā pazīstamais paņēmieni, kā atbrīvot visu vielā apslēpto enerģiju, kura pēc pazīstamās relativitātes teorijas formulas ir vienāda ar $E=mc^2$, kur m — anihilējušās vielas masa. Anihilējot izveidojusies fotonu plūsma tad arī grūz raķeti uz priekšu. Fotonu plūsma ir ļoti izdevīga tāpēc, ka tai ir pats lielākais izplūšanas ātrums — gaismas ātrums, un tāpēc raķetei tiek pielikts maksimālais dzinējspēks.

Jautājumu, kā tehniski realizēt šādu fotonu dzinēju, atstāsim nākotnes inženieriem un tā vietā palūkosimies, cik liels masas daudzums jāpārvērš fotonos, lai, teiksim, aizlidotu līdz Andromēdas miglājam. 15. attēlā parādīts, cik daudz masas jāpārvērš fotonos, lai vienu masas gramu aiznestu attālumā, kas atlikts uz horizontālās ass. Redzam, ka viena masas grama aizgādāšanai līdz Andromēdas miglājam jāpārvērš fotonos miljons tonnu masas. Kā redzam, skaitlis ļoti iespaidīgs. Bet reālās raķetes lietderīgā krava jau nebūs tikai vienu gramu liela vien. Vismaz kādas 10 tonnas jau nu jāreķina! Tātad minētais skaitlis jāpalielina 10^7 reizes. Un, ja nu vēl mums jāņem līdzī krājumi atpakaļceļam, jo, kas zina, varbūt, ka uz svešo zvaigžņu planētām vajadzīgo degvielu neizdosies atrast, — tad rezultāts vēl jāceļ kvadrātā. Tātad kopsummā sanāks ap 10^{26} tonnas. Bet, lai sagādātu šādu masas daudzumu, par maz būs ne tikvien Zemes, bet arī visu pārējo planētu kopējās masas, 10^{26} tonnas — tā jau ir $1/20$ no visas Saules masas. Jā, patiesi, pēc šādas masas aizlidošanas Saules sistēma uzreiz manāmi saruks.

Mēs tikai varam minēt, kā šo problēmu atrisinās nākotnes inženieri. Varbūt viņi vairs nelietos raķetes, kas šobrīd tik nedalīti valda mūsu priekšstatos par īstu kosmisku ceļojumu. Varbūt viņi pratīs izmantot starpzvaigžņu un galaktiku magnētisko vai gravitācijas lauku enerģiju, vai varbūt pierikos saviem kuģiem grandiozus starpzvaigžņu vielas savācējus,



lai kustētos ar enerģiju, kas atbrivojas, kosmiskajiem putekļiem un gāzei pārvērsties gaismā. Lai arī kā būtu, bet ņemt līdzī degvielu no Zemes, kā to rāda šie vienkāršie apsvērumi, ir pārāk neracionāli, pat neiespējami.

To problēmu skaits, kas saistās ar liela ātruma kosmiskajiem lidojumiem, ir neparasti liels. Ne mazāk svarīgs par apskatītajiem, piemēram, ir jautājums, kā izvairīties no kosmiskās vides postošā iespaida. Tās putekļi un atomi taču drāzīsies virsū starpzvaigžņu kuģim ar milzu ātrumu, bombardēs to, izraisot kuģa apvalkā kodolreakcijas, kas itin drīz noārdīs kuģa aizsargčaulu. Vai atkal, piemēram, jautājums — pēc kādiem principiem jānotiek šāda kuģa vadīšanai. Kas lai zina, ar kādiem šķēršļiem tam tālajā ceļā nāksies sastapties, kādēļ tā kursu nevarēs pilnībā visos sīkumos izskaitļot uz Zemes. Acīm redzot, kosmonautiem pašiem nāksies šos neparedzētos šķēršļus atklāt un apiet. Bet pie relativistiskiem ātrumiem raķetei ir milzīga inerce, un tādēļ, lai izvairītos no sadursmes, stūrēšana būs jāuzsāk jau ļoti lielā attālumā no šķēršļa, kad to varbūt vēl lāgā nemaz nevar pamanīt.

Visas šīs problēmas ir ļoti svarīgas. Bet šodien mūsu ricībā ir pārāk maz ziņu, lai kaut ko konkrētu par tām varētu sacīt. Tādēļ nobeigsim ar jautājumu, kas, jādodomā, visus interesē visvairāk —

KAD NOTIKS LIDOJUMI, PAR KURIEM MĒS ŠEIT RUNĀJĀM?

Kad cilvēka roku radīts kosmosa kuģis pirmo reizi pacelsies no Zemes, lai, uzņemot relativistisku ātrumu, startētu tālajam lidojumam uz nākotni? Ir grūti dot atbildi uz šo jautājumu. Kas to lai zina! Varbūt pēc pāris simt vai tūkstoš gadiem. Labāk lai lasītājs atbild pats pēc saviem ieskatiem.

Bet, lai arī kad tas notiktu, tas būs ļoti interesants laikmets cilvēces vēsturē. Saskaršanās ar svešām pasaulēm un civilizācijām dos varenu impulsu cilvēces attīstībai. Visā tās gadu tūkstošiem ilgajā pastāvēšanas posmā uzkrātās zināšanas nevarēs mēroties ar tām, ko atnesīs kosmiskie reisi uz planētām, kuru iedzīvotāji, iespējams, atrodas uz daudz augstākas attīstības pakāpes nekā mēs. Ko gan nākotnes kosmonauti atradis sev priekšā uz šiem tālajiem debess ķermeņiem, ko apspīd svešas zvaigznes? Kādi būs to iemītnieki? Vai līdzīgi mums, vai varbūt tik atšķirīgi, ka nekāda saprašanās nebūs iespējama? Būtu pārsteidzīgi šodien censties izdarīt par to kādus nebūt secinājumus. Jo, lai arī cik neapvaldīts būtu fantāzijas lidojums, tas tomēr balstās uz ikdienā iegūtajām atziņām un pieredzi, lai cik varena mums liktos šīsdienas zinātne, tā izdara savus secinājumus, izejot no novērojumiem, kas iegūti plašā un neaptveramā Visuma niecīgā stūrīti.



KAS JAUNS ASTRONOMIJĀ

REISS «ZEME—MĒNESS»

Mūsdienās raķešu tehnika sasniegusi tādu līmeni, ka cilvēce var sākt gatavoties citu kosmisku ķermeņu apgūšanai. Jau 4 gadus ap Zemi riņķo mākslīgie pavadoņi, kosmiskā telpā aizlidojuši Saules pavadoņi, automātiskās starpplanētu stacijas. Visa pasaule uzgavilēja kosmonautiem — J. Gagarinam un H. Titovam, kuru sasniegumi savilņoja visu cilvēci.

Tagad vairs neviens nešaubās, ka tuvākajos gados cilvēks spers pirmos soļus uz Mēness, lai no Zemes mūžīgā pavadoņa Mēness virsmas sniegtu zinātnei nepieciešamos datus par pirmo starpplanētu reisu.

Nacionālā aeronautikas un kosmiskās telpas pārvalde (ASV) 1961. g. janvārī noslēdza līgumu ar firmu «Hughes Aircraft Co». Minētā firma apņēmās izprojektēt un izgatavot bezpilota aparātu «Surveyor», kas varētu nolaisties uz Mēness.

Amerikāņi projektē no 1963. līdz 1968. gadam no Kanaveralas raga starta laukuma palaist septiņus «Surveyor» tipa kosmiskos aparātus. To raidīšanai kosmiskā telpā domā izmantot «Centaur» tipa ba-

listiskās starpplanētu raķetes. Projekta «Surveyor» tehniskā iekārta izmaksās 50 miljonus dolāru.

Lidojumā «Surveyor» stabilizēsies tādā stāvoklī, lai antena vienmēr būtu vērsta pret Zemi. Viss lidojums ilgs 68 stundas (2,83 diennaktis), bet 20 stundas lidojumu varēs vadīt, šai laikā labojot trajektoriju, lai nodrošinātu iespējamāku kosmiskā aparāta satikšanos ar Mēnesi.

Uz trim ar speciāliem amortizatoriem apgādātām «kājām» kosmiskais aparāts «Surveyor» nolaidīsies uz Mēness virsmas. Aparātā iebūvētās 2 cietas degvielas bremsējošās raķetes nodrošinās lēnu nolaišanos, vienlaicīgi labojot aparāta orientāciju. Nolaišanās ātrums nepārsniegs 4,5 m/sek, kas ir mazāks par ātrumu, ar kādu nolaižas izpletņa lēcējs.

Dzinēja bremsējošo raķešu vadību realizēs pēc radioaltimetra rādījumiem, kas darbosies pēc Doplera principa.

Kosmiskam aparātam, izejot orbitā, svars būs 1130 kg. Pēc nolaišanās svars samazināsies līdz 340 kg, no kuriem 225 kg svērs konstrukcija, sakaru aparatūra un ierīce, kas saturēs temperatūras mē-

rīšanas iekārtu. Temperatūras mērījumi ir ļoti svarīgi, jo tā atkarībā no Mēness diennakts «stundas» mainās robežās no $+135^{\circ}\text{C}$ līdz -150°C — -160°C . Tādēļ jo svarīgi uzzināt, kāds karstums vai aukstums nākamos kosmonautus sagaida tajā vai citā Mēness «stundā». Pārējie 115 kg kravas būs televīzijas kameras, seismometri, kas ļaus konstatēt Mēness virsmas svārstības un meteorītu triecienus, magnetometri, lai noteiktu Mēness magnētisko lauku (ja tas eksistē, jo ar līdz šim palaistajiem kosmoskariem kuģiem tas nav konstatēts), aparāti, lai noteiktu smaguma spēku, radiāciju un atmosfēras parametrus, ja vispār atmosfēra eksistē. Televīzijas kameras uzstādītas tā, lai varētu griezties 360° pa azimutu un 15° uz augšu, kā arī 45° zem horizonta.

Kosmiskais aparāts «Surveyor» būs apgādāts arī ar speciālu uršanas iekārtu, kas ļaus iegūt līdz 45 cm dziļumam virskārtas paraugus, lai izdarītu to ķīmisku analīzi. Šo iekārtu vadīs no Zemes, izmantojot vienu no televīzijas kamerām.

Jāatzīmē, ka tas ir viens no projektiem, ko domā realizēt ASV

Diena, kad notiks pirmais starpplanētu reiss «Zeme—Mēness», nav aiz kalniem!

G. Rozenfelds

VAI OKEĀNU ŪDEŅI NĀK NO SAULES?

Lai izskaidrotu novērotās komētu astu kustības, astronoms L. Birmans (L. Biermann) pieņem,

ka Saules vainags emitē ļoti ātras daļiņas. To kopējā masa novērtēta apmēram 24 miljoni tonnu sekundē ($2,4 \times 10^{13}$ g/sek). Tā ir galvenokārt ūdeņraža atomu kodolu — protonu un elektronu plūsma. Daļa no šiem protoniem apmēram vienas dienas laikā sasniedz Zemes orbitu. Šīs lādētās daļiņas uztver un saista Zemes magnētiskais lauks.

Pašlaik Zemes vecumu vērtē ap 3,3 miljardiem gadu. Domājams, visu šo laiku Zemeslodi ir apskalojusi šī protonu plūsma, jeb, lietojot citu, tēlainu izteicienu, to ir apputis Saules vējš, un tas turpinās arī šodien. Nesen atklātās radiācijas joslas ap Zemi liecina, ka Zemes magnētiskais lauks vēl 12,3 Zemes rādiusu attālumā no centra spēj saistīt protonus un elektronus. Ja tas tā ir bijis visā Zemes pastāvēšanas laikā, tad var aprēķināt, ka mūsu planēta ir saņēmusi no Saules $1,7 \cdot 10^{23}$ g jeb $1,7 \cdot 10^{17}$ tonnu ūdeņraža. Pilnīgi oksidējot šo ūdeņraža masu, iegūtu ap $1,53 \cdot 10^{24}$ g jeb $1,53 \cdot 10^{18}$ tonnu ūdens. Ir aprēķināts, ka okeānu ūdeņu masa pašreiz ir ap $1,42 \cdot 10^{16}$ tonnām. Ievērojot šo skaitļu labo saskaņu, Turvills (C.M. de Turville) izvirza hipotēzi, ka mūsu jūras varētu būt veidojušās pakāpeniski, pievienojot ik sekundes apmēram pusotras tonnas Saules ūdeņraža.

Pēc minētā autora domām par labu šai hipotēzei liecina arī jūras ūdeņu izotopiskais sastāvs. Dabiskajos ūdeņos sastopam divus ūdeņraža izotopus: parasto ūdeņradi, kura atoma kodols sastāv no viena protona, un smago ūdeņradi, kuram

kodolu veido viens protons un viens neitrons. Smago ūdeņradi sauc par deiteriju. Jūras ūdenī deiterija masa sastāda tikai $\frac{1}{6700}$ no ūdeņraža masas. Pēc A. Severnija aprēķiniem, tādā pašā attiecībā ir deiterijs pret ūdeņradi arī Saules virsmā. Ja nu pieņem, ka jūras ūdenī sastopamais deiterijs nācis no Saules, tad iznāk, ka katrs Saules virsmas kvadrātcen-timētrs izstaro 35 miljardus deite-rija atomu sekundē. Bet šī deiterija rašanās ir vēl neatrisināts Saules fizikas jautājums.

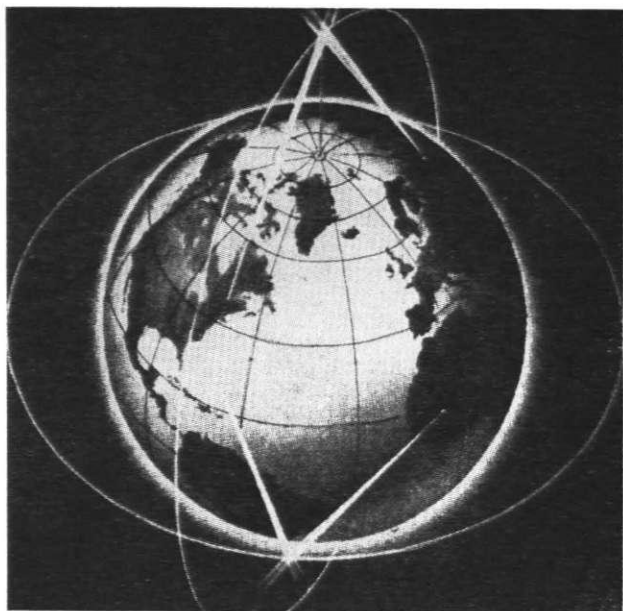
M. Zepe

PROJEKTS «WEST FORD»

Pēdējā laikā visas pasaules zi-nātniskajās iestādēs tiek apspriests amerikāņu t. s. «West Ford» pro-je-kts. Saskaņā ar šo projektu pa-redzēts izveidot ap Zemi divus me-tala adatiņu gredzenus, kas kalpotu ultraisviļņu retranslācijai visapkārt zemeslodei (16. att.).

Ultraisviļņu radiosakari līdz šim notiek tikai tiešas redzamības robe-žās vai arī ar retranslācijas staciju palīdzību. Lai palielinātu sakaru tā-lumu, dažkārt izmanto to apstākli, ka radioviļņi atstarojas no meteoru pēdām. Ir arī projekti, kas paredz radioviļņu retranslācijai izmantot Zemes mākslīgos pavadoņus vai Mēnesi.

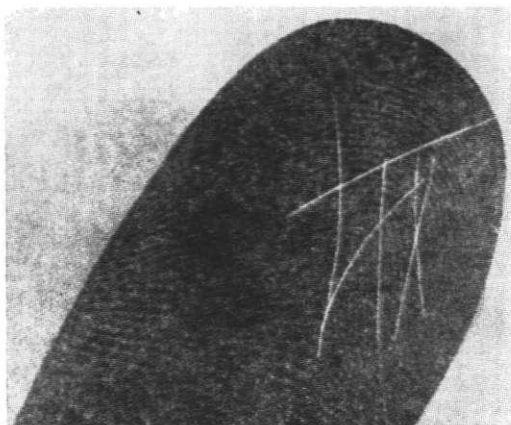
Projekts «West Ford» paredz pa-laist ZMP orbītā 3—4 tūkstošu km augstumā vairākus desmitus tonnu metala adatiņu. Domā, ka tās pēc



16. att. Projektā paredzētās metala adatiņu joslas ap Zemi.

pāris mēnešiem izklistu pa visu or-bītu, izvietotām caurmērā ap 300 m tālu cita no citas. Adatiņas pagatavos no vara, un to garums būs ap 1,2 cm, bet diametrs — ap $\frac{1}{3}$ no cilvēka mata diametra (17 att.) Šādas joslas pastāvēs da-žus mēnešus, augstākais, dažus gadus, bet pēc tam nonāks atmo-sfērā un sadegs kā meteori.

Projekta autori uzskata, ka šā-das metala joslas netraucēs nedz astronomiskos, nedz radioastrono-miskos novērojumus un ka tās arī nebūs bīstamas kosmiskajiem ku-ģiem. Turpretī vairums zinātnieku izsaka nopietnas bažas par šo joslu ietekmi uz starpplanētu satiksmi un arī atmosfēras optiskajām un radio-īpašībām. Sai sakarībā PSRS ZA



17 att. Vara adatiņas salīdzinājumā ar cilvēka pirkstu.

prezidents M. Keldišs nosūtījis vēstuli ASV ZA prezidentam, kurā norāda, ka izmestās adatiņas var radīt nopietnas briesmas ZMP, sevišķi tiem, kuros atradīsies cilvēki. Bez tam atmosfēras augstāko slāņu piesārņošana var ievērojami ierobežot astronomisko novērojumu precizitāti. Tāpēc PSRS ZA iebilst pret šā projekta realizāciju.

N. Cimahoviča

KOMĒTAS UN BIOFIZIKĀLIE PROCESI VIRS ZEMES

Vairāk nekā pusgadsimtu zinātnieki ir pētījuši komētu gaismas spektrus. Šeit izcila nozīme P Svingsa (P Swings) un L. Hāzera (L. Haser) darbiem, kas ir apkopojusi un sistematizējuši minētos pētījumus. Šie spektri liecina, ka komētām atrodies mazāk nekā 3 astronomisko vienību attālumā no

Saules, to astēs un galvās ir liels skaits dažādu divatomīgu un trīsatomīgu molekulu un tā saucamo radikāļu, kā arī molekulāro jonu. Tur sastopam CN, CH, CH₂, C₂, C₃, NH, NH₂, OH, CH⁺, OH⁺, CO⁺, N₂⁺ un CO₂⁺. Intensīvākās ir CN, C₂ un C₃ spektra joslas.

Vairāki astronomi, kā H. Juri (H. Urey), V. Fesenkovs un F. Vipls (F. L. Whipple), ir pētījuši komētu sadursmes ar Zemi un Mēnesi, jo, pēc viņu domām, jābūt sakaram starp šīm sadursmēm un dažām parādībām virs Zemes. Ir novērtēts, ka pašlaik Saules sistēmā ir ap 40 miljonu komētu. Visā 3—5 miljardu gadu garajā Zemes mūžā apmēram 100 komētas ir uzskrējušas tai virsū vai arī gājušas tai ļoti tuvu garām. Šis skaitlis var būt arī lielāks. Šajās sadursmēs Zeme ir saņēmusi daudz komētu vielas, galvenokārt oglekļa savienojumus. Ir aprēķināts, ka pirmajos 2 miljardos gadu Zemes masa būs tādā kārtā palielinājusies par 2·10⁸—1·10¹² tonnām.

Sadursmes laikā radās liels spiediens, un tā ietekmē varēja sākties ķīmiskas reakcijas starp minētajām molekulām, radikāļiem un joniem. Tā varēja rasties lielākas molekulas, kas jau satur 2—6 oglekļa atomus. Tā varēja veidoties dažādas aminoskābes.

Lai pārbaudītu šādu reakciju iespējamību, J. Oro savā laboratorijā ir eksperimentējis ar līdžīgu savienojumu maisījumu. Kādos 50 eksperimentos viņš vienlaicīgi ieguvis vairākas aminoskābes un vēl citus bioķīmiskus produktus. Tāpēc J. Oro

uzskata par iespējamu, ka tādi bioķīmijā svarīgi produkti kā amino-skābes, polipeptīdi, purīni, pirimīdīni, imidazoli un pentozes var būt veidojušies no komētu vielas Zemes jaunības gados. Pēc J. Oro domām, šī hipotēze nav pretrunā ar A. Oparina un citu zinātnieku pētījumiem par dzīvības izcelšanos uz Zemes, bet tos papildina.

Lai kvantitatīvi pārbaudītu šo hipotēzi, nepieciešami daudzi, rūpīgi pētījumi. Precīzāk jānoskaidro komētu skaits Saules sistēmā, to ķīmiskais sastāvs, tāpat jāpētī putekļu mākoņi ap Zemi.

M. Zepe

DAŽAS INFRASARKANĀS ABSORBCIJAS LINIJAS SAULES SPEKTRĀ

Vēl nesen Saules spektrs bija maz izpētīts ultravioletajā un infrasarkanajā daļā, jo tieši šajās spektra daļās Zemes atmosfēras molekulām ir spēcīgas absorbcijas joslas. Ultravioletos starus absorbē galvenokārt ozons, infrasarkanos — ūdens tvaiki.

Pēdējos gados ir radušās iespējas pētīt arī šos spektra apgabalus. Ar raķetēm vairākkārtīgi ir pacelti instrumenti tik augstu virs Zemes, ka atmosfēras traucējumi kļūst niecīgi.

Jau agrāk «Zvaigžņotā Debesī» ziņojām, ka šādā kārtā ir atklātas daudzas līnijas Saules ultravioletajā spektrā. Nesen angļu zinātnie-

kiem izdevās atklāt līnijas arī infrasarkanajā spektrā, pacelot spektrografu 9 km augstu. Tās ir absorbcijas līnijas, kas radušās, infrasarkanajam starojumam ejot cauri Saules atmosfērai. Lai pārlicinātos, ka šīs līnijas tiešam nav radušās, absorbējoties Zemes atmosfērā, instrumentus pacēla vēl augstāk, līdz 12 kilometriem. Izrādījās, ka līniju intensitāte no tā nemainījās. Turpretī, ja absorbcija būtu notikusi Zemes atmosfērā, intensitāte būtu samazinājusies.

Zemes atmosfērā šīs līnijas absorbē ūdens tvaiki. Bet kāpēc tās absorbējas Saules atmosfērā, kur augstās temperatūras dēļ ūdens molekulas nevar pastāvēt?

Aprēķini rāda, ka šādas līnijas var absorbēt arī ūdeņraža atomi, ja tie ir augsti ierosinātā stāvoklī. Ta starp atklātajām līnijām ir tādas, kas rodas, elektronam pārlecot starp šādiem enerģijas līmeņiem: 3—4, 4—8 un 4—6. Šīs līnijas iekrit divu intensīvu ūdens absorbcijas joslu rajonā, un tāpēc tās līdz šim nebija konstatētas. Pēc šo līniju intensitātes varēs spriest, kāda daļa ūdeņraža atomu Saules atmosfērā atrodas attiecīgā ierosinājuma stāvoklī. No otras puses, varēs korigēt arī līdzšinējos datus par ūdens tvaika daudzumu Zemes atmosfērā. Līdz šim to novērtēja pēc absorbcijas līniju intensitātes, pieņemot, ka visu absorbciju nosaka ūdens tvaiks Zemes atmosfērā.

M. Zepe

DAŽI DATI PAR ZEMES

Nosaukums	Apzīmējums	Palaišanas datums	Sākotnējais apriņķošanas periods min.	Perigeja augstums km	Apogeja augstums km	Leņķis starp orbītas un ekvatora plakni	Svars kg
Discoverer 15	1960 μ	1960. g. 13. sept.	94,19	201,6	758,4	80° ₉	771,1
Courier 1B	1960 ν_1	1960. g. 4. okt.	106,9	949,2	1233,6	28° ₃	226,8
Explorer 8	1960 ξ_1	1960. g. 3. nov.	112,75	420,8	2704	50°	40,8
Discoverer 17	1960 \circ	1960. g. 12. nov.	96,5	184,0	1018	81° ₆	952,5
Tiros 2	1960 π_1	1960. g. 23. nov.	98,19	608,0	740,8	48° ₆	127,0
6. padomju ZMP ... 3. kosmiskais kuģis	1960 ρ_1	1960. g. 1. dec.	88,6	166,7	231,5	64° ₉₇	4563
Discoverer 18	1960 σ	1960. g. 7. dec.	93,62	228,8	672,0	81° ₄₈	951,5
Discoverer 19	1960 τ	1960. g. 20. dec.	92,94	206,4	612,4	83° ₄₀	950
Samos 2	1961 α	1961. g. 31. janv.	95,0	480,0	560,0	97° ₄₀	2000
padomju ZMP	1961 β_1	1961. g. 4. febr.	89,8	223,5	327,6	64° _{57'}	6483
Automātiska starpplanētu stacija (ASS)	1961 γ_1	1961. g. 12. febr.	Sākotnējā orbīta ap Zemi tāda pati kā 1961 γ_3 orbīta				643,5
8. padomju ZMP, kas nesa ASS	1961 γ_3	1961. 12. febr.	89,6	222	280	65°	

MĀKSLĪGAJIEM PAVADOŅIEM

Nosaukums	Forma un izmēri cm	Mērijumi	Raidītāja frekvence MHz	Mūža ilgums u nokrišanas vai nolaišanās datums
Discoverer 15	cilindrs ar konu $l=579$; $\varnothing=152$	Kapsula gaisā ieraudzīta, tomēr uztvert to neizdevās, un tā pazuda jūrā		34 dienas; 1960. g. 18. okt. 500 gadi
Courier 1B	lode $\varnothing=129,5$	Sakaru pavadoņi; radio-signalu uztveršana un pārraidīšana		
Explorer 8	dubults kons $l=76,2$; $\varnothing=76,2$	Jonosfēras pētījumi	108,00; 138,00	20 gadi
Discoverer 17	cilindrs ar konu $l=262$; $\varnothing=152,4$	Radiācijas iedarbības pētīšana uz bioloģiskiem paraugiem; kapsula uztverta gaisā		47 dienas; 1960. g. 29. dec.
Tiros 2	cilindrs $l=48,3$; $\varnothing=106,7$	Meteoroloģiskās prognozes; mākoņu segas fotografēšana	237,8; 235; 108; 108,3	20 gadi
6. padomju ZMP — 3. kosmiskais kuģis		Bioloģiski un medicīniski pētījumi kosmiskā lidojuma apstākļos; kosmiskās telpas fizikālie pētījumi	19,995	1960. g. 2. dec.
Discoverer 18	cilindrs ar konu $l=762$; $\varnothing=152,4$	Radiācijas iedarbības pētīšana uz bioloģiskiem paraugiem		2 mēneši
Discoverer 19	cilindrs ar konu $l=762$; $\varnothing=152,4$	Zemes infrasarkanā starojuma pētījumi		1 mēnesis
Samos 2	cilindrs $l=670$; $\varnothing=152,4$	Zemes virsmas fotografēšana		
7. padomju ZMP		Konstrukcijas elementu un trajektorijas mērīšanas aparāturu parametru radiotelemetriskā kontrole		
Automātiskā starpplanētu stacija; 8. padomju ZMP	cilindrs	1. reizi vēsturē no ZMP starpplanētu trasē ievirzīts vadāms aparāts — automātiskā starpplanētu stacija, kuras trajektorija virzīta Venēras virzienā. Galvenie uzdevumi: pārbaudīt kosmiska objekta ievadīšanas metodes starpplanētu trasē; ultratālo radiosakaru pārbaude; Saules sistēmas izmēru precizēšana un fizikālie pētījumi kosmosā	922,8	

Nosaukums	Apzīmējums	Palaišanas datums	Sākotnējais aprīkošanas periods min.	Perigeja augstums km	Apogeja augstums km	Leņķis starp orbitas un ekvatora plakni	Svars kg
Explorer 9	1961 δ_1	1961. g. 16. febr.	118,3	637	2579	38° ₉	6,8
Discoverer 20	1961 ϵ_1	1961. g. 17. febr.	95,4	296	796	80° ₉₁	1111
Discoverer 21	1961 ζ	1961. g. 18. febr.	93,8	251	1300	80° ₇₄	952
Transit 3B	1961 η	1961. g. 22. febr.	96,32	169	1002	28° ₃₇	590
9. padomju ZMP — 4. kosmiskais kuģis	1961 θ_1	1961. g. 9. martā	88,6	183,5	248,8	64° _{56'}	4700
10. padomju ZMP — 5. kosmiskais kuģis	1961 i_1	1961. g. 25. martā	88,42	178,1	247	64° _{54'}	4695
Explorer 10	1961 κ	1961. g. 25. martā		176	180	33°	38
Discoverer 23	1961 λ_1	1961. g. 8. apr.	94,1	294,4	644,8	82° _{31'}	955
Kosmiskais kuģis Vostok 1	1961 μ_1	1961. g. 12. apr.	89,33	181	327	64° _{57'}	4725
Explorer 11	1961 ν_1	1961. g. 27. apr.	108,05	483,2	1777,6	28° ₈₀	43,2
Discoverer 25	1961 ξ_1	1961. g. 16. jūn.	90,93	222,4	414,4	82°	955
Transit 4A	1961 \omicron_1	1961. g. 29. jūn.	103,8	889,6	1006,4	67°	79,6
Discoverer 26	1961 π_1	1961. g. 7. jūl.	94,97	230,4	803,2	83°	955

Nosaukums	Forma un izmēri cm		Raidītāja frekvence MHz	Mūža ilgums un nokrišanas vai nolaišanās datums
Explorer 9	lode	Augšējo atmosfēras slāņu blīvuma mērījumi		
Discoverer 20	$\varnothing = 365,8$ cilindrs ar konu $l = 762$; $\varnothing = 152,4$	Augstas enerģijas protonu pētījumi Zemes atmosfērā; pavadoņi netika atgriezti uz Zemi		1 gads
Discoverer 21		Zemes atmosfēras īpašību un infrasarkanas radiācijas pētījumi; pavadoņa atgriešana uz Zemi nav paredzēta		10 mēneši
Transit 3B	cilindrs $l = 515,6$; $\varnothing = 139,7$	Navigācijas pavadoņi	54; 32,4; 162; 216	5 nedēļas
9. padomju ZMP — 4. kosmiskais kuģis		Sagatavošanās cilvēka lidojumam. Dzīvības procesu norises pētījumi kosmiskajā lidojumā. Izmēģinājuma dzīvnieks — suns Černuška u. c.		1961. g. 9. martā atgriežas uz Zemes
10. padomju ZMP — 5. kosmiskais kuģis		Sagatavošanās cilvēka lidojumam. Kosmiskā lidojuma apstākļu ietekmes pētīšana uz dzīvniekiem un organismiem. Izmēģinājuma dzīvnieks — suns Zvjozdočka u. c.		1961. g. 25. martā atgriežas uz Zemes
Explorer 10	neregulārs $l = 131$; $\varnothing = 45,8$	Zemes magnētiskā lauka un lādēto daļiņu mērījumi	18,060	
Discoverer 23	cilindrs $l = 762$; $\varnothing = 152$	Neizdevies mēģinājums atgriezt kapsulu		10 mēneši
Kosmiskais kuģis-pavadoņi Vostok 1		Pirmo reizi vēsturē cilvēks pēc kosmiskā lidojuma atgriežas uz Zemes. So slaveno lidojumu veicis padomju kosmonauts Jurijs Gagarins		108 min.
Explorer 11	cil. $l = 223$; $\varnothing = 30$	Gamma staru pētījumi	107,97	40 gadu
Discoverer 25	cilindrs $l = 762,5$; $\varnothing = 152,5$	Kosmisko staru un mikro-meteorītu pētījumi		27 dienas
Transit 4A	cilindrs $l = 79,3$; $\varnothing = 109,8$	Saules rentgenstaru pētījumi		
Discoverer 26		Kosmiskās radiācijas spektrālā sadalījuma pētījumi		4 mēneši

Nosaukums	Apzīmējums	Palaišanas datums	Sākotnējais aprīkošanas periods min.	Perigeja augstums km	Apoģeja augstums km	Leņķis starp orbitas un ekvatora plakni	Svars kg
Tiros 3	1961 ρ_1	1961. 12. jūl.	100	736	820,8	48°	130
Midas 3	1961 σ_1	1961. 12. jūl.	161,5			90°	1585
Vostok 2	1961 τ_1	1961. g. 6. aug.	88,6	178	257	64°56'	4731
Explorer 12	1961 ν	1961. g. 16. aug.	23h 34min	292,8	76896	33°04'	38
Ranger 1	1961 φ_1	1961. g. 23. aug.	91,0	171,2	489,6	32°9'	307
Explorer 13	1961 χ	1961. g. 25. aug.				36°4'	85

Nosaukums	Forma un izmēri cm	Mērījumi	Raidītāja frekvence MHz	Mūža ilgums un nokrišanas vai nolaišanās dalums
Tiros 3	cilindrs l=45,8; ø=106,75	Informāciju vākšana par tropisko viesuļvētru izcelšanos un pārvietošanos	235; 237,8 108; 108,03	25 stundas 18 minūtes
Midas 3	cilindrs l=915; ø=152	Balistisko šāviņu un raķešu palaišanas konstatēšana		
Vostok 2		Pētījumi par ilgstoša kosmiskā lidojuma iespaidu uz cilvēka organismu un tā darba spējām. «Vostok 2», ko vadīja kosmonauts majors Hermanis Titovs, 25 stundās un 18 min vairāk nekā 17 reizes aplidoja Zemi un nolidoja vairāk nekā 700 000 km	15,765; 20,006; 143,625; 19,995	
Explorer 12	neregulārs l=48,8; ø=70,2	Zemes magnētiskā lauka mērījumi un lādēto daļiņu pētījumi Zemes radiācijas zonās	136,02	2 dienas
Ranger 1	neregulārs l=335; ø=152	Sagatavošanās Mēness tiešiem pētījumiem		
Explorer 13	cilindrs l=192; ø=61	Mikrometeorītu pētījumi		

OBSERVATORIJAS UN ASTRONOMI

M. DIRIĶIS

OBSERVATORIJA SIGULDĀ

Latvijas astronomisko iestāžu vidū īpatnēja ir Siguldas observatorija. Pareizāk to vispār nenosaukt par iestādi, jo tur nav neviena algota darbinieka. Tomēr tāda observatorija pastāv. Viss darbs, kas tajā norit, ir pilnīgi brīvprātīgs.

Siguldas observatorija ir Vissavienības Astronomijas un ģeodēzijas biedrības (VAĢB) Rīgas nodaļas novērošanas punkts. Tā ir viena no nedaudzajām VAĢB observatorijām — vēl tādas ir tikai pie Kuibiševas un Gorkijas VAĢB nodaļām. Pazīstamās tautas observatorijas Simferopolē un Tallinā, ko izmanto attiecīgās VAĢB nodaļas, īstenībā pieder citām organizācijām — pirmā — pilsētas Jauno tehniķu stacijai, otrā — Igaunijas PSR ZA Dabas pētnieku biedrībai.

Varētu likties, ka VAĢB ar saviem necīgajiem līdzekļiem un iespējām nekā ievērojama nespēj uzcelt un uzturēt. Tiešām, Siguldas observatoriju nevar pielīdzināt Zinātņu akadēmijas Astrofizikas laboratorijas observatorijai Baldonē vai LVU observatorijai Rīgā kā izmēru, tā instrumentu, tā attīstības tempu ziņā. Tomēr, ja atceras, ka vēl līdz 1956. gada septembrim tur, kur tagad ir observatorija, Sigulda bija pilnīgi tukša vieta, tad gan jāatzīst, ka piecos gados kaut kas ir veikts. Sodiens Siguldas observatorijā Siguldas un Rīgas astronomijas amatieri var ērti strādāt zinātnisku darbu vairākās astronomijas nozares. Bez tam Siguldas iedzīvotāji un daudzie tūristi var tur apskatīt tālskati planētas, Mēnesi, Saules plankumus, zvaigznes un dažādus citus debess spīdekļus.

Siguldas observatorijas rašanās un attīstība cieši saistīta ar Starptautisko ģeofizisko gadu. Pirmais novērošanas paviljons uzcelts 1956. gada septembrī sakarā ar VAĢB Rīgas nodaļas gatavošanos veikt sudrabaino mākoņu novērošanu Starptautiskā ģeofiziskā gada laikā (18. att.)

Paviljons ir koka konstrukcija ar atveramu ziemeļu pusi. Sākumā tur tika uzstādīta tikai viena primitīvi montēta fotokamera AFA-IM (fokusa attālums $F=210$ mm, l 4,5) sudrabaino mākoņu fotografiskai novērošanai. Vēlākos gados iekārta pamazām papildinājās. 1958. gadā uzstādīta pusautomātiska fotokamera NAFA ar objektīva diametru 100 mm

18. att. Tālumā redzams sudrabaino mākoņu novērošanas paviljons.



($F=500$ mm, $l=5$). 1959. gadā pirmā kamera AFA-IM uzmontēta uz speciāla Rīgā gatavota azimutāla paliktņa, ar kura palīdzību ērti var kameru pagriezt vajadzīgā virzienā, nolasot pie tam azimutu un augstumu ar pareizību līdz $1'$ Iegādāts arī optiskais teodolīts.

Kā paviljona celšanā, tā fotokameru un speciālu, ļoti jutīgu filmu sagādāšanā nodaļai lielu palīdzību sniedz VAQB Centrālā padome. Siguldu vairākkārt apmeklējis un sniedzis konsultācijas Centrālās padomes zinātniskais sekretārs N. Grišins. Sudrabaino mākoņu pētīšana līdz šim ir Siguldas observatorijas zinātniskā darba galvenais novirziens.

Otrs virziens, kurā kopš 1957 gada tiek veikts zināms darbs, ir zvaigžņotās debess fotografēšana. Šim nolūkam iekārtota fotokamera ar objektīvu Industar-3 ($F=300$ mm, $l=4,5$) (22. att.) Ar šo kameru fotografētas mainzvaigznes un komētas. Kamerai uzcelts paviljons uz sliedēm. Paviljons ir koka konstrukcija, kura pārklāta ar skārdu.

Tālskatim, kas redzams 4. vāka attēlā, objektīva diametrs ir 110 mm, palielinājums no 60 līdz 270. Šis E. Buša firmas tālskatis iegādāts no astronomijas amatiera, pazīstamā Rīgas ārsta Dr. K. Podiņa mantiniekiem. Tālskatis montēts azimutāli, kas rada zināmas neērtības, to lietojot. 1959. gada iekārtots skārda paviljons uz sliedēm, ar leņķu dzelzs skeletu.

1960. gadā pabeigta nelielas mājiņas būve (23. att.) Tajā var uzturēties novērotāji, tur atrodas arī observatorijas bibliotēka un dažādi mazāki instrumenti — teodolīti, kipregēļi, sekstanti, binokļi utt.



19. att. Novērotājas M. Veikena (ar binokli) un I. Pavila (pie kameras AFA-IM) vēro sudrabainos mākoņus. Tālāk pa labi redzama kamera NAFA.



20. att. Iepazīšanās ar optisko teodolītu. No kreisās — Dz. Eklone un M. Dirīķis.

1961. gadā ap observatorijas teritoriju (ap 2000 m²) uzcelts žogs, turpināta teritorijas labiekārtošana — apstādīšana un celiņu izveidošana.

Observatorijā strādājuši galvenokārt Siguldas 1. vidusskolas skolēni, kā arī atsevišķi amatieri no Siguldas un Rīgas. Tā 1961. gadā sudrabaino mākoņu novērojumos aktīvi piedalījušies 4 dalībnieki no Rīgas Pionieru pils Jauno astronautu pulciņa — I. Pavila, M. Veikena, E. Mūkins un A. Kaminovs, daudz novērojuši Dz. Eklone (no Siguldas), R. Vītoliņš (no Rīgas) un A. Plotkins (no Saldus) Mazo planētu efemerīdu aprēķinā-

šanā strādājusi A. Balode (no Siguldas). Šā gada jūlijā observatorijā dažas dienas uzturējās VAĢB Igaunijas nodaļas biedrs, Tartu 2. vidusskolas skolotājs R. Hallimāe, iepazīstoties ar sudrabaino mākoņu novērošanas darbu.

Nākamajos gados Siguldā domāts plašāk izvērst mazo planētu un komētu novērošanu. Šim nolūkam paredzēts uzstādīt teleskopu-reflektoru ar spoguļa diametru 0,5 m. Šāda teleskopa izgatavošana ir pilnīgi pa spēkam VAĢB Rīgas nodaļas teleskopu būvētāju grupai. Teleskops ir



21 att. Visas novērotās parādības tūlīt jāpieraksta speciālā žurnālā. No kreisas — I. Pavila un M. Veikena. Pie sienas redzama kameras NAFA komandpults.



22. att. Pie astrokameras ar objektīvu Industar-3.



23. att. Novērotāju mājiņa.

domāts pietiekami universāls, lai to varētu izmantot kā debess spīdekļu demonstrēšanai plašākām tautas masām, tā zinātniskam darbam.

Sekmīgai darba veikšanai būtu vēlams, lai jau tuvākajā laikā observatorijā būtu vismaz viens algots darbinieks. Tādējādi visu cauru gadu būtu nodrošināta observatorijas darba vadība. Pašreiz intensīvākais observatorijas darbs noris tikai vasaras sezonas laikā.

Observatorija atrodas Siguldā, Lačplēša ielā 18. Debess spīdekļu demonstrāciju dienas parasti izziņo vietējā laikrakstā «Padomju Sigulda». Skolēnu un tūristu ekskursijas, iepriekš piesakoties, var apmeklēt observatoriju arī citā laikā.

J. GAIDUKS, N. HOVANSKIS, I. RABINOVICS

EDGARS LEJNIEKS

Šā gada 11. februārī aprit 25 gadi, kopš miris profesors Edgars Lejnietis, ko Latvijas matemātiķu un astronomu vecākā paaudze sauc par savu skolotāju.

Edgars Lejnietis dzimis 1889. gada 19. maijā Rīgā, privātfirmas eksportora ģimenē. Viņa skolas gaitas sākās Apvienotā Pārdaugavas pamatskolā, tad turpinājās Pētera reālskolā (ēkā, kur pašlaik atrodas Rīgas

Politehniskā instituta Enerģētikas fakultātē). Vēl skolnieks būdams, Lejnīeks sacerēja savu pirmo zinātnisko rakstu — «Par harmonisko rindu», ko iespieda žurnāls «Вестник опытной физики и элементарной математики», ko izdeva Odesā. Šis pataukums iedvesmoja jauno cilvēku studēt matemātiku. 1907. gadā Edgars Lejnīeks devās uz Maskavu, lai iestātos Maskavas universitātē.

Toreiz universitātē uzņēma tikai klasisko ģimnāziju absolventus, bet reālskolu audzēkņiem vispirms bija jānoliek pārbaudījums latīņu valodā. Lejnīekam vajadzēja samierināties ar brīvklaušitāja stāvokli. Par fizikas un matemātikas fakultātes studentu viņu ieskaitīja gadu vēlāk — pēc tam, kad eksāmens latīņu valodā bija sekmīgi nolikts.

Lejnīeka mācības Maskavas universitātē ritēja ļoti sekmīgi. Jau 1911. gadā viņš nolīcis valsts eksāmenus un atstāts pie universitātes zinātniskā grada iegūšanai. Lejnīeka tālākais zinātniskais darbs liecina, ka viņa intereses bija vērstas ģeometrijas problēmu virzienā. Nav šaubu, ka viņu šinī virzienā ietekmēja tas apstāklis, ka Maskavas universitātē toreiz jau bija izveidojusies spēcīga diferenciālās ģeometrijas skola, kuras dibinātājs bija viens no ievērojamākajiem 19. gadsimta ģeometriem — latvietis K. Pētersons (1828.—1881.). Mūsu gadsimta sākumā par šīs skolas vadošajiem pārstāvjiem tika uzskatīti profesori B. Mlodzejevskis (1859.—1923.), D. Jegorovs (1869.—1931.) E. Lejnīeka studiju laikā tur strādāja arī profesori K. Andrejevs (1848. 1921.) un A. Vlasovs (1869.—1923.), kas Maskavas universitātē pārstāvēja projektīvās ģeometrijas novirzienu; šim novirzienam pieslējās arī E. Lejnīeka darbi.

Pēc universitātes kursa nobeigšanas E. Lejnīeks sāka strādāt par matemātikas pasniedzēju Marijas sieviešu institūtā un Maskavas glezniecības, tēlniecības un celtniecības augstskolā, kur starp viņa skolniekiem bija dzejnieks V. Majakovskis. 1912. gadā viņam uzticēti redaktora vietnieka pienākumi žurnālā «Математическое образование», ko izdeva Maskavas matemātiķu pulciņš. Šī žurnāla redaktors bija iecienīts pedagogs profesors I. Čistjakovs (1870.—1942.) Pēc I. Čistjakova norādījumiem



Lejnieks organizēja un vadīja lielu un satūra ziņā ļoti interesantu izdevuma nodaļu, kurā publicēja arī dažādus trīsstūra ģeometrijas uzdevumus.

1914. g. E. Lejnieks nolika maģistra eksāmenus un viņu komandēja uz Getingenas universitāti zinātniskās kvalifikācijas celšanai. Taču, karam sākoties, viņš nekavējoties atgriezās atpakaļ uz Maskavu, kur līdz 1919. gadam strādāja Ceļu inženieru institūtā un Maskavas augstākajā tehniskajā skolā. Kad 1919. g. februāra sākumā ar Latvijas padomju valdības dekrētu tika nodibināta Latvijas augstskola, E. Lejnieks, Latvijas Padomju Valdības priekšsēdētāja P. Stučkas un Tautas izglītības komisāra J. Bērziņa aicināts, pārbrauca uz Rīgu un stājās pie darba augstskolā. Kā zināms, buržuāzijas spēkiem pēc dažiem mēnešiem izdevās sagrābt varu savās rokās. E. Lejnieks pēc landesvēra pavēlniecības rīkojuma atbrīvots no darba. 1919. gada septembrī viņu no jauna aicināja strādāt Latvijas universitātē. Viņš bija pirmais Matemātikas un dabas zinātņu fakultātes dekāns. Viņa vadībā sastādīti matemātikas nodaļas mācību plāns un programmas, pie kam bija arī paredzēta astronomiskās observatorijas un astronomijas novirziena izveidošana. Bez tam E. Lejniekam bija uzticēta arī Latvijas universitātes Centrālās bibliotēkas organizēšana.

Kaut arī E. Lejnieks bija noslogots ar administratīvu darbu, viņš tomēr neatlaidīgi sekoja visiem svarīgajiem notikumiem matemātikas zinātnē, nodibinot sakarus ar ārzemju matemātiķiem. Viņš piedalījās starptautiskos matemātiķu kongresos: 1928. g. Boloņā, 1931. g. Cīrihē, 1931. g. Varšavā. Neievērojot universitātes reakcionārās valdības liktos šķēršļus, E. Lejnieks turpināja uzturēt sakarus arī ar padomju matemātiķiem, sūtīja rakstus padomju žurnālā «Математика в школе» un piedalījās I. Vissavienības matemātiķu kongresā, kas sanāca 1930. g. 11. jūnijā Harkovā.

E. Lejnieka zinātniskie darbi bija vērtīgi galvenokārt trīsstūra ģeometrijai. Kā atsevišķa matemātikas teorija šīs ģeometrijas nozarojums izveidojās pagājušā gadsimta 70. gados. Ar to saistās vidusskolu pasniedzēju interese. Arī matemātiķi, kas pēta projektīvās ģeometrijas pielietojumus, reizēm sastopas ar trīsstūra ģeometrijas problēmām.

Daudzas trīsstūra īpašības bija zināmas jau sen. Daudz svarīgu trīsstūra īpašību atklāja Eilers (Eilera taisne, deviņu punktu aploce, atstatums starp ievilkta un apvilktā riņķa centriem). 19. gadsimta pirmajā pusē trīsstūra ģeometrijai vērtīgi atsevišķi pētījumi. Pēc franču matemātiķa E. Lemuāna darbu publicēšanas pagājušā gadsimta 70. gados sākas trīsstūra ģeometrijas strauja attīstība. Krievijā trīsstūra ģeometrijas teoriju sekmīgi izkopa D. Jefremovs (1859.—1912.), E. Grigorjevs (1876.—1950.), Rīgā dzimušais N. Agronomovs (1886.—1929.) u. c. Daudz pētījumu šajā novirzienā publicēja arī padomju matemātiķi — S. Zetels (Kirovā), V. Kotovs (Magnitogorskā), Latvijas universitātes bijušais audzēknis Z. Skopecs (Jaroslavlā), kā arī citi.

Savus pētījumus trīsstūra ģeometrijā E. Lejnieks sakopojis plašā monografijā, taču grūtā slimība nedeva iespēju noformēt to iespiešanai.

1934. gadā nopietnu redzes traucējumu dēļ E. Lejnieks bija spiests atteikties no pedagoģiskā, pēc tam arī no zinātniskā darba.

Grūti pārvērtēt E. Lejnieka pedagoģiskās darbības nozīmi Latvijas vecākās paaudzes matemātiķu un astronomu attīstībā. Viņa lasītās lekcijas (iespiestas E. Fogela sakārtojumā) divu gadu desmitu laika posmā palīdzēja studentiem apgūt augstākās algebras un skaitļu teorijas pamatus. Viņa pieķeršanās zinātnei ietekmēja katru, kas viņa vadība uzsāka patstāvīgās pētniecības darbu. Kādreiz universitātes mācības spēkiem bija rakstiski jāatbild uz kādas priekšniecības veidlapas jautājumiem. Uz jautājumu «Cik daudz no sava brīvā laika Jūs veltat savas zinātniskās kvalifikācijas celšanai?» — Lejnieks atbildēja vienkārši: «Visu laiku». Lejnieka skolnieki zināja, ka tiešām tā tas ir. Un viņi sekoja sava skolotāja piemēram.

PROF. E. LEJNIEKA DARBU SARAKSTS

Iespiestie darbi:

1. О гармоническом ряде. Вестник опытной физики элементарной математики. Одесса 1907
2. Новые треугольники. Вестник опытной физики элементарной математики. Одесса 1908.
3. Note über die Darstellung einer ganzen Zahl durch positive Kube. Math. Annalen, Bd. 70, 454—456, 1911.
4. О разрешении уравнений 5-й степени в икосаэдральных иррациональностях. Дипломная работа. Москва 1911, рукопись.
5. О превращении треугольника в треугольник, симметричный данным. Математическое Образование. М. 1912.
6. О построении центра данной окружности с помощью одной линейки. Математическое Образование, 6. М. 1917, 161—174.
7. Теорема Лемуса. Математика в Школе, М. 1918.

Мācību grāmatas:

8. Augstākā algebra. Lekcijas sakārtojis E. Fogels, rediģējis A. Lūsis. Rīgā, 1936., 160 lpp.
9. Skaitļu teorija. Lekcijas sakārtojis E. Fogels, rediģējis A. Lūsis. Rīgā, 1936., 296 lpp.
10. Trijstūra ģeometrija. Lekcijas sakārtojusi Biķe. Rīgā, 1932., rokrakstā 187 lpp.
11. Начала алгебры (kopa ar prof. Rago), Rīgā, 1931., rokrakstā 86 lpp.



HRONIKA

SEPTITĀ VISSAVIENĪBAS APSPRĪEDE PAR SUDRABAINAJIEM MĀKOŅIEM

No 1961. gada 16. līdz 19. maijam Tallinā notika VII Vissavienības apspriede par sudrabainajiem mākoņiem. Apspriedi organizēja Starpresoru Ģeofizikas komiteja pie PSRS Zinātņu akadēmijas Prezidija, Igaunijas PSR ZA Fizikas un astronomijas institūts, Vissavienības Astronomijas un ģeodēzijas biedrības (VAĢB) Centrālā padome un Igaunijas nodaļa un Igaunijas PSR ZA Dabas pētnieku biedrība. Apspriedē piedalījās daudz ievērojamu astronomu un ģeofiziku, kā prof. Dr V. Šaronovs (Leņingradas Valsts universitātes Astronomiskā observatorija), prof. Dr I. Hvostikovs (Maskava, Centrālā aeroloģiska observatorija), pazīstamais sudrabaino mākoņu pētnieks N. Grišins (VAĢB Centrālā padome) u. c. No VAĢB Rīgas nodaļas apspriedē piedalījās N. Cimahoviča, J. Francmanis, L. Dīriķis un M. Dīriķis.

Pēdējo piecu gadu laikā sudrabaino mākoņu pētnieki tātad sanākuši kopa jau 7 reizes. Tas nozīmē, ka sudrabaino mākoņu parādībai lielāku vērību saka pievērst tikai neseni, īpaši sākot ar Starptautisko ģeofizisko gadu. Ta ir viena no nedaudzajām augšējās atmosfēras parādībām, kas viegli novērojama fotografiski un pat ar neapbruņotu aci. Sistemātiski sudrabaino mākoņu novērojumi dod mums svarīgus datus par atmosfēras fizikālo stāvokli un kustībām 80 km augstuma virs Zemes. Šī praktiskā sudrabaino mākoņu nozīme ir zināmā mērā neatkarīga no tā, kāda ir pašu mākoņu fizikālā daba. Protams, sudrabaino mākoņu parādība ir interesanta arī pati par sevi. Līdz šim nav pilnīgas skaidrības par sudrabaino mākoņu dabu, kaut gan ir daudz faktu, kas runā par labu profesora

I. Hvostikova hipotēzei. Saskaņā ar šo hipotēzi sudrabainie mākoņi sastāv no sīkiem ledus kristāliņiem, turklāt ūdens molekulas, kas tos rada, ir pacēlušās no Zemes, no atmosfēras apakšējiem slāņiem. Pēc pārējām hipotēzēm, sudrabainie mākoņi ir vai nu kosmiski putekļi, kas ieņākuši Zemes atmosfērā, vai arī vulkāniski putekļi, kas pacēlušies augstu gaisā. Kas attiecas uz pēdējo, vulkānisko hipotēzi, tad tā atkrit, jo nav konstatēts sakars starp vulkāniskiem izvirdumiem un sudrabaino mākoņu parādīšanos. Turpretim kosmisko putekļu lomu Hvostikova hipotēze pilnīgi nenoliedz. Varbūt, ka šie putekļi ir kondensācijas centri, ap kuriem veidojas ledus kristāliņi, ja ir tādi piemēri temperatūras un spiediena apstākļi, ka var notikt ūdens tvaiku kondensācija, un ja ir pietiekami daudz šo ūdens tvaiku.

16. maija pēcpusdienu pēc Igaunijas ZA viceprezidenta akadēmiķa A. Humala atklāšanas runas apspriedi ievadīja prof. I. Hvostikova referāts. Tāpat kā vairākās iepriekšējās apspriedēs, viņš atzīmēja arvien jaunus un jaunus faktus, kas apstiprina viņa hipotēzi. Galvenokārt izmantojot SGG laikā iegūtos atmosfēras pētījumu rezultātus ar ģeofiziskajam raķetēm. I. Hvostikovam izdevās parādīt, ka tāda kārtā, kā norādīts viņa hipotēzē, sudrabainie mākoņi tiešām var rasties. Nav jāaizmirst, ka katrai hipotēzei, lai kāda tā arī būtu, jāizskaidro vismaz šādas 3 sudrabaino mākoņu īpatnības:

1) Sudrabainie mākoņi parādās tikai siltajā gada laikā — vasarā.

2) Tie parādās tikai šaura ģeografisko platumu joslā (apmēram no 45° līdz 65°) un ļoti reti ārpus šīs joslas.

3) Sudrabaino mākoņu augstums virs



24. att. Igaunijas PSR ZA viceprezidents A. Humals atklāj apspriedi.

Zemes ir ļoti pastāvīgs — apmēram 80 līdz 85 km.

Sis īpatnības varētu izskaidrot tā, ka ūdens tvaiku kondensācijai lielos augstumos labvēlīgi apstākļi ir tikai šajā laikā, šajā joslā un šajās augstuma robežās. Tiešām, pēdējo gadu novērojumi rāda, ka vispār šajos ģeogrāfiskajos platumos (50 līdz 60°) ap 80 km augstumā vasarā ir vēsāks nekā ziemā. Zemākajos atmosfēras slāņos tas ir otrādi. Ka tieši apmēram 80 km augstumā ir viszemākā temperatūra, turklāt pietiekami zema, lai ūdens tvaiki varētu kondensēties. I. Hvosťikovs bija pierādījis jau savos agrākajos darbos. Savā referātā I. Hvosťikovs vēl minēja novērojumu datus, kas liecina, ka gaisa relatīvais mitrums vispār lielos augstumos (ap 20—30 km) pieaug līdz ar augstumu un nevis samazinās, kā to domāja līdz šim.

Lai gan pierādījumi ir šķietami droši, I. Hvosťikovs runāja par savas hipotezes pareizību ļoti piesardzīgi, uzsverot, ka viņš pats vēl nebūt neskaita savus uzskatus par pilnīgi pierādītiem.

17 maija rīta sēde bija veltīta sudrabaino mākoņu fotometriskiem (spožuma) un polarimetriskiem pētījumiem. Rūpīgus sudrabaino mākoņu polarizācijas pētījumus izdara pēdējos gados VAGB Igaunijas nodaļā. Rezultāti ir jau daļēji apstrādāti. Par to referēja nodaļas priekšsēdētājs C. Vilmanš. Šie pētījumi ļauj spriest par mā-

koņu daļiņu izmēriem. Daļiņu vidējais rādiuss ir $1,35 \cdot 10^{-4}$ mm, ja tās ir ūdens daļiņas, vai $1,07 \cdot 10^{-4}$ mm, ja tas ir putekļu daļiņas (pieņemot, ka tās galvenokārt sa-

25. att. Profesors I. Hvosťikovs lasa referātu.



stāv no SiO_2). Arī agrākie pētījumi, kas izdarīti citās vietās un daļēji ar citām metodēm, dod tādas pašas kārtas lielumus — no 1 līdz dažām mikrona desmitdaļām. Tātad šie pētījumi vēl neļauj spriest, vai sudrabainie mākoņi sastāv no ūdens vai putekļu daļiņām.

Par sudrabaino mākoņu polarizāciju runāja arī O. Vasiljevs (Ļeņingrada, Pulkovas observatorija) un T. Tarasova (Maskava).

Par sudrabaino mākoņu fotometriskiem pētījumiem un šajos pētījumos lietojamiem aparātiem stāstīja profesors V. Šaronovs (Ļeņingrada) un N. Grišins (Maskava). N. Grišins gatavojas lietot sudrabaino mākoņu pētišanai 6 objektīvu kameru, kura speciāli bija konstruēta 1961. gada 15. februāra pilnā Saules aptumsuma pētišanai.

Nakošā sēde bija veltīta sudrabaino mākoņu sadalījuma pētījumiem kā ar fotogrammetriskām, tā statistiskām metodēm. Jau sen VAĢB Centrālā padome norādīja, ka liels sudrabaino mākoņu novērojumu materiāls, ko uzkrājušas VAĢB nodaļas SGG laikā un vēl turpina uzkrāt tagad, vismaz ir jāapstrādā elementārā veidā, nosakot katrai mākoņu parādīšanās reizei to projekcijas ģeogrāfisko stāvokli uz Zemes virsas. Lieta tā, ka parasti sudrabainie mākoņi novērojami nelielos augstumos, visbiežāk ap $5\text{--}20^\circ$ virs horizonta. Apskatisim šādu piemēru: Rīgā redzami sudrabainie mākoņi 10° augstumā tieši ziemēlos. Pieņemot, ka to vidējais augstums virs Zemes ir 82 km, var aprēķināt, ka faktiski tie atrodas apmēram 400 km no Rīgas, t. i., kaut kur virs Somijas dienviddaļas. Tas rāda, ka stingri jāatšķir sudrabaino mākoņu redzamības vieta no to faktiskās atrašanās vietas. Tātad jānosaka ģeogrāfiskais stāvoklis sudrabaino mākoņu projekcijai uz Zemes virsas. Šai noteikšanai bija veltīts Maskavas Ģeodēzijas, kartogrāfijas un aerofotouzņēmēšanas institūta līdzstrādnieka M. Burova referāts. Referātā bija instrukcijas raksturs. Tomēr pārrunās bija konstatēts, ka Burova metode vēl pilnā mērā neatbilst lām prasībam, kādai jābūt masveida apstrādāšanas instrukcijai. Tāpēc tika ieteikts metodi vēl vienkāršot, pieļaujot pat nedaudz samazināt rezultātu precizitāti. To var darīt droši, jo, salīdzinot ar milzīgo

sudrabaino mākoņi, dažiem km vai pat dažiem desmitiem km horizontālā virzienā nav nozīmes.

SGG laikā vienkāršus sudrabaino mākoņu registrācijas novērojumus veica vairāk nekā 200 meteoroloģiskās stacijas visā PSRS teritorijā. Kaut arī atsevišķu novērojumu izpildījumu līmenis bieži nebija pietiekami augsts un bija daudz novērojumu kļūdu, tomēr novērošanas punktu lielais daudzums ļauj lielā mērā šīs kļūdas izslēgt. Sos datus statistiski apstrādā speciāla Ļeņingradas Valsts universitātes Astronomiskās observatorijas līdzstrādnieku grupa T. Pavlovas vadībā. Tādā kārtā ir precizētas sudrabaino mākoņu izplatības robežas, parādīšanās laika intervāls utt. Mums bija patīkami dzirdēt T. Pavlovas referātā, ka arī šie novērojumi apstiprina VAĢB Rīgas nodaļā jau agrāk atrasto sakaru, ka vasaras sākumā sudrabainie mākoņi vairāk parādās vakaros, bet vasaras beigās — rītos. Ļoti interesants ir vēl nedrošais konstatējums, ka pastāv arī sudrabaino mākoņu sadalījums pēc ģeogrāfiskajiem garumiem. Varbūt šaurā platumā josla neseko visģeogrāfiskam, bet ģeomagnētiskām paralēlēm.

Sajā sakarā apspriede ar sevišķu gandarījumu atzīmēja, ka VAĢB Igaunijas nodaļa pāllabā noorganizējusi sudrabaino mākoņu novērojumus no kuģa Atlantijas okeāna ziemeļrietumu daļā. Šie novērojumi palīdzēs noskaidrot sudrabaino mākoņu ģeogrāfisko sadalījumu.

Interesantu pārskatu par saviem un citu novērojumiem pēdējo desmit gadu laikā sniedza N. Grišins.

Apspriedes trešajā dienā ļoti interesantu ziņojumu nolasiņa C. Vilmanšs. Savā ilggadīgajā sudrabaino mākoņu pētnieka darbā viņš nācis uz domām, ka šo mākoņu kondensācijai labvēlīgi apstākļi rodas tad, kad Zemes atmosfērā iedrāžas t. s. Saules plazmas bumbas. Tie ir Saules korpuskulu mākoņi, ko Saule izsviež hromosfēras uzliesmojumu laikā. Korpuskulas nes sev līdz it kā «iesaldētu» magnētisko lauku, kura spēka līnijas savērpušās pavisam neregulāri. Šāds magnetizēts mākonis deformē magnētiskās spēka līnijas Zemes atmosfēras augšējās slāņos un rada triecienu viļņi. Triecienu viļņa aizmugurē rodas refīnējuma zona, kurā valda labvēlīgi apstākļi sudrabaino mākoņu konden-

sācijai iespējams, ka Saules korpuskulas, kas iekļuvušas šai zonā, noder par kondensācijas centriem.

C. Vilmana hipotezes pārbaudei nepieciešams vairāk statistisku materiālu par sudrabaino mākoņu parādīšanos dažādās Saules aktivitātes cikla fazēs un salīdzināt šīs ziņas ar datiem par Zemes magnētiskā lauka fluktuācijām, kas norāda uz saņemto korpuskulu mākonī. Saules korpuskulu plūsmas rāda arī polarblāzmas, tapēc nepieciešami arī statistiski pētījumi par sakarību starp sudrabaino mākoņu un polarblāzmu parādīšanos.

Sudrabaino mākoņu izveidošanās ir saistīta ar Zemes atmosfēras vispārējo cirkulāciju. Tapēc ļoti nozīmīgi ir J. Kurilovas (Maskava, Centrālā aeroloģiskā observatorija) pētījumi par siltā gaisa masu ieplūšanu no ekvatoriālajiem apgabaliem, kas notiek visvairāk tajos mēnešos, kad parādās sudrabainie mākoņi.

Apspriedes noslēguma dienā iztīrāja turpmākas darba perspektīvas. Profesors V. Saronovs īpaši pievērsās jautājumam, ko derīgu varētu veikt dažādi amatieru kolektīvi (piemēram, skolu pulciņi) un atsevišķi novērotāji — VAGB biedri, kuriem nav iespējams piedalīties sistemātiskas novērošanas darbā kādā no speciāli iekārtotajiem sudrabaino mākoņu novērošanas punktiem. Viņš ieteica arī viņiem veikt vienkāršu, bet sistemātisku darbu: 1) reģistrēt atsevišķi skaidrās naktis, kad būtu iespējams novērot sudrabainos mākoņus, bet tie neparādījās, un izdalīt atsevišķi tās naktis, kad sudrabainie mākoņi parādījās; 2) izgatavot vienkāršu (bez optikas) leņķa mērīšanas ierīci augstumu un azimutu noteikšanai un atzīmēt šos lielumus; 3) fotografēt sudrabainos mākoņus ar jebkuru fotoaparātu, turklāt tā, lai uzņēmumā būtu redzams arī horizonts orientēšanās dēļ. Tālāk viņš ieteica sistemātiski un pēc vieno-

tas formas publicēt visus sudrabaino mākoņu parādīšanās gadījumus PSRS ZA Astronomiskajā cirkulārā.

N. Grišins ziņoja par uzdevumiem, kādi sagaida sudrabaino mākoņu pētniekus Starptautiskajā mierīgās Saules gada (1964.—1965. g.). Kā zināms, Starptautiskā ģeofizisko gadu (SGG) sarīkoja Saules aktivitātes maksimuma laikā (1957.—1958. g.). Lai iegūtu pilnīgu priekšstatu par ģeofizisko parādību gaitu atkarībā no Saules darbības fazes, ļoti svarīgi veikt plašus pētījumus arī Saules aktivitātes minimuma laikā. Tapēc arī sudrabaino mākoņu novērotājiem tai laikā būs jāveic ļoti rūpīgs darbs, pēc iespējas arī tādām pašām programām kā SGG laikā.

Pavisam apspriedes dalībnieki noklausījās un apsprieda 15 zinātniskus referātus, bez tam vairākus īsākus ziņojumus par darbu dažādās VAGB nodaļās (Gorkijā, Odesā, Rīgā) (26. att.) Demonstrēja kinofilmu par sudrabaino mākoņu novērošanu Tallinā un Maskavā SGG laikā.

Apspriedes darbam lielus apstākļus bija nodrošinājuši VAGB Igaunijas nodaļas biedri, kas rūpējās par delegātiem visu laiku, kamēr tie uzturējās Tallinā. Delegātu apmešanās vieta vislabāka vieta Tallinas centrā atradās tikai 5 minūšu gājiena attālumā no apspriedes telpām, tā ka pusdienu pārtraukumos un vakaros palika brīvs laiks pilsetas apskatīšanai. Tas bija sevišķi patīkami tiem biedriem, kuri Tallinā bija ieradušies pirmoreiz. Speciāli iekārtota brīva vakara noorganizēja izbraukumu ar kuģi pa Somu jūras līci.

Iespaidi no pašas apspriedes, satikšanās ar citu VAGB nodaļu biedriem un pasākumi ārpus tiešā apspriedes darba ilgi paliks visiem delegātiem patīkama atmiņā.

N. Cimahičiča un M. Dirīšis

26. att. Klauslīji uzmanīgi seko referātam





M. DIRIĶIS

ASTRONOMISKĀS PARĀDĪBAS 1961. 1962. GADA ZIEMĀ

ZIEMA

Ziema sākas 1961. gada 22. decembrī pl. 5st20^m, beidzas — 1962. gada 21. martā pl. 5st30^m. Astronomisko gadalaiku sākumu un beigu momentus nosprauž Saule ar savu šķietamo gada kustību. Kā zināms, Saule gada laikā veic gandrīz veselu apli pa ekliptiku. Tā ir t. s. Saules šķietamā gada kustība — Zemes patiesās gada kustības sekas. Šajā kustībā divreiz gadā Saule atrodas tieši virs ekvatora (martā un septembrī), vienreiz sasniedz vislielāko ziemeļu deklināciju (jūnijā) un vienreiz — vislielāko dienvidu deklināciju (decembrī). Pēdējo momentu tad arī skaita par ziemas sākumu. Saules redzamā ceļa punktus, kuros tā atrodas vasaras un ziemas sākuma momentos, sauc attiecīgi par vasaras un ziemas saulgriežu punktiem. Sākot ar ziemas sākuma momentu, ziemeļpuslodē dienas sāk pagarināties, bet naktis — saīsināties. Protams, dienvidu puslodē gadalaiki ir pretēji — Dienvidāfrikā, Austrālijā un Dienvidamerikā decembrī ir vasaras sākums.

ZVAIGŽNOTĀ DEBESS

Naktis, sevišķi ziemas sākumā, ir tik garas, ka no vakara līdz rītam var apskatīt gandrīz vai visu zvaigžnotās debess daļu, kas vispār attiecīgajā ģeogrāfiskajā platumā ir redzama. Tā, agri vakaros, drīz pēc Saules rieta, zvaigžnotās debess izskats ir vēl gandrīz tāds pats kā rudenī. Turpretim ziemas rītos var vērot tādu zvaigžnoto debesi, kāda tā būs pavasarī nakts vidū. Protams, gluži visus mūsu platumā redzamos zvaigznājus tomēr novērot nevarēsīm, jo daļa zvaigznāju atrodas gandrīz aiz Saules — Skorpions, Strēlnieks, Mežāzis. Tie ziemā atrodas virs apvāršņa tikai tad, kad virs apvāršņa ir arī Saule — tā tad tos redzēt nevaram.

Der iegaumēt, ka īstenībā katru dienu atkārtojas viens un tas pats zvaigžnotās debess stāvoklis, bet katrā nākamā dienā tas būs par 4 minūtēm ātrāk nekā iepriekšējā.

Apskatīsim vispirms debess velves dienvidu pusi. Tur ieraudzīsim krāšņo *Oriona* zvaigznāju. Janvāra sākumā ap pusnakti tas ir redzams tieši dienvidos. To viegli pazīt pēc raksturīgās 3 zvaigžņu virknes — t. s. *Oriona* jostas, kuru pie mums sauc arī par *Kūlējiem*. Virs šīs jostas re-

dzama iesarkana spoža zvaigzne — tā ir Oriona α jeb Betelgeize. Zem jostas atrodas otra spoža zvaigzne — Oriona β jeb Rigels. Abas šīs zvaigznes pieder pie t. s. pirmā lieluma zvaigznēm. Jāatceras, ka zvaigžņu sadalījums pēc spožuma klasēm vispār neatbilst to faktiskajam lielumam, jo redzamais spožums atkarīgs arī no zvaigznes attāluma. Tomēr kā Rigels, tā Betelgeize, izrādās, ir īsti milži; tā, piemēram, Betelgeizes diametrs ir 400 reizes lielāks, bet tās patiesais spožums — 3000 reizes lielāks nekā mūsu Saulei.

Zem Oriona jostas viegli atrodams Oriona miglājs, kas labi redzams jau nelielā tālskati visai iespaidīgā veidā.

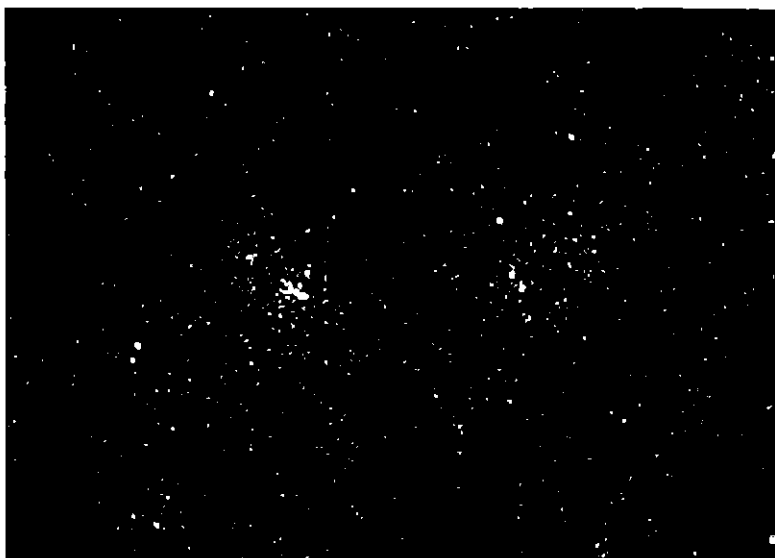
Netālu no Oriona atrodamas vēl dažas citas ļoti spožas zvaigznes. Pagarinot Oriona jostu virzienā pa kreisi uz leju, nonākam pie visspožākās zvaigznes — *Lielā Suņa α* jeb Sīrija. Šī zvaigzne ir tik spoža, ka ziemas vakaros, kad tā vispār ir redzama, tā parādās pati pirmā drīz pēc Saules rieta. Mūsu ģeogrāfiskajos platumos šī zvaigzne arvien redzama zemū pie apvāršņa, tādēļ gaisa nevienmērīgo kustību dēļ tā parasti stipri mirgo un laistās visās varavīksnes krāsās. Faktiski Sīrijs ir balta zvaigzne.

Ievērojami augstāk saredzams mazais *Mazā Suņa α* zvaigznājs, kura spožākā zvaigzne arī pieder pirmajai lieluma klasei. Tas ir Prociens jeb *Mazā Suņa α* . Ievērosim, ka Sīrijs, Betelgeize un Prociens veido gandrīz pareizu vienādmalu trijstūri.

Pagarinot Oriona jostu uz augšu pa labi, atrodam vēl vienu pirmā lieluma zvaigzni. Tā ir *Vērša α* jeb Aldebarans. Tāpat kā Betelgeize, tas ir iesarkanā krāsā. Vērša zvaigznajā atrodas plaši pazīstamā zvaigžņu kopa — *Sietiņš*. No šīs vietas uz augšu sākas vesela zvaigžņu virkne, kas iezīmē *Perseja* zvaigznāju. Šis zvaigžņotās debess apgabals izskatās ļoti skaists, ja to aplūko nelielā tālskati ar vismazāko palielinājumu vai binokli; tur ir daudz zvaigžņu kopu. Vēršot tālskati uz apgabalu starp *Perseja* un *Kasiopejas* zvaigznājiem, atrodama divkāršā zvaigžņu kopa — *Perseja η* un χ . Zvaigznes tur izskatās it kā smiltis, kas sabērtas divās kaudzēs. Tas ir īpatnējs, iespaidīgs skats. Bet, piecājoties par šo skatu, neaizmirsīsim, ka katra vissīkākā zvaigznīte taču ir vesela saule, varbūt — kādas tālas, nezināmas planētu sistēmas centrs.

Augstāk, virs Oriona un Vērša, atrodas *Vedēja* zvaigznājs, kurā atkal ir viena spoža pirmā lieluma zvaigzne — *Vedēja α* jeb Kapella, ko sauc arī par Kazu. To viegli pazīt pēc trim mazām zvaigznītēm, kas atrodas turpat tuvumā; tās dažreiz dēvē par trim kazlēniem.

Nedaudz zemāk pa kreisi no *Vedēja* atrodas *Dviņu* zvaigznājs ar divām spožām zvaigznēm — *Kastoru* un *Polluksu*. Arī *Polluks* pieskaitāms pirmajai lieluma klasei. Vēl tālāk uz austrumiem var novērot *Vēža* un *Lauvas* zvaigznājus. *Vēža* zvaigznajā atrodas skaista zvaigžņu kopa — t. s. *Sile*, bet *Lauvas* zvaigznājs ievērojams vēl ar vienu pirmā lieluma zvaigzni — *Regulu*, kurš atrodas gandrīz uz pašas ekliptikas.



Vērša, Dvīņu, Veža un Lauvas zvaigznāji pieder pie t. s. *zodiaka* zvaigznājiem. Tiem iet cauri Saules šķietamais gada ceļš — *ekliptiko*. Vel var ziemas sākumā novērot *Zivju* un *Auna* zvaigznājus, kuri atrodas uz rietumiem no Vērša un Perseja. Ziemas otrā puse, sevišķi no rītiem, jau parādās austrumos *Jaunava* un *Svart*.

Ziemas debess ziemeļu puse redzami parastie pie mums nenorietošie zvaigznāji — *Lielie un Mazie Greizie Rati*, *Kasiopeja* un citi. Vakara stundas *Lielie Greizie Rati* ir ziemeļaustrumos, rīta pusē tie tuvojas zenītam. Zemu pie ziemeļu apvāršņa var saskatīt pirmā lieluma zvaigzni *Vegu* (*Liras α*).

Visus ziemā redzamos zvaigznājus šeit neatzīmēsim. Zīmīgākie zvaigznāji parādīti zvaigžņu kartēs 56. lpp. un uz 3. vāka. 1. karte attēlo debess izskatu vakara stundās, bet 2. karte — rīta nakts otra puse.

PLANĒTAS

Merkurs saskatams janvāra otrā pusē vakaros pēc Saules rieta. Vislielākajā austrumu elongācijā Merkurs atrodas 21. janvārī (19° no Saules).

Venera nav redzama, izņemot marta beigās, kad tā sāk parādīties kā vakara zvaigzne. Augšējā konjunkcijā (t. i. aiz Saules) Venera atrodas 27. janvārī.

Marss nav redzams.

Jupiters nedaudz saskatams janvāra sākumā ziemeļaustrumos zvaigznāja

vakaros pēc Saules rieta. Janvāra beigās nav redzams, konjunktijā ar Sauli tas atrodas 8. februārī, tāpēc visā februārī un arī martā nav vēl redzams.

Saturns atrodas tuvu Jupiteram, nedaudz pa labi. Tāpēc viss, kas teikts par Jupiteru, apmēram attiecas arī uz Saturnu, tikai visas parādības notiek mazliet agrāk — konjunktija jau 22. janvārī, tāpēc Saturns kļūst neredzams jau janvāra vidū, bet marta beigās kļūst mazliet saskatāms rītos īsi pirms Saules lēkta Mežāža zvaigznājā.

MĒNESS

Mēness fazes ziemā:

● (jauns Mēness)

6. janvārī	pl.	15 st 36 ^m
5. februārī		3 10
6. martā		13 31

☾ (pēdējais ceturksnis)

30. decembrī	pl.	6 st 57 ^m
29. janvārī		2 37
27. februārī		18 50
29. martā		7 11

☾ (pirmais ceturksnis)

13. janvārī	pl.	8 st 02 ^m
11. februārī		18 43
13. martā		7 39

Mēness perigejā

(vistuvāk Zemei) atrodas:

8. janvārī	pl.	17 st
6. februārī		1
6. martā		13

☾ (pilns Mēness)

20. janvārī	pl.	21 st 17 ^m
19. februārī		16 18
21. martā		10 56

Mēness apogejā

(vistālāk no Zemes) atrodas:

27. decembrī	pl.	22 st
24. janvārī		16
21. februārī		0
20. martā		0

APTUMSUMI

Pilns Saules aptumsums 4.—5. februārī redzams tikai Āzijas dienvidrietumu daļā, Austrālijā, Klusajā okeānā un Ziemeļamerikas rietumu daļā. Pilnā aptumsuma josla sākas Indonēzijā, beidzas Klusajā okeānā netālu no Kalifornijas krastiem. Latvijā aptumsums nav redzams.

Pusēnas Mēness aptumsums 19. februārī redzams Klusajā okeānā, Austrālijā, Āzijas austrumu daļā, Ziemeļamerikā un Arktikā. Latvijā nav redzams.

ALGOLA MINIMUMI

31. decembrī	pl. 6 st 14 ^m	15. februārī	pl. 3 st 18 ^m
3. janvārī	3 03	18.	0 07
5.	23 52	20.	20 56
8.	20 41	23.	17 45
11.	17 30		
23.	4 46	10. martā	1 49
26.	1 35	12.	22 38
28.	22 24	15.	19 27
31.	19 13	30.	3 32

METEORI

Ziemā novērojama *Kvadrantidu* plūsma — laikā no 1. līdz 5. janvārim (maksimums 3. janvārī).

ZVAIGŽŅU KARTES

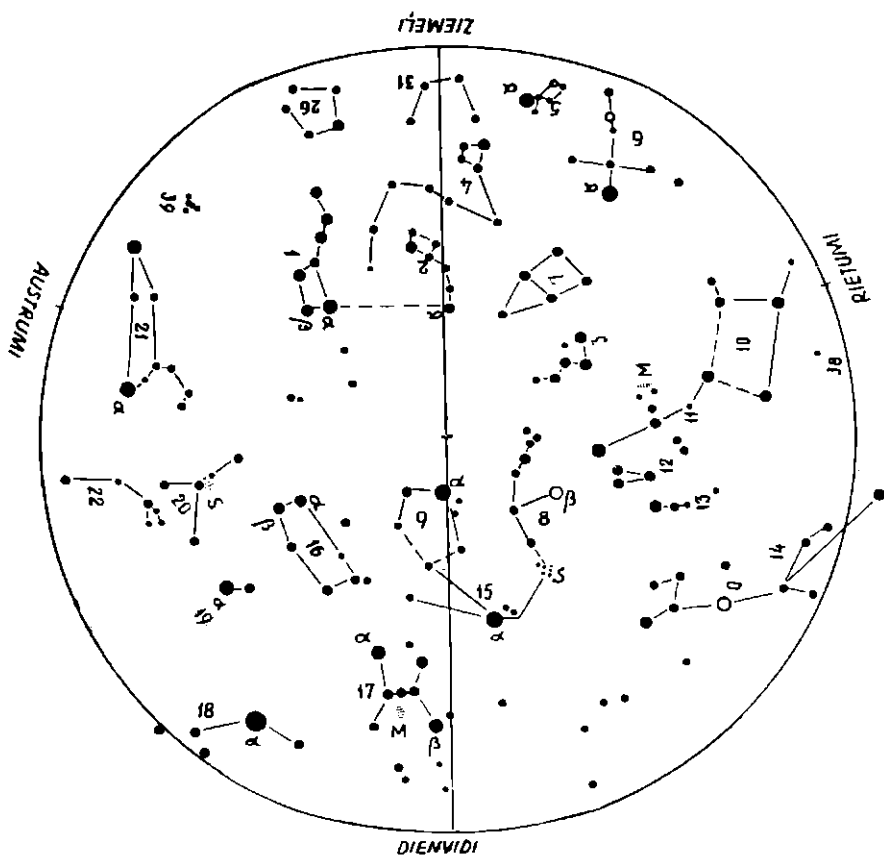
Ievietotajās zvaigžņu kartēs parādīta zvaigžņotā debess ziemā šādos laikos:

1. janvārī	1. karte pl. 0 st ,	2. karte pl. 6 st ,
15.	23,	5,
1. februārī	22,	4,
15.	21,	3,
1. martā	20,	2,
15.	19,	1.

Karti aptverošā līnija attēlo apvārsni. Meklējot zvaigznājus pie debess, karte jāpagriež tā, lai debess puse, uz kuru mēs skatāmies, kartē būtu uz leju. Karte nekad nav jātur virs galvas, kā to daži mēdz darīt. Tuvāki norādījumi par šīm kartēm un to lietošanu atrodami «Zvaigžņotās Debess» iepriekšējā (1961. g. rudens) izdevumā. Te minēsim vienīgi to, ka pilnīgi pareizi kartēs attēloti zvaigznāji vienīgi ziemeļpola tuvumā; dienvīdu zvaigznāji iznāk stipri izstiepti horizontālā virzienā, jo citādi nebūtu iespējams attēlot visu pussfēru reizē.

Kartēs parādīti sekojoši zvaigznāji:

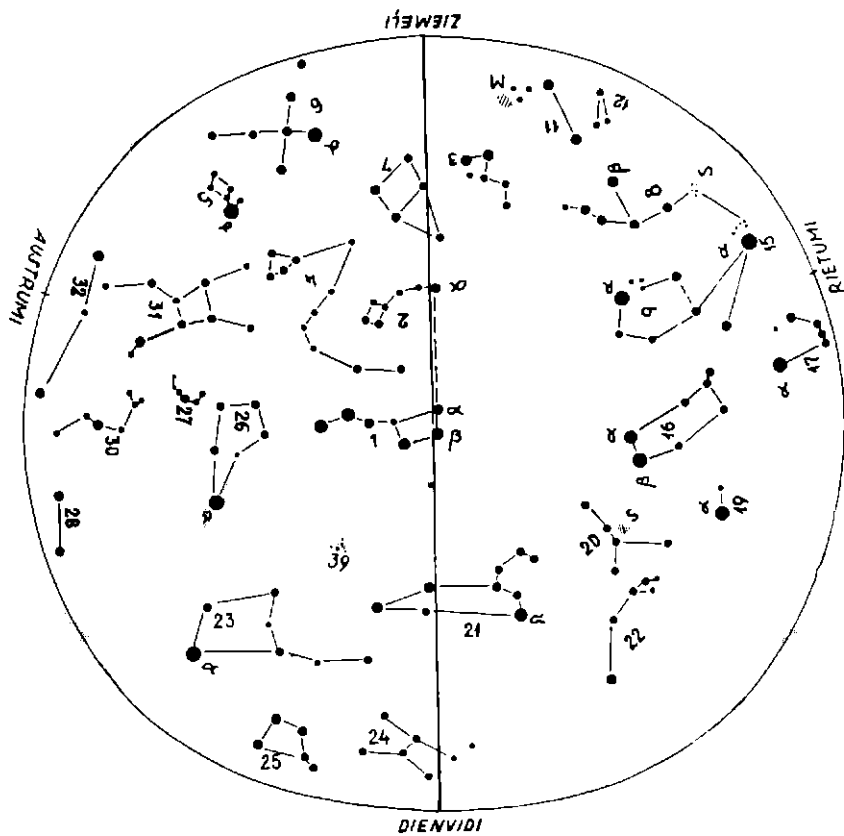
1 — Lielie Greizie Rati, 2 — Mazie Greizie Rati (α — Polār zvaigzne),
3 — Kasiopeja, 4 — Pūķis, 5 — Lira (α — Vega), 6 —
Gulbis (α — Denebs), 7 — Cefejs, 8 — Persejs (β — Al-
gols), 9 — Vedējs (α — Kapella), 10 — Pegazs, 11 — Andro-
mēda (M — miglājs), 12 — Trijstūris, 13 — Auns, 14 — Valzivs (γ —
Mira), 15 — Vērsis (α — Aldebarans, S — Sietiņš), 16 — Dvīņi (α —
Kastors, β — Polluks), 17 — Orions (α — Betelgeize, β — Rigels, M —
miglājs), 18 — Lielais Suns (α — Sīrijs), 19 — Mazais Suns (α — Pro-
cions), 20 — Vēzis (S — Sile), 21 — Lauva (α — Reguls), 22 — Hidra,
23 — Jaunava (α — Spika), 24 — Kauss, 25 — Krauklis, 26 — Vēršu Dzi-
nējs (α — Arkturs), 27 — Ziemeļu Vainags, 28 — Svari, 30 — Čūska,
31 — Herkules, 32 — Čūsknesis, 38 — Zivis, 39 — Berenikes Mati.



I. zvaigžņu karte

zvaigžņotā debess	1	pl. 0 st ,
	15.	23.
	1. februārī	22.
	15.	21.
	1. martā	20.
	15	19

Zvaigznāju apzīmējumus skat. tekstā 55. lpp.



zvaigžņu karte

Zvaigznāju apzīmējumus

LATVIJAS UNIVERSITĀTES BIBLIOTĒKA



0510047057

