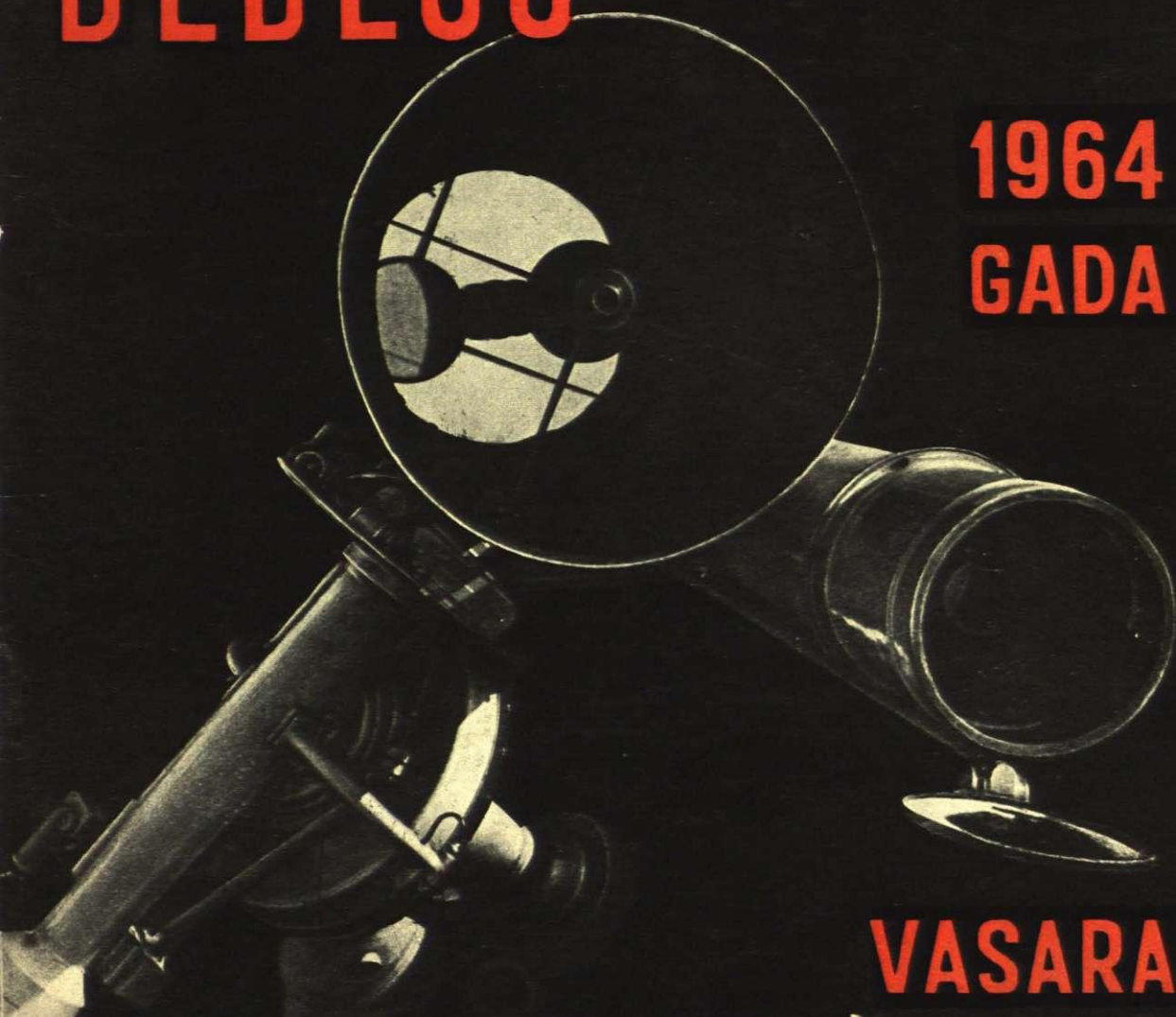


*Zvaigžņota*

DEBESS

1964  
GADA



VASARA

1964. GADA VASARA

LATVIJAS PSR ZINĀTŅU AKADEMIJAS  
ASTROFIZIKAS LABORATORIJAS  
POPULĀRZINĀTNISKS GADALAIKU IZDEVUMS

U. DZĒRVITIS

## ZVAIGŽŅU DZIĻU ĶĪMIJA

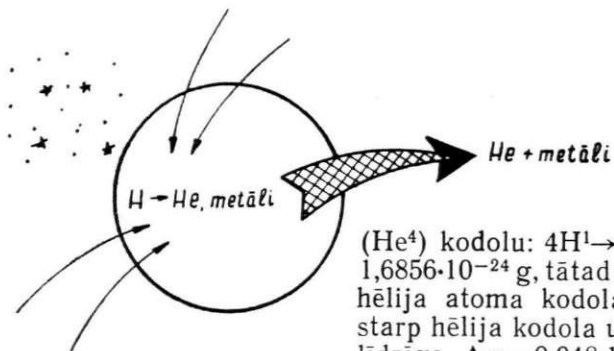
**Attīstības ģenerāllīnija.** Zvaigznes izsviež pasaules telpā milzīgus enerģijas daudzumus. Brīžiem tie ir tik lieli, ka tos var konstatēt miljoniem gaismas gadu attālumā. Bet līdz ar enerģiju zvaigznes izmet arī vielu. Tā pārnovu sprādzienos tiek izmests tāds vielas daudzums, kas līdzinās 10 un vairāk Saules masām. Zvaigznes Visumā ir gigantiskas fabrikas, kur notiek ķīmisko elementu ražošana. Izejviela — pasaules telpas ūdeņradis — tiek pārstrādāta smagākos elementos. Un grandiozā enerģija, kas aizplūst no zvaigznēm, dod izteiksmīgu liecību par to, ar kādu intensitāti norit šis process. Smagie elementi novu un pārnovu sprādzienos tiek nogādāti atpakaļ starpzvaigžņu vidē — turpat, no kurienes tika ņemta izejviela. Tādējādi zvaigznes izpilda visai svarīgu misiju — pārvērš pasaules telpas vieglos elementus smagajos, un, jādodomā, šī galaktiku vielas ķīmiskā izmaiņa galu galā tad arī vērza galaktiku evolūciju.

Sākumā, iespējams, ir bijis tikai ūdeņradis. Apstākļos, kādi pastāv zvaigznēs, no tā var rasties visi pārējie elementi. Astoņu pamatprocesu rezultātā rodas visu 103 pazīstamo ķīmisko elementu 1200 paveidi — izotopi, kuri atšķiras cits no cita ar daļiņu skaitu atoma kodolā.

Par to, kā zvaigznē veidojas ķīmiskie elementi un kā šie elementi no turienes tiek nogādāti starpzvaigžņu telpā, tad arī būs runa turpmāk.

**Zvaigznes enerģijas bilance.** Uz kādas enerģijas rēķina notiek ķīmisko elementu ražošana un transportēšana? Varbūt tā ir kodolenerģija, kas veic šo gigantisko darbu, tā pati enerģija, kura atbrivojas, eksplodējot ūdeņraža bumbai? Tas patiesi ir iespaidīgs enerģijas krājums. Ņemsim kaut vai pašu vienkāršāko gadījumu — enerģiju, kas atbrivojas, ūdeņradim pārvēršoties hēlijā. Seit 4 ūdeņraža ( $H^1$ )\* kodoli apvienojoties izveido vienu hēlija

\* Pie elementa simbola augšpusē rakstītais skaitlis norāda daļiņu — neitronu un protonu kopējo skaitu kodolā (t. s. masas skaitlis). Visas kodolreakcijas norit tā, ka neitronu un protonu kopskaits saglabājas.



1. att. Zvaigznes pasaules telpas ūdeņradi pārvērš smagajos elementos.

( $\text{He}^4$ ) kodolu:  $4\text{H}^1 \rightarrow \text{He}^4$ . Viena ūdeņraža kodola masa ir  $1,6856 \cdot 10^{-24}$  g, tātad četru kodolu masa ir  $6,7424 \cdot 10^{-24}$  g; hēlija atoma kodola masa ir  $6,6945 \cdot 10^{-24}$  g. Starpība starp hēlija kodola un 4 ūdeņraža kodolu masām ir vienlīdzīga  $\Delta m = 0,048 \cdot 10^{-24}$  g un tai ekvivalents enerģijas daudzums pēc pazīstamās Einšteina formulas ir  $\Delta mc^2$  ( $c$  — gaismas ātrums =  $2,998 \cdot 10^{10}$  cm/sek.) vienlīdzīgs  $4,31 \cdot 10^{-5}$  ergiem. Šāds enerģijas daudzums izdalās uz katrām 4 ūdeņraža kodoliem (faktiski zvaigznēs izdalās nedaudz mazāks enerģijas daudzums, jo, kā redzēsim, tur rodas enerģijas zudumi), bet zvaigznēs šādu ūdeņraža kodolu ir ļoti daudz, piemēram, Saulē ap  $10^{56}$ . Un tie visi ir reaģētspējīgi. Turklāt enerģija izdalās ne tikai ūdeņraža pārvēršanās procesā, bet arī hēlija tālākās pārvērtībās utt. Tātad kopējais potenciālais kodolenerģijas fonds zvaigznē ir milzīgs.

Tomēr, ja, ļaujoties uz kodolenerģijas krājumiem, zvaigznes mūža beigās pavilktu svītru un novērtētu kopējo enerģijas apgrozību, tad atklātos katastrofāls deficīts. Tas būtu krietni vien lielāks par visu to enerģiju, ko zvaigzne ieguvusi kodolreakcijās. Paradoksāli — bet visa kodolenerģija ir norakstāma zaudējumos. Vēlāk redzēsim, ka sākotnējos sintēzes procesus zvaigznēs nomaina sabrukšana, reakcijas apvēršas un rit pretējā virzienā, patērējot daudz vairāk enerģijas, nekā sākumā iegūts.

Zvaigznes īstenais enerģijas avots ir pavisam cits — tā ir zvaigznes potenciālā gravitācijas enerģija. Tā zvaigznēm ielikta jau šūpulī. Patiešām, galaktiskajā vidē, kurā rodas zvaigznes, lielos attālumos cits no cita klejo atomi, molekulas, elementārdaļiņas. Attāluumi starp šīm daļiņām, salīdzinot ar to izmēriem, ir pārāk lieli, lai izjustu savstarpējā pievilkšanās spēka — gravitācijas darbību. Bet patiesībā visā neierobežotajā telpā līdz ar vielu ir izliets milzīgs enerģijas okeāns — daļiņas taču var krist viena uz otru, sablīvēties, tā atbrīvojot šo potenciālo enerģiju. Enerģija, ko slēpj katrs atsevišķais daļiņu pāris, ir gaužām niecīga, bet telpā šādu daļiņu ir daudz, ļoti ļoti daudz, un kopsummā šī enerģija sastāda vismilzīgāko enerģijas rezervuāru Visumā, par kuru mēs droši zinām, ka tas tiek izmantots. Starpzvaigžņu un starpgalaktiskās vielas potenciālā gravitācijas enerģija ir tas mehānisms, kas uzvelk Visuma pulksteni. Iespējams, ka bez tā ir arī kādi citi, vēl varenāki mehānismi, bet par tiem mēs pagaidām nekā nezinām.

Viela, kas pilda pasaules telpu, atrodas mūžīgā kustībā. Šīs kustības dēļ kaut kur telpā nelielā apgabalā nejauši var rasties vietējs vielas sablīvē-

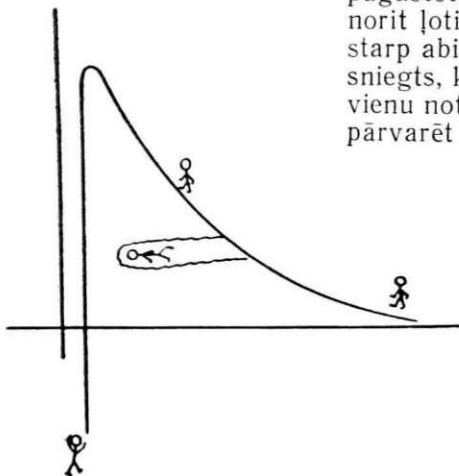
jums. Un te nu sāk darboties gravitācijas spēka mehānisms. Ja vien apstākļi ir labvēlīgi, vielas sablīvēšanās vēršas plašumā. Tajā iesaistās arvien jauni atomi un jaunas molekulas, un sākumā haotiskā gravitācijas darbība tagad iegūst noteiktu virzienu — kļūst mērķtiecīga. Procesam atīstoties, sākotnējais kondensācijas centrs var sadrumstaloties, radot jaunus. Jādomā, ka tā arī veidojas zvaigznes, galaktikas un to kopas. Sākotnējā zvaigzne ir izplūdis, amorfs veidojums, ļoti plašs un izretināts, kas atgādina putekļu mākonī. Daļiņas tajā lēnām krit viena uz otru, bet drīz gravitācijas spēkiem rodas pirmā pretestība. Kad daļiņas jau pietiekami sablīvējušās, tās sāk sadurties cita ar citu, sadursmes notiek arvien biežāk un ar aizvien pieaugošu enerģiju, jo daļiņas kritot paātrinās. Vielas masā rodas īpašības, ko sauc par temperatūru un spiedienu. Putekļu mākonis sāk pārvērsties gāzes lodē. Sadursmju intensitātei pieaugot, gāze tiktāl sakarst, ka sāk spīdēt. Vielas necaurspīdīguma dēļ starojums var netraucēti aizplūst tikai daļēji, tādēļ aug starojuma koncentrācija, un tā rezultātā strauji ceļas temperatūra. Lodes centrā temperatūra tuvojas jau miljona grādu, un gāzes lode nu ir pārvērtusies zvaigznē. Tagad puse no atbrīvojušās gravitācijas enerģijas tiek izstarota, bet otra puse pārvēršas siltumenerģijā, tādēļ zvaigznes temperatūra strauji ceļas. Kad centrā, kur temperatūra ir visaugstākā, tā pārsniedz miljonu grādu, var uzskatīt, ka sākas elementu sintēzes procesa pirmais posms. Tā ir jau minētā reakcija  $4\text{H}^1 \rightarrow \text{He}^4$ , kad ūdeņradis pārvēršas hēlijā. Kodolreakcijas sākuma posms nenorit gludi un ir visai dramatisks. Kodolreakciju ātrums ir stipri atkarīgs no temperatūras. Tādēļ, reakcijai uzliesmojot, centrā izdalās liels koncentrētas enerģijas daudzums, kas ievērojami pārsniedz to aktīvo enerģiju, kāda zvaigznei bijusi līdz šim. Centrālie apgabali strauji pārkarst, izplešas un atdziest, un tā rezultātā kodolreakcijas apstājas. Uz zvaigznes ārpusi aizņo sablīvējuma apgabals ar paaugstinātu temperatūru un spiedienu — t. s. triecienvilnis. Tas, tuvojoties zvaigznes virsmai, strauji pastiprinās un izpleš ārējo apvalku, un zvaigzne pēkšņi uzliesmo. Kad apstājas enerģijas izdalīšanās, centrālais apgabals atkal sarūk un no centra atkal izplatās triecienvilnis. Tā zvaigzne ir kļuvusi par mainzvaigzni, varenas konvulsijas satricina tās ķermeni, pārmaisot visu zvaigzni. Spožuma pulsācijas kļūst aizvien biežākas, līdz beidzot saplūst pavisam kopā, un, kodolreakcijai nostabilizējoties, sākas zvaigznes «apzinīgās» dzīves pirmais posms. Zvaigzne nu visā savā spožumā atmirdz debess velvē.

**Ūdeņraža degšana.** Ūdeņraža pārvēršanās hēlijā:  $4\text{H}^1 \rightarrow \text{He}^4$  nebūt nenorit tik vienkārši, kā uzrakstīts formulā. Varbūtība, ka četri ūdeņraža kodoli sadursies vienlaikus, ir ļoti maza, un apstākļos, kādi pastāv zvaigznēs, ar to nav ko rēķināties. Vērā ņemami ir tikai tādi procesi, kas norit saduroties divām daļiņām. Tādēļ uzrakstītais vienādojums ir daudz garāks par procesu virknes gala rezultātu. Bet vispirms noskaidrosim, kā norit kodolreakcija, saduroties divām daļiņām, kādi spēki šeit piedalās. Sadu-



roties diviem ūdeņraža kodoliem, kuri katrs sastāv no vienas pozitīvi lādētas daļiņas — protona, starp tiem kā jau starp jebkuriem vienādas zīmes elektriskajiem lādiņiem, darbojas Kulona elektrostatiskie atgrūšanās spēki, kas kavē reakcijas norisi. Reakciju veicinošie kodolspēki ir gan daudz stiprāki par Kulona spēkiem, bet sāk darboties tikai pavisam niecīgā attālumā — ap  $10^{-13}$  cm. Tādēļ, lai reakcija varētu notikt, daļiņām ir jānonāk šādā attālumā, jāpārvar Kulona atgrūšanās spēki jeb, kā mēdz teikt, Kulona barjera. Skaidrs, ka zvaigznē vienīgais cēlonis, kas spēj tuvināt daļiņas, ir siltumkustība, un tādēļ šī cēloņa izraisītās reakcijas sauc par termokodolreakcijām. Aprēķinot, kāda ir šo divu pretspēku — siltumkustības enerģijas un Kulona barjeras augstuma attiecība, izrādās, ka miljonu grādu augstā temperatūrā barjera ir daudz par augstu, lai daļiņas varētu pārkļūt tai pāri. Šādā ceļā termokodolreakcijas varētu sākties tikai temperatūrās, kas pārsniedz 10 miljardus grādu. Par laimi, gadījumos, kad daļiņas nevar pārkāpt barjerai pāri, tās izspraucas pa apakšu. Mūsdienu fizika atzīst, ka tādas sīkas daļiņas kā atomu kodoli ir tik kustīgas, ka nekad neatrodas noteiktā vietā. Tādēļ tās ir it kā izplūdušas, izsmērētas pa kādu telpas apgabalu, un, jo lielāka ir daļiņas enerģija, jo tā ir vairāk izplūduši. Tāpēc nekad nevar pateikt, kur daļiņa šobrīd atrodas — šajā vai citā vietā, šaipus vai viņpus barjeras, bet vienīgi var norādīt varbūtību, ka tā atrodas tur vai citur. Kad temperatūra ir zema, varbūtība, ka daļiņa atrodas viņpus barjeras, ir niecīga un reakcija nenotiek. Temperatūrai pieaugot, šī varbūtība arvien vairāk palielinās un beidzot, kad apgabals, kurā izsmērēta daļiņa, sasniedz caurmēru, kas ir lielāks par barjeras platumu, varbūtība, ka daļiņa atrodas iekšpus barjeras, kļūst ievērojama. Daļiņa ir izspraukusies cauri barjerai it kā pa tuneli, tādēļ šo efektu arī sauc par tuneļefektu. Gandrīz visas kodolreakcijas zvaigznēs norit ar tuneļefekta starpniecību (par dažiem izņēmumiem runāsim vēlāk).

Daļiņas ar lielāku enerģiju var vieglāk pārvarēt barjeru, jo tās spēj pakāpties augstāk, kur barjeras platumš mazāks. No otras puses, reakcijas varbūtība, daļiņu enerģijai augot, samazinās. Enerģiskas, ātras daļiņas pārāk ātri aizskrien viena otrai garām, nepagūstot stāties reakcijā. Jo kodolreakcijas, kaut arī tās norit ļoti ātri, ap  $10^{-23}$  sek., nav tomēr momentālas. Tādēļ starp abiem apstākļiem ir jāatrod kompromiss. Tas tiek sasniegts, kad zināmā temperatūrā reakcijā stājas daļiņas ar vienu noteiktu enerģiju. Daļiņas ar mazāku enerģiju nespēj pārvarēt barjeru, ar lielāku — nespēj stāties reakcijā.



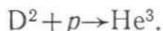
2. att. Kodola Kulona barjeras pārvarēšanai daļiņas izmanto tuneļefektu.

Temperatūrai paaugstinoties, pieaug arī enerģija, pie kuras notiek reakcija. Divu protonu sadursme pēc barjeras pārvarēšanas izraisa to apvienošanu. Bet tā kā šāds dubultprotons nav stabils, tad viens no protoniem pārvēršas neitronā:  $p \rightarrow n + e^+ + \nu$ , izsviežot pozitronu  $e^+$  un neitrino  $\nu$ . Rodas ūdeņraža izotops, kas sastāv no protona un neitrona un ko sauc par deitronu —  $D^2$ . Tātad kopējā reakcija ir deitrona rašanās divu protonu sadursmē:



Šī reakcija norit ļoti lēni, katri divi protoni reaģē caurmērā vienreiz 14 miljardu gados. Un, ja tā tomēr zvaigznēs norit ar vērā ņemamu ātrumu, tad tas notiek tikai tādēļ, ka zvaigznē protonu ir ārkārtīgi daudz.

Nākamais process, kurā deitrons satver protonu, ir ātrs un norit vidēji 6 sekundēs:



Ja zvaigznes centrā temperatūra ir mazāka par 8 miljoniem grādu, tad reakciju virkne šeit arī apstājas, uzkrājoties retajam hēlija izotopam  $He^3$ . Tā tas var notikt tikai ļoti mazas masas zvaigznēs, kuru gravitācijas enerģija ir par mazu, lai centrālo apgabalu sakarsētu līdz augstākai temperatūrai.

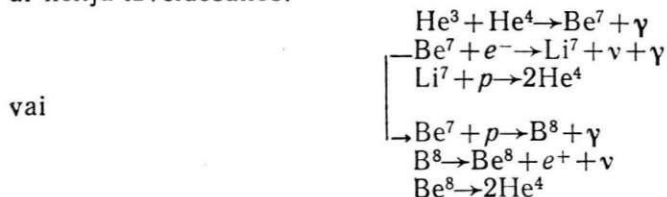
Temperatūru intervālā no 8 līdz 13 miljoniem grādu šī reakciju virkne noslēdzas ar pēdējo reakciju, kurā divi  $He^3$  kodoli apvienojoties izveido parasto stabilo hēlija izotopu  $He^4$  un rada 2 protonus:



Tātad šīs reakciju virknes, t. s.  $p - p$  virknes, gala rezultāts ir process  $4H^1 \rightarrow He^4$ , tikai tas norit aplinkus ceļā ar 3 reakciju starpniecību. Procesā izdalās 26,2 MeV ( $1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-6}$  ergiem) liela enerģija. Tā ir mazāka, nekā iepriekš pēc Einšteina formulas aprēķinātā, jo apmēram 2% aiznes neitrino. Reakcijai ritot pilnā sparā, starp tās starpproduktiem koncentrācijas ziņā izveidojas noteikts līdzsvars, kas raksturo šo izotopu izplatību Visumā, ja tie ir radušies šādā ceļā. Uz 1 svara daļu ūdeņraža šeit izveidojas  $10^{-4}$  svara daļas  $He^3$  un  $3 \cdot 10^{-71}$  svara daļas deiterija. Tādēļ arī smaigais ūdeņradis — deiterijs kosmosā ir tik rets.

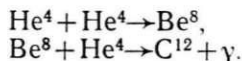
Tāds bija ieskaits par  $p - p$  virkni jau kopš 1938. gada, kad H. Bēte pirmoreiz pievērsa tai uzmanību. Un tikai 1959. gadā atklājās, ka šeit nepieciešams būtisks papildinājums. Amerikāņu fiziķis E. Džonsons atrada, ka temperatūrās, kas lielākas par 13 miljoniem grādu, reakciju ķēdi procesa  $He^3 + He^3 \rightarrow He^4 + 2p$  vietā noslēdz process  $He^3 + He^4 \rightarrow Be^7 + \gamma$ , kurā rodas berilijs. Šeit ar  $\gamma$  apzīmēts  $\gamma$ -kvants, t. i., pēc būtības enerģija, kas izdalījies reakcijā. Šī reakcija kļūst sevišķi nozīmīga ūdeņraža degšanas beigū

posmā, kad jau sakrājies daudz hēlija. Berilijs  $\text{Be}^7$  tālāk var satvert elektronu, izveidojot litiju un boru. Visi šie procesi gala rezultātā noslēdzas ar hēlija izveidošanos:



**Hēlija degšana.** Iepriekš aprakstītais process ar tā nozarojumiem turpinās, kamēr zvaigznes centrālajā daļā viss ūdeņradis ir pārvērties hēlijā. Laika sprīdis, kurā tas notiek, ir atkarīgs no zvaigznes masas: jo lielāka masa, jo lielāka enerģija bija izdalījusies, zvaigznei saraujoties, un tādēļ arī degšana norit straujāk, jo zvaigzne ir sakarsēta līdz augstākai temperatūrai. Kā rāda aprēķini, zvaigznēs ar lielām masām — lielākām par 10 Saules masām — ūdeņradis centrā izdeg  $10^6$  līdz  $10^7$  gados. Saules tipa zvaigznē šis process ilgst ap  $10^{11}$ — $10^{12}$  gadu. Turpretī zvaigznēs, kuru masa mazāka par Saules masu, ūdeņraža degšana norit ļoti lēni, un tās ilgums krietni pārsniedz Galaktikas vecumu.

Kad zvaigznes centrālajā apgabalā ūdeņradis ir pārvērties hēlijā un līdz ar to izbeigusies enerģijas piegāde, mehāniskais līdzsvars zvaigznē izjūk. Lai aizpildītu deficītu enerģijas bilanci, zvaigzne izmanto apslēpto enerģijas krājumu — gravitācijas potenciālo enerģiju. Saraušanās visintensīvāka ir centrālajā daļā. Temperatūrai paaugstinoties, sāk degt ūdeņradis, kas atrodas ap hēlija kodolu. Zvaigznē izveidojas čaulveidīgs enerģijas avots. Pieaugot temperatūrai centrālajā daļā, tas pakāpeniski virzās uz ārpusi. Zvaigznes ārējie slāņi, kurus no apakšas karsē degošā ūdeņraža josla, uzpūšas. Zvaigzne pārvēršas par t. s. sarkano milzi. Šādām zvaigznēm ir ārkārtīgi plaša, bet ļoti izretināta atmosfēra. To virsmas temperatūras ir zemas — no 4000 līdz 1000°, tādēļ to izstarotā gaisma ir sarkana, no kā cēlies šīs zvaigžņu grupas nosaukums. Tomēr zvaigznes centrā temperatūra un blīvums ir ļoti liels. Saraušanās turpinās, kamēr temperatūra paceļas virs 100 miljoniem grādu. Tad ir iespējamas tālākas kodolpārvērtības un jaunu elementu sintēze, reaģējot savā starpā diviem hēlija kodoliem. Tā kā hēlija kodolam elektriskais lādiņš ir lielāks nekā ūdeņraža kodolam, tad Kulona barjera ir augstāka un platāka. Tādēļ arī barjeras pārvarēšanai vajag krietni vien augstāku temperatūru. Hēlija degšanas procesu parasti sauc par  $3\alpha$  procesu, jo tajā piedalās trīs  $\alpha$ -daļiņas — trīs hēlija kodoli:

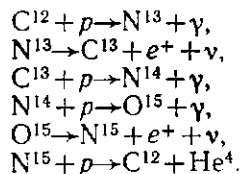


Tātad procesa rezultātā no trīs hēlija kodoliem izveidojas oglekļa kodols  $C^{12}$ , pie kam izdalās 7,3 MeV liela enerģija. Berilija  $Be^8$  kodols ir ļoti nestabils un ātri sabrūk atkal divos hēlija kodolos. Tā uz  $10^9$   $He^4$  kodoliem 100 miljonu grādu temperatūrā ir tikai viens  $Be^8$  kodols. Tādēļ varētu domāt, ka berilija un hēlija reakcijai vajadzētu būt ļoti retai un līdz ar to šim procesam būtu maza nozīme. Tomēr tā nav.

Procesos, kas norit ar atomiem un kodoliem, liela nozīme ir rezonanses parādībai. Rezonanse, piemēram, darbojas pazīstamajā demonstrējumā, kur skanoša toņdakša ieskandina otru tādu pašu toņdakšu. Tas notiek tādēļ, ka tām abām ir vienāda svārstību frekvence un šādos apstākļos svārstību enerģija viegli pāriet no vienas toņdakšas otrā. Tāpat arī atoms absorbē fotonu (gaismu) vislabāk tad, ja fotona enerģija ir vienāda ar kādu no atoma enerģijas līmeņiem. Arī aplūkotās reakcijas gadījumā  $Be^8$  un  $He^4$  kopīgā enerģija ir vienāda ar  $C^{12}$  kodola otro enerģijas līmeni (3. att.). Tādēļ abas enerģijas ir «rezonansē» un Kulona barjera nevar aizkavēt procesu, kas norit ļoti strauji un ar lielu varbūtību.

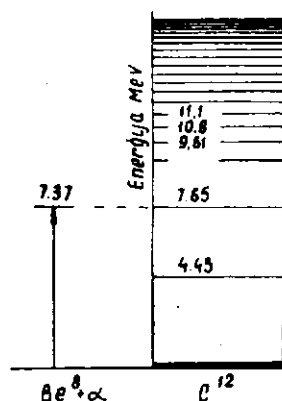
$3\alpha$  procesa rezultātā izveidojas stabils oglekļa izotops  $C^{12}$ , kam ir liela nozīme zvaigznes turpmākajā vēsturē. Tas kalpo par izejmateriālu daudzu citu elementu sintēzei.

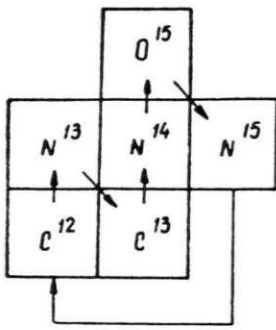
**Oglekļa cikls.** Vieglais oglekļa izotops  $C^{12}$  ir iniciators īpatnējam pārvērtību ciklam, kura gala rezultāts tāpat kā  $p - p$  procesam ir hēlija sintēze no četriem ūdeņraža kodoliem. Papildus rodas vairāki slāpekļa, skābekļa un oglekļa izotopi.



Dabīgi, ka zvaigznē, kas sākumā sastāvējusi no tīra ūdeņraža, šāds process nav iespējams, jo centrā, kur rodas  $C^{12}$ , ūdeņradis jau ir izdedzis. Pavisam citādi ir zvaigznēs, kas satur  $C^{12}$  piejaukumu jau no paša sākuma. Tā tas ir ar vēlāko paaudžu zvaigznēm, kas radušās no vielas, kura izgājusi iepriekš minētās pārvērtības agrāko paaudžu zvaigznēs. Tur  $C^{12}$ , satverot protonu, izraisa īpatnēju pārvērtību virkni, kura parādīta 4. attēlā. Cikla beigās  $C^{12}$  atkal atjaunojas, darbojamies kā katalizators procesam  $4H^1 \rightarrow He^4$ .

3. att. Enerģijas līmeņu rezonanse reakcijā  $Be^8 + \alpha \rightarrow C^{12}$ . Berilija  $Be^8$  un  $\alpha$ -daļiņas kopējā enerģija ir tuva oglekļa kodola  $C^{12}$  otrajam enerģijas līmenim, un tas nodrošina strauju reakcijas norisi.

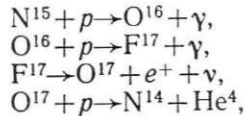




4. att. Oglekļa cikls.

$C^{12}/N^{14}=0,01$ . Ja šie elementi radušies zvaigznēs oglekļa cikla rezultātā, tad arī dabā jābūt šādai izotopu attiecībai. Tā tas arī ir, piemēram, uz Zemes  $C^{12}/N^{14}=0,02$ .

Oglekļa ciklam iespējams nozarojums ar fluora  $F^{17}$  un skābekļa  $O^{16}$  kodoliem:

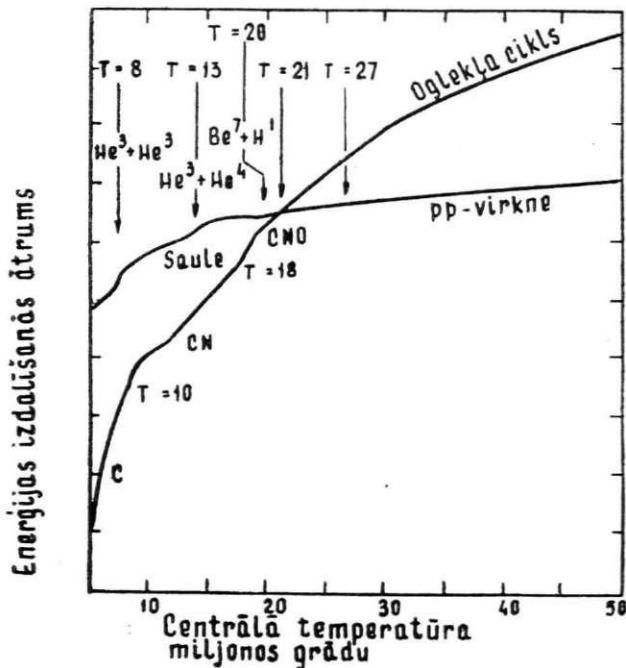


un tālāk  $N^{14}$  atkal iesaistās pamatvariantā. Uz 2200 cikliem gadās viens šāds nozarojums.

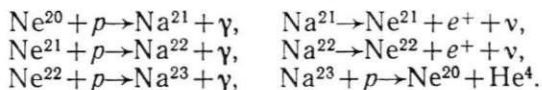
Aprakstītie  $p-p$  un  $3\alpha$  procesi kopā ar oglekļa ciklu sastāda trīs svarīgākos kodolenerģijas avotus zvaigznēs.

Zvaigzni, kurā hēlijs ir pārvērties ogleklī, jau var uzlūkot par vecu. Nākošie procesi, kurus tūlīt aplūkosim, aizņem mazu laika sprīdi no zvaigznes mūža un, norisinoties aizvien pieaugošā ātrumā, beidzas ar katastrofisku izvirdumu. Tie ir svarīgi no elementu sintēzes viedokļa, jo lielākais kodolu daudzums rodas tieši zvaigznes mūža beigās.

5. att. Enerģijas izdalīšanās ātrums atkarībā no temperatūras kodolprocesos. Ar bultiņām atzīmētas temperatūras miljonos grādu, kurās ieslēdzas reakciju virknes atsevišķie locekļi.

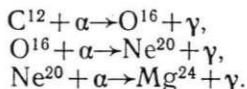


**Neona-nātrija cikls.** Vēlāko paaudžu zvaigznēs, kuru ūdeņradis ir piesārņots ar citiem elementiem, bez oglekļa cikla iespējami arī daži citi procesi, kuros veidojas vieglie elementi. Šie procesi var noritēt arī čaulā, kurā notiek ūdeņraža degšana, jo tajā no kodola var iekļūt dažādi hēlija reakciju produkti. Tā neona  $\text{Ne}^{20}$  klātienē iespējama oglekļa ciklam līdzīga reakciju virkne, kurā  $\text{C}^{12}$  lomu izpilda neons  $\text{Ne}^{20}$ :

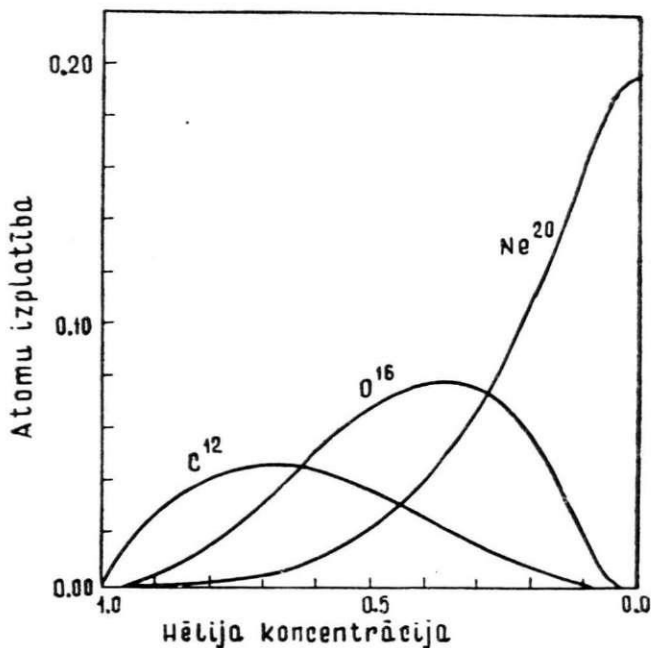


Sis cikls aizstāj oglekļa ciklu augstākās temperatūrās. Kādi procesi iespējami ar vēl smagākiem izotopiem, ir grūti pateikt, jo šim nolūkam ir vajadzīgas sīkas ziņas par smago kodolu enerģijas līmeņiem, bet šādu ziņu pagaidām nav.

**$\alpha$  reakcijas.** Temperatūru intervālā starp 100 un 200 miljoniem grādu līdz ar  $\text{C}^{12}$  veidošanos notiek tālākas hēlija piesaistīšanas reakcijas:



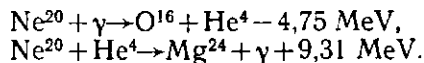
Šeit pakāpeniski veidojas skābeklis, neons, magnijs. Ja zvaigznes masa nav pietiekami liela, tad tā saraujas lēni un temperatūra nepaceļas tik augstu, lai sāktos šīs reakcijas. Zvaigznē tad pamazām uzkrājas  $\text{C}^{12}$  (6. att.). Ja zvaigznes masa ir liela, tad ogleklis drīz pārvēršas par neonu. Nekādas svarīgas reakcijas starp  $\text{C}^{12}$ ,  $\text{O}^{16}$  un  $\text{Ne}^{20}$  nenotiek, kamēr temperatūra nesasniedz miljardu grādu. Šādā temperatūrā elektromagnētiskais starojums zvaigznes centrā sastāv jau no tik enerģiskiem  $\gamma$ -kvantiem, ka tie spēj noārdīt neonu atpakaļ skābeklī:  $\text{Ne}^{20} + \gamma \rightarrow \text{O}^{16} + \alpha$ . Tā ir pirmā no t. s. ( $\gamma$ ,  $\alpha$ ) reakciju sērijas un norit visvieglāk, jo



6. att. Vieglo elementu koncentrācijas izmaiņa  $\alpha$  reakciju ietekmē.

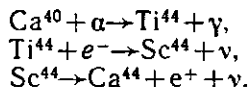


$\alpha$ -daļiņas saistības enerģija  $\text{Ne}^{20}$  kodolā ir tikai 4,75 MeV, turpretī  $\text{C}^{12}$  kodolā tā ir 7,37 MeV, bet  $\text{O}^{16}$  — 7,15 MeV. Tā rodas  $\alpha$ -daļiņas, kuras, tālāk reaģējot ar vēl nenoārdīto  $\text{Ne}^{20}$ , rada  $\text{Mg}^{24}$ :



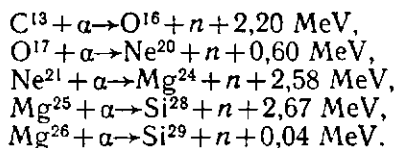
Tātad summārā reakcija ir  $2 \text{Ne}^{20} \rightarrow \text{O}^{16} + \text{Mg}^{24} + 4,56 \text{ MeV}$ . Līdzīgā veidā šādas reakcijas norit tālāk, veidojot kodolus, kuru masas skaitlis dalās ar 4: silīciju  $\text{Si}^{28}$ , sēru  $\text{S}^{32}$ , argonu  $\text{Ar}^{36}$ , kalciju  $\text{Ca}^{40}$ . Šādās  $\alpha$ -daļiņas satveršanas reakcijās radušies kodoli dabā ir daudz vairāk izplatīti par pārējiem kodoliem.  $\alpha$  reakcijas ir līdzīgas  $3\alpha$  procesam, vienīgi  $\alpha$ -daļiņu avots abos gadījumos ir atšķirīgs.

Kalcijam  $\text{Ca}^{40}$  tālāk satverot  $\alpha$ -daļiņu, rodas nestabilais titāna izotops,  $\text{Ti}^{44}$ , kurš, satverot elektronu, pārvēršas skandijā  $\text{Sc}^{44}$ :



Tālāk var veidoties  $\text{Ti}^{48}$ , kas ir stabils.

**Pārējo vieglo izotopu veidošanās.** Lai veidotos pārējie vieglo elementu izotopi, kas atšķiras no apskatītajiem ar lielāku neitronu skaitu kodolā, ir vajadzīgs neitronu avots. Par tādu varētu būt  $\alpha$ -neitronu reakcijas, kas norit ar nelielu enerģijas izdalīšanos:



Visas turpmākās šāda tipa reakcijas norit ar enerģijas patēriņu, tādēļ tās var neņemt vērā. Zvaigznē esošajiem elementiem satverot radušos neitronus, veidojas ar neitroniem bagāti izotopi. Šādā veidā, jādomā, var veidoties visi vieglo elementu izotopi.

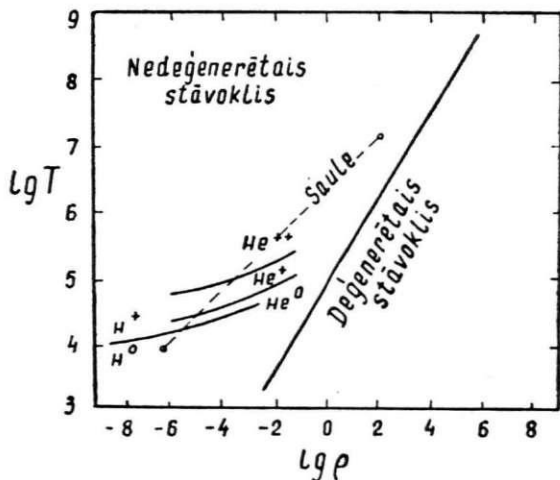
**Piknokodolreakcijas un deģenerācija.** Mazas masas zvaigznēs temperatūra nevar sasniegt miljardu grādu, jo to saraušanās norit ļoti lēni. Tādēļ to turpmākais dzīves gājums ir savādāks nekā lielas masas zvaigznēm. Zvaigznēs, kuru masa ir mazāka par Saules masu, temperatūra nespēj paugstināties pat tik tālu, lai sāktos hēlija pārvēršanās ogleklī. Ja masa ir lielāka, tad šis process var notikt, bet arī tikai centrālajā apgabalā. Hēlija degšana ārpus centrālā apgabala neiziet, jo tur temperatūra nav pietiekami

augsta. Šādas zvaigznes lēnām sablīvējas, un to centrālajā apgabalā blīvums sasniedz lielas vērtības — no  $10^6$  līdz  $10^7$  g/cm<sup>3</sup>. Tādēļ, ja lielas masas zvaigžņu evolūciju virza temperatūras pieaugšana, tad mazāk masīvām zvaigznēm to aizstāj blīvuma palielināšanās. Šis process noved pie diviem svarīgiem rezultātiem, kas turpmāk nosaka zvaigznes likteni.

Viela, palielinoties blīvumam ne visai augstās temperatūrās, nonāk īpatnējā stāvoklī, ko sauc par deģenerāciju. Apskatīsim, piemēram, elektronus zvaigznes gāzē. Katram elektronam zināmā momentā ir noteikta atrašanās vieta un ātrums. Tādēļ, ja elektrona stāvokli attēlotu grafiski, novelkot koordinātu asis un atliekot uz tām trīs telpiskās koordinātes un trīs ātruma komponentes, tad šādā 6-dimensionālā telpā, t. s. fāzu telpā, elektrona stāvoklis attēlotos ar punktu. Bet, kā jau agrāk bija norādīts, elektrons un citas daļiņas nav punktveidīgas, bet izsmērētas pa noteiktu tilpumu kā koordinātu, tā ātrumu telpā. Tādēļ fāzu telpā katram elektronam atbilst noteikts tilpums, kurā nevar atrasties vairāk par vienu elektronu. Šo apgalvojumu parasti dēvē par Pauli principu. Katra sistēma cenšas ieņemt stāvokli ar minimālo enerģiju. Tādēļ, pastāvot lieliem blīvumiem, kad tie fāzu telpas elementi, kuriem atbilst mazi impulsi, būs aizņemti, elektroniem nāksies izvietoties stāvokļos ar lielākiem impulsiem. Šādā sistēmā elektronu sadursmes, kuras pavada impulsa (ātruma) izmaiņa, nenotiek, jo visas apkārtējās impulsa vērtības aizņemtas. Šādu elektronu gāzi sauc par deģenerētu. 7. attēlā grafiski parādīts tas temperatūras un blīvuma apgabals, kurā elektronu gāze ir deģenerēta. Tā temperatūrā 10 miljoni grādu deģenerācija iesākas pie blīvuma  $10^3$  g/cm<sup>3</sup>. Lai deģenerētos smagās daļiņas — protoni un neitroni, vajadzīgi ap  $10^5$  reizu lielāki blīvumi, tādēļ zvaigznēs deģenerēti ir tikai elektroni.

No otras puses, pastāvot lieliem blīvumiem, elektroni ir cieši piespiesti klāt pie kodoliem, tādēļ tie stipri atvieglo kodolsadursmju norisi, samazinot Kulona barjeras augstumu. Elektronu negatīvais lādiņš neitralizē kodolu pozitīvo lādiņu, un kodolreakciju norises ātrums strauji palielinās, jo reakcijas tagad var izraisīt elektroni, kuru ātrums ir daudz mazāks un kuri agrāk netika barjerai cauri. Atšķirībā no parastajām kodolreakcijām, ko izraisa augsta temperatūra, — termokodol-

7. att. Gāzes deģenerācija atkarībā no blīvuma un temperatūras. Ar līnijām H<sup>0</sup>, H<sup>+</sup> utt. atdalīti H un He jonizācijas apgabali. Līnija ar atzīmi *Saule* attēlo temperatūras un blīvuma gaitu Saulē no centra līdz virsmai. Redzams, ka Saulē deģenerācijas nav.



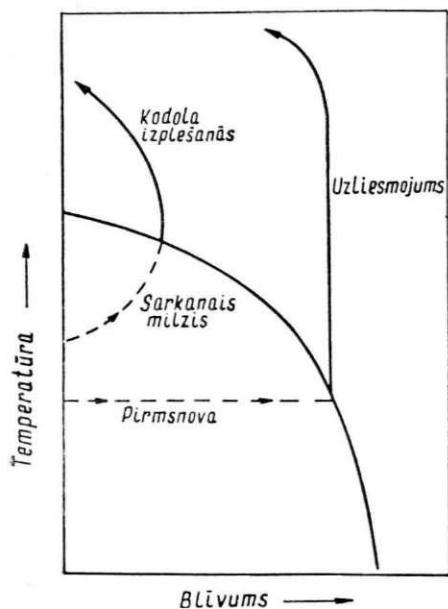
reakcijām, šīs liela blīvuma izraisītās reakcijas sauc par piknokodolreakcijām (no grieķu vārda *pyknos* — blīvs).

Pakāpeniskais blīvuma pieaugums, kas notiek bez temperatūras palielināšanās deģenerētajā oglekļa kodolā, 8. attēlā parādīts ar līniju «pirmsnova». Temperatūra šeit var būt ap 50—60 miljoniem grādu, ja vēl ir čaula, kurā deg ūdeņradis. Reakcija  $C^{12} + \alpha \rightarrow O^{16} + \gamma$ , kad tiek sasniegts blīvums  $10^6$ — $10^7$  g/cm<sup>3</sup>, sāk noritēt kā piknokodolreakcija. Tās norise var būt tik strauja, ka tā izraisa sprādzienu. Kodolā pastāvošā deģenerācija aizkavē gāzes izplešanos, tādēļ var izdalīties ļoti liels enerģijas daudzums. Kad kodols sakarst tiktāl, ka deģenerācija izbeidzas, gāze strauji izplešas un uzkrātā enerģija sprādziena veidā izdalās uz ārpusi. Sprādziena radītais triecienvilnis, virzoties uz zvaigznes virspusi, iet caur vidi, kuras blīvums strauji samazinās. Tas izraisa triecienviļņa amplitūdas pieaugumu, jo sprādziena enerģija koncentrējas uz arvien mazāku masas daudzumu. Tā rezultātā ārējais zvaigznes slānis tiek norauts un enerģijas pārpalikums tiek izstarots. Nomestā masa parasti ir neliela — apmēram viena tūkstošdaļa no zvaigznes masas.

Sprādziena rezultātā zvaigznes kodols atdziest un kodolreakcijas tajā izbeidzas. Tādēļ apstākļi, kas izraisa uzliesmojumu, var atkal atkārtoties, īpaši, ja ievēro, ka sprādziens samaisa zvaigzni, nogādājot kodolā jaunu degmateriāla devu. Sprādziens, protams, norit ar zvaigznes iekšējās enerģijas lielu zudumu, tāpēc pēc sprādziena zvaigzne no enerģētiskā viedokļa neatgriežas sākumstāvoklī. Tā ir vairāk sarāvusies, centrālais blīvums ir pieaudzis. Tādēļ ar laiku eksplozijas stiprums pieaugs un laika sprādis starp eksplozijām palielināsies. Jau 30. gados padomju astronomi P. Parenago un B. Kukarkins izteica domu, ka novu uzliesmojums atkārtojas, pie

kam periods ir lielāks spožākajām novām. Īpaši zvaigžņu grupai, t. s. novām līdzīgajām zvaigznēm, kuru uzliesmojumi ir krietni mazāki nekā novām un izmestā masa arī apmēram  $10^3$  reizu mazāka, šāda atkārtošāns ir konstatēta novērojumu rezultātā. Miera periods starp uzliesmojumiem šīm zvaigznēm ilgst 20—30 gadu.

Zvaigznēs ar lielāku masu, jādoma, piknokodolreakcijas nenotiek. Kaut arī to kodolā iestājas deģenerācija, zvaigznes saraušanās



8. att. Divas evolūcijas iespējas.

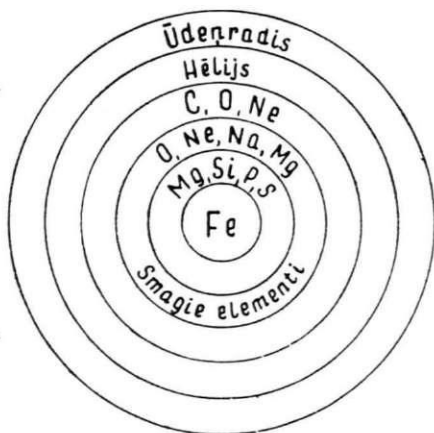
ir pietiekami strauja un tas paaugstina kodola temperatūru tiktāl, ka sākas  $C^{12}$  degšana, deģenerācija likvidejas un zvaigzne izplešas. 8. attēlā tam atbilst līnija «sarkanais milzis».

**e process.** Ja mazas masas zvaigznēs sprādzienu izraisa blīvuma pieaugums zvaigznes centrā, tad lielas masas zvaigznēs tas nenotiek. To augstās temperatūras — pāri par miljardu grādiem — un mazā blīvuma dēļ zvaigžņu kodoli nedeģenerējas. Pēc reaģētspējīgā kodolmateriāla izsīkšanas zvaigzne ātri saraujas un centrālā temperatūra strauji pieaug. Kad tā jau pārsniedz 3 miljardus grādu, tad ar lielu varbūtību norit visi kodolprocesu veidi. Siltumkustības enerģija ir tik liela, ka tā sedz visus kodolu pārvērtību procesus un Kulona barjerai vairs nav nekādas nozīmes. Par šo stāvokli saka, ka tas atbilst statistiskajam līdzsvaram, no kā arī cēlies tā nosaukums *e process* (angliski līdzsvars ir *equilibrium*).

Šo stāvokli izmanto visstabilākie kodoli, pastiprināti vairojoties uz savu kaimiņu rēķina. Šie kodoli —  $Fe^{56}$ ,  $Cr^{52}$ ,  $Fe^{54}$ ,  $Fe^{57}$ ,  $Ni^{60}$  u. c. — atbilst t. s. dzelzs grupas maksimumam ķīmisko elementu izplatības līknē. *e process* norit dažās sekundēs, kurās zvaigznes kodols pārvēršas dzelzī (9. un 10. att.). Šāda zvaigzne ir īsta kodolbumba, kurā neliela temperatūras paaugstināšanās izraisa sprādzienu.

**Sprādziens.** Zvaigznei tālāk saraujoties un temperatūrai pieaugot, blīvums strauji palielinās. Pastāvot lielam blīvumam — ap  $10^7$ — $10^8$  g/cm<sup>3</sup> un temperatūrai ap 7 miljardi grādu, lieli dzelzs kodoli aizņem daudz vietas un no enerģētiskā viedokļa to pastāvēšana vairs nav izdevīga. Dzelzs kodoli  $Fe^{56}$  sāk sairt hēlijā  $He^4$  un pie lielāka blīvuma — neitronos. Tā, pastāvot temperatūrai 7,6 miljardi grādu un blīvumam  $10^8$  g/cm<sup>3</sup>, puse no dzelzs jau ir sairusi, bet temperatūrā 8,2 miljardi grādu kodols sastāv no tīra hēlija. Tātad zvaigzne nonāk atkal turpat, kur bija sākumā, kad beidzās ūdeņraža degšana. Tikai šai pārejai ir vajadzīga enerģija — tā enerģija, kas atbrīvojās pakāpeniski no ūdeņraža un hēlija, sintezējoties smagajiem elementiem. Viena grama  $Fe^{56}$  pārvēršanai hēlijā jāpatērē  $1,65 \cdot 10^{18}$  ergi. Šī enerģija ir salīdzināma ar kopējo siltumkustības enerģiju, kas 1 gramā vielas 8 miljardi grādu temperatūrā ir  $3 \cdot 10^{17}$  ergi. Šo milzīgo enerģiju, kas nepieciešama pārejai  $Fe \rightarrow He$ , var piegādāt vienīgi gravitācijas enerģija, kas atbrīvojas, zvaigznei strauji saraujoties.

Tā kā visa atbrīvojusies enerģija tiek patērēta  $Fe^{56} \rightarrow He^4$  pārejas realizēšanai, t. i., pāriet kodolenerģijā, tad saraušanās laikā zvaigznes temperatūra ceļas maz. Tādēļ spiediena pieaugums ir par mazu, lai spētu līdzsvarot strauji augošo pievilkšanās spēku. Zvaigznes centrālajā daļā izzūd mehāniskais līdzsvars un saraušanos nomaina brīva krišana. Vienā sekundes piektdaļā zvaigznes viela nogāžas uz centru. Šī krišana uz centru ir par iemeslu zvaigznes ārējo slāņu eksplozijai, kas parādās kā novas vai pārnovas uzliesmojums. Eksploziju rada tas apstāklis, ka ārējos slāņos, kur visu laiku bijusi zema temperatūra, saglabājušies reaģētspējīgie



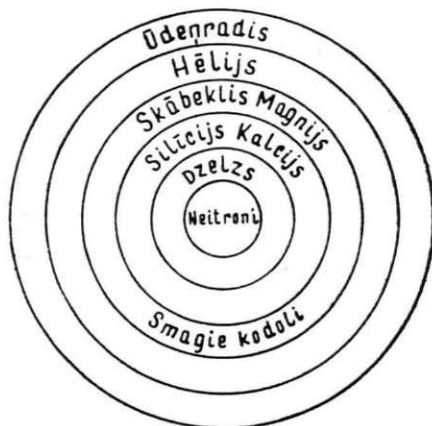
9. att. Shematiska pirmsnovas uzbūve.

zvaigznēs. Ir zināmas 6 šādas novas. Ja viena no sistēmas zvaigznēm ir jau savu mūžu nodzīvojusi un tai ir karsts un deģenerēts kodols, bet otra komponente, kuras masa ir mazāka, ir vēl tikai sarkanā milža stadijā, tad pēdējā pastiprināti zaudē masu no ārējā apvalka. To ar savu pievilksanas spēku norauj pirmā komponente. Šis norautais apvalks sastāv galvenokārt no ūdeņraža un, nokļūstot karstās zvaigznes kodolā, izraisa sprādzienu, kas līdzīgs tikko apskatītajam. Tomēr šādi ir grūti izskaidrot uzliesmojuma pēkšņumu, jo masas noraušana ir lēns un ilgstošs process.

Tāpat ar faktiem nesaskan kādreiz Ē. Šacmana izvirzītā hipotēze, ka sprādzienu izraisa  $p-p$  procesa pēdējās reakcijas —  $\text{He}^3 + \text{He}^3 \rightarrow \text{He}^4 + 2p$  norise zvaigznes vidējos slāņos. Aprēķins rāda, ka šī reakcija kļūst strauja tikai visai augstās temperatūrās, bet tad zvaigznē nevar uzkrāties pietiekami daudz  $\text{He}^3$ .

**s un r procesi.** Tā vai cita iemesla dēļ uzsprāgušās novas un pārnovas ārējos slāņos, kas strauji izplešas, norit enerģiska elementu sintēze. Sprādzienā rodas ļoti daudz neitronu, kā jau agrāk apskatīto reakciju rezultātā, tā arī procesā  $\text{Fe}^{56} \rightarrow \text{He}^4$ , kur uz katru  $\text{He}^4$  kodolu rodas 12 neitroni. Tāpat atkarībā no apstākļiem dzelzs var pilnīgi sairt neitronos tieši, t. i., bez  $\text{Fe}^{56} \rightarrow \text{He}^4$  starpprocasa. Neitronus saķer kodoli, pārvēršoties smagākos.

10. att. Novas uzbūve uzliesmojuma brīdī.



kodoli — ūdeņradis,  $\text{He}^4$ ,  $\text{C}^{12}$ ,  $\text{O}^{16}$ ,  $\text{N}^{20}$  u. c., kas, zvaigznei sabrukot, pēkšņi nokļūst augstas temperatūras apgabalā, kur tie strauji reaģē. Tātad, pēc šīs koncepcijas, novas uzliesmojums ir termokodolsprādziens.

Ļoti iespējams, ka lielākas masas gadījumā šāda veida sprādziens var izraisīt pārnovas uzliesmojumu, īpaši I tipa pārnovas, t. i., tādas, kuras nomestā masa nav liela, bet tiek izstarots ļoti liels enerģijas daudzums gaismas veidā.

No citām hipotēzēm, ar kurām mēģināts izskaidrot novas sprādzienu, der atzīmēt vienu, kas saistās ar novērojumu, ka novas ietilpst dubult-

Šo procesu sadala divās daļās: lēnajā  $s$  un ātrajā  $r$  procesā (no angļu vārdiem *slow* — lēns, *rapid* — ātrs).

Ātrais neitronu satveršanas process norit ātrāk par kodolu radioaktīvo  $\beta$ -sabrukšanu, bet lēnais — lēnāk.  $r$  procesa vidējais ātrums ir no 0,01 līdz 10 sekundēm, bet  $s$  procesa — no 100 līdz 100 000 gadiem.

$s$  procesā veidojas stabili izotopi. Šis process aptrūkst pie bismuta  $\text{Bi}^{209}$ , kurš ir pēdējais stabils kodols.

$r$  procesā turpreti rodas dabiski radioaktīvie elementi (urāns, rādijs u. c.). Tie pietiekamos daudzumos var veidoties vienīgi tad, ja to rašanās ātrums pārsniedz sabrukšanas ātrumu.  $r$  procesā no  $\text{Fe}^{56}$  u. c. izplatītajiem kodoliem veidojas neitroniem pārbagāti kodoli, kuri ir stipri nestabili un sabrūkot rada smagos radioaktīvos elementus.

Interesantu šī fakta demonstrējumu novēroja 1952. gadā, kad amerikāņi Bikini atolā izdarīja udeņraža bumbas izmēģinājumu. No urāna  $\text{U}^{238}$ , kas kalpoja kā detonators, spēcīgas neitronu plūsmas rezultātā radās ārkārtīgi nestabilais  $\text{U}^{254}$ , kurš tūlīt sabruka pret  $\beta$ -sabrukšanu izturīgajā kalifornijā  $\text{Cf}^{254}$ .  $\text{Cf}^{254}$  tika atrasts sabrukšanas produktos pēc sprādziena.

$\text{Cf}^{254}$  sabrūk tikai kodola spontānās dalīšanās rezultātā apmēram 56 dienās. Tam sabrūkot, atbrīvojas vislielākā enerģija, kas vērojama kodolprocesā — 220 MeV uz kodolu.

Kalifornijs-254 saistīja vispārēju ievēribu pēc tam, kad V. Bāde 1956. g. publicēja savus novērojumus, ka I tipa pārnovu redzamais spožums dilst pēc tā paša likuma, kā samazinās radioaktīvā  $\text{Cf}^{254}$  daudzums. Tādēļ tika izvirzīta hipotēze, ka I tipa pārnovu lielo spožumu rada radioaktīvo smago izotopu sabrukšanas enerģija. Bez  $\text{Cf}^{254}$  šeit vēl ņem dalību  $\text{Ca}^{47}$ ,  $\text{Fe}^{59}$ ,  $\text{Ra}^{228}$ ,  $\text{Cf}^{252}$ ,  $\text{Cm}^{250}$  u. c.

**$p$  process.** Ar protoniem bagātie izotopi nevar rasties līdz šim apskatītajos procesos, kur rodas galvenokārt ar neitroniem bagātie izotopi. Jādomā, ka tie veidojas no izotopiem, kas sintezējušies  $s$  un  $r$  procesu rezultātā. Tas var notikt, ja blīvums pārsniedz  $10^2$  g/cm<sup>3</sup> un temperatūra — 3 miljardus grādu. Šādi apstākļi var izveidoties pārnovu apvalkos drīz pēc sprādziena vai pat sprādziena laikā. Tas nosaka procesa ilgumu — apmēram 10—100 sekundes. Katrā gadījumā šādu ar protoniem bagātu izotopu ir krietni vien mazāk nekā pārējo.

**$x$  process.** Ir novērots, ka atsevišķās zvaigznēs un to grupās atrodas tādi elementi un izotopi, kuru atrašanās tur ar iepriekš minēto procesu palīdzību nav izskaidrojama. Piemēram, dažas zvaigznes ir bagātas ar litiju ( $S$  un  $C$  tipa zvaigznes), tāpat arī berilija un bora zvaigžņu apvalkos (jo iespējams noteikt tikai apvalku ķīmisko sastāvu) ir daudz vairāk, nekā izriet no iepriekš teiktā.

$S$  zvaigznēs ir novērots tehnēcijs, kuram nav stabila izotopa. Tā visilgāk dzīvojošajam izotopam sabrukšanas periods ir  $2 \cdot 10^5$  gadu. Minēto zvaigžņu vecums noteikti pārsniedz šo laika sprādi, tāpēc jāpastāv proce-



sam, kurā šie elementi rodas. Tā kā par šī procesa dabu nav drošu ziņu, tad to ir apzīmējuši par  $x$  procesu. Parasti šo iksu atšifrē kā kodolreakcijas, kas norit šo zvaigžņu magnētiskā lauka iespaidā. Magnetiskais lauks paātrina protonus gluži tāpat kā mākslīgie elementārdaļiņu paātrinātāji laboratorijās. Paātrinātās daļiņas tad izraisa reakcijas, kurās rodas nestabilie vai retie izotopi. Zināms apstiprinājums tam ir padomju astronoma A. Severnija novērojums, ka Saules plankumos, kur ir spēcīgs magnētiskais lauks, rodas deitērijs. Papildu iespēja ir, ka šie retie izotopi rodas, kosmiskajiem stariem bombardējot zvaigznes virsējos slāņus.

**Hiperonu zvaigznes.** Tātad, pakāpeniski nometot masu, zvaigzne pēc visu kodolenerģijas avotu izsmelšanas strauji saraujas. Cik ilgi šāda saraušanās notiks? Šajā jautājumā ir veikts ļoti daudz pētījumu, sākot ar Š. Čandrasekara darbiem 30. gados līdz pavisam nesenajiem padomju astronomu V. Ambarcumjana un G. Saakjana aprēķiniem. Tādēļ šis jautājums ir visai skaidrs.

Izrādās, ka, pastāvot noteiktām zvaigznes parametru — temperatūras, masas u. c. vērtībām, ir iespējamās stabilas konfigurācijas, kuras sasniedzot tālāka saraušanās apstājas. Šīs konfigurācijas pētiņas tikai zemās temperatūrās, kad zvaigznē ir iestājusies pilnīga deģenerācija. Varbūtība, ka šādas stabilas konfigurācijas pastāvētu arī augstās temperatūrās, ir maza. Zvaigznes stabilo konfigurāciju nosaka vairāki faktori. Līdzsvara stāvoklī zvaigznei jābūt enerģijas minimumam, tai jābūt elektriski neitrālai, visos pārvērtību procesos jāsauglabājas barionu skaitam zvaigznē. Pēdējā prasība būtībā nozīmē, ka protoni ir stabili.

Kā redzējam, blīvumam tuvojoties  $10^8$  g/cm<sup>3</sup>, zvaigznes kodolā Fe<sup>56</sup> sarest hēlijā un pēdējais itin drīz neitronos. Neitroni, kā zināms, ir nestabili un caurmērā 12 minūtēs sabrūk protonos. Tādēļ šai posmā zvaigznes centrālā daļa sastāv no protoniem un elektroniem. Blīvumam tālāk palielinoties, attīstās spēcīga deģenerācija un divu daļiņu — protona un elektrona — vietā izdevīgāk ir pastāvēt vienai — neitronam. Neitrons, protams, pēc 12 sekundēm sabrūk, bet tūlīt atkal rodas no jauna procesā  $p \rightarrow n + e^+ + \nu$ .

Tālāk, kad blīvums sasniedz  $10^{14}$  g/cm<sup>3</sup>, rodas negatīvie  $\mu$ -mezoni. Pastāvot vēl lielākiem blīvumiem, kas pārsniedz  $2 \cdot 10^{15}$  g/cm<sup>3</sup>, sāk pakāpeniski rasties smagās nestabilās elementārdaļiņas — hiperoni. Beidzot, kad blīvums sasniedz  $1,5 \cdot 10^{17}$  g/cm<sup>3</sup>, parādās  $\pi$ -mezoni. To daudzums strauji aug un drīz vien pārsniedz visu pārējo daļiņu skaitu. Antidaļiņu, protams, nav, jo, tikko radušās, tās tūlīt anihilē.

Cik tālu blīvums var šādā kārtā palielināties? Vienīgais apstāklis, kas var apturēt tālāku saspiešanos, ir atgrūšanās spēki starp nukloniem, tie sāk darboties, kad attālums starp nukloniem sasniedz  $4 \cdot 10^{-14}$  cm. Tādi apmēram ir nuklonu izmēri, un šādu speku pastāvēšana nozīmē, ka nuklonus nevar iespiest vienu otrā. Šī minimālā attāluma gadījumā nukloni ir no-

11. att. Stabilo hiperonu zvaigžņu rādiusi atkarībā no centrālā blīvuma:

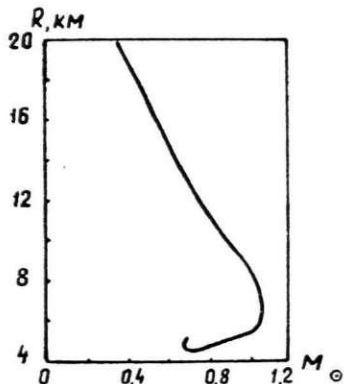
$a$  — visai zvaigznei,  $b$  — hiperonu kodolam. Redzams, ka, pastāvot lieliem blīvumiem, zvaigžņu rādiuss tiecas uz noteiktu robežu — ap 5 km.

vietoti cits citam cieši blakus: vienā kubikcentimetrā tad ir apmēram  $(0,4 \cdot 10^{-13})^{-3} = 1,6 \cdot 10^{40}$  nuklonu. Tas atbilst blīvumam ap  $35 \cdot 10^{15}$  g/cm<sup>3</sup>. Tātad šis maksimālais blīvums ir mazāks par  $\pi$ -mezonu parādīšanās blīvumu, bet lielāks par hiperonu kritisko blīvumu. Līdz ar to pastāv iespēja, ka zvaigznēs var izveidoties hiperonu kodols. Tam apkārt ir slānis, kas sastāv galvenokārt no neitroniem, elektronu un protonu koncentrācija ir apmēram 3 reizes mazāka. Aiz šī neitronu slāņa nāk zvaigznes ārējais apvalks, kurā atrodas galvenokārt elektroni un protoni, kā arī atomu kodoli.

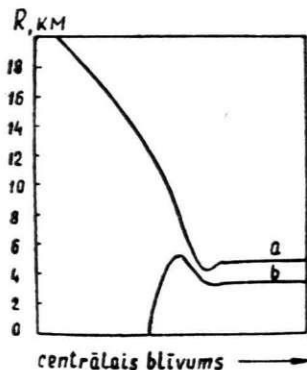
V. Ambarcumjans un G. Saakjans aprēķināja arī masas un rādījumus, kādi būs šīm zvaigznēm. Šo aprēķinu rezultātus rāda 11. attēls. Tur zvaigznes rādiuss, kāds tas liekas ārpusē esošajam novērotājam, attēlots atkarībā no centrālā blīvuma. Kā redzams 12. attēlā, maksimālā masa, kāda vēl var būt stabilai konfigurācijai, var tikai nedaudz pārsniegt Saules masu. Blīvumam pieaugot, masa, pie kuras zvaigzne ir stabila, pat samazinās un robežgadījumā tiecas uz vērtību  $0,69 M_{\odot}$ . Pastāvot lieliem blīvumiem, kā rāda zīmējums, gandrīz visa zvaigzne sastāv no hiperoniem. Neparasti mazi ir šo hiperonu zvaigžņu rādiusi — mazāki par 6 km. Milzīgie gravitācijas spēki šeit ir ārkārtīgi saspieduši visu zvaigznes vielu.

Jāatzīmē, ka, pastāvot šādiem blīvumiem, zvaigznes masas jēdziens iegūst divas nozīmes. Masa, ko nosaka, piemēram, aprēķinot to pēc zvaigznes vidējā blīvuma, nesakrīt ar visu zvaigzni sastādošo daļiņu masas

summu. Tas ir tādēļ, ka liela daļa masas saistās ar milzīgo gravitācijas enerģiju, kāda pastāv zvaigznē. Aina šeit ir ļoti līdzīga tai, kāda pastāv atoma kodolā. Arī tur kodola masa ir mazāka par to sastādošo daļiņu masu summu.



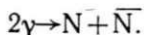
12. att. Hiperonu zvaigžņu rādiuss atkarībā no zvaigznes masas. Attēlā redzams, ka vienai un tai pašai masaī var atbilst vairāki rādiusi.



Starpība — t. s. masas defekts — ir saistīta ar kodolenerģiju. Tāpat liela blīvuma zvaigznēs pastāv gravitācijas masas defekts. Šī iemesla dēļ zvaigznes pilnā enerģija var būt tuva nullei, jo iekšējo pozitīvo enerģiju kompensē negatīvā gravitācijas enerģija. 13. attēls rāda zvaigznes masas atkarību no barionu skaita zvaigznē, tātad tur redzams gravitācijas masas defekts. Ja barionu skaits zvaigznē ir lielāks par  $6,5 \cdot 10^{56}$ , tad tādai zvaigznei iespējamas divas vai pat trīs konfigurācijas ar dažādām masām un rādiusiem. No tām stabila būs konfigurācija ar mazāko masu, turpretī augšējās konfigurācijas var pastāvēt tikai zināmu laiku. Dažādu ierosinājumu ietekmē tās pāriet stabilajā stāvoklī, atbrīvojot milzīgu enerģijas daudzumu, kas ir apmēram 10% no zvaigznes miera enerģijas. Šai pārejai, ja vien tā notiks pietiekami ātri, būs sprādziena raksturs. Apmēram tikpat liela enerģija izdalās pārnovu eksplozijās.

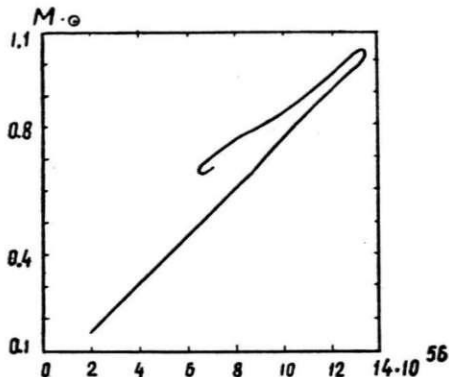
**Epiplazma jeb anti viela zvaigznēs.** Zvaigznes, kuru masa ir pārāk liela un temperatūra pārāk augsta, lai sasniegtu kādu no stabilajām konfigurācijām, pakāpeniski turpinās sarauties. Zvaigznes rādiuss pamazām tuvosies zināmai robežai, t. s. gravitācijas rādiusam. Tam atbilstošais blīvums ir vienlīdzīgs  $2 \cdot 10^{16} / M^2 \odot$ , kur  $M \odot$  ir zvaigznes masa, izteikta Saules masās. Gravitācijas rādiusu zvaigzne nekad nesasniedz, tikai neierobežoti tuvojās tam. Ja zvaigznes masa ir mazāka par 10 Saules masām, tad gravitācijas rādiusam atbilstošais blīvums ir lielāks par kodolblīvumu, un tādēļ kodolspēki aptur tālāku saraušanos. Turpretī, ja zvaigznes masa ir lielāka par  $10 M \odot$ , tad kodolspēki nespēj aizkavēt zvaigznes saraušanos.

Arī šādās lielas masas un temperatūras zvaigznēs, blīvumam palielinoties, kodoli sadrūp un vēlāk arī protoni sāk pārvērsties neitronos. Elektronu lādiņu šeit kompensē pozitroni, jo siltumkustības enerģija ir tik liela, ka spēj tos radīt. Ārējo slāņu nomešana nespēj aizkavēt saraušanos, un pakāpeniski zvaigznes centrā temperatūra pieaug tiktāl, ka siltumkustības enerģija kļūst vienāda ar nuklonu miera enerģiju. Tad sāk veidoties nuklonu un antinuklonu pāri:



Kad zvaigznes rādiuss ir vairs tikai divreiz lielāks par gravitācijas rādiusu, tad zvaigznē ar masu  $10 M \odot$  nuklonu un antinuklonu skaits jau būs vienāds. Šādu līdzsvarā esošu nuklonu un antinuklonu maisījumu

13. att. Gravitācijas masas defekts hiperonu zvaigznēs. Uz horizontālas ass atlikts smago daļiņu (nuklonu un hiperonu) skaits zvaigznē. Redzams, ka pie noteikta daļiņu daudzuma zvaigznei var būt pat trīs dažādas masas.



D. Franks-Kameņeckis nosaucis par epiplazmu. Šis maisījums ir ārkārtīgi eksplozīvs, un, ja tas kaut kādu iemeslu dēļ tiek iznests zvaigznes virspusē, kur temperatūra ir zema, tas eksplodē, izdalot milzīgu enerģiju, kas viendzīga anihilācijas enerģijai. Šo procesu var saistīt ar ārkārtīgi spēcīgu pārnovas eksploziju.

**Mirušās zvaigznes.** Pēc visu enerģijas avotu izsmelšanas, stipri sarāvusies, ar milzīgu centrālo blīvumu, zvaigzne sastingst, jo tālākas pārvērtības tajā vairs nav iespējamās. Kādām vajadzētu izskatīties šīm zvaigžņu paliekām? Vai tās var novērot pēc to izstarotās gaismas vai radioviļņiem? Ja zvaigznes masa ir mazāka par Saules masu, tad šīs zvaigznes paliekas būs vērojamas kā t. s. baltā pundurzvaigzne. Tā spīd sava sakarsētā kodola augstās temperatūras rezultātā. Kodolam pakāpeniski atdziestot, zvaigzne nobāl. Šādu balto punduru pasaules telpā ir ļoti daudz. Šie punduri ir to zvaigžņu paliekas, kuras novu un pārnovu uzliesmojumos paspējušas noņemt pietiekami daudz masas, lai spētu pārvērsties šajās inertajās zvaigznēs.

Bet kā ir ar ārkārtīgi blīvajām neitronu un hiperonu zvaigznēm? Vai tās nemaz nav novērojamas? Nesen amerikāņu astronoms Dž. Bērbidžs izteica interesantu domu, ka šīs zvaigznes varētu būt t. s. radiozvaigznes. Tās lielāko daļu savas enerģijas izstaro radioviļņu veidā, un to optiskais spektrs sastāv no plašām spektrālīnijām, kuras nav izdevies identificēt ar pazīstamo ķīmisko elementu spektriem.

Zvaigznēs ar lieliem blīvumiem un maziem rādiesiem gravitācijas spēks uz zvaigznes virsmas ir milzīgs. Elektromagnētiskajam starojumam, lai tas varētu atstāt zvaigzni, ir jāpārvar šis pievilkšanas spēks, bet tas prasa ļoti daudz enerģijas. Tādēļ ar enerģiju bagātie starojuma kvanti, kas atrodas spektra violetajā daļā, zaudējot enerģiju, pārvēršas vieglajos kvantos, kuri novietojas spektra sarkanajā daļā. Šo parādību sauc par sarkano novirzi. Neitronu un hiperonu zvaigznēs gravitācijas spēks ir tik liels, ka tas rentgena un gamma starojumu spēj ievirzīt spektra optiskajā daļā, bet optisko starojumu — radio diapazonā.

Mēs jau redzējām, ka šo zvaigžņu sprādzienus pavada smago radioaktīvo elementu intensīva sintēze — šie elementi rodas ļoti lielos daudzumos. Arī pēc tam, kad zvaigznes aktīvā darbība ir beigusies, tajā ir palicis pāri daudz radioaktīvo kodolu ar lieliem mūža ilgumiem. Šie kodoli dod intensīvu gamma un rentgenstarojumu, kas ne vien tiek izstarots, bet arī ierosina ārējā apvalka spīdēšanu. Tādēļ šīm zvaigžņu paliekām būs ļoti īpatnējs spektrs, un tās turpinās spīdēt, kamēr izsīks radioaktīvo elementu krājumi.



N. CIMAHOVICA

## VISUMA VĒSTNESĪ

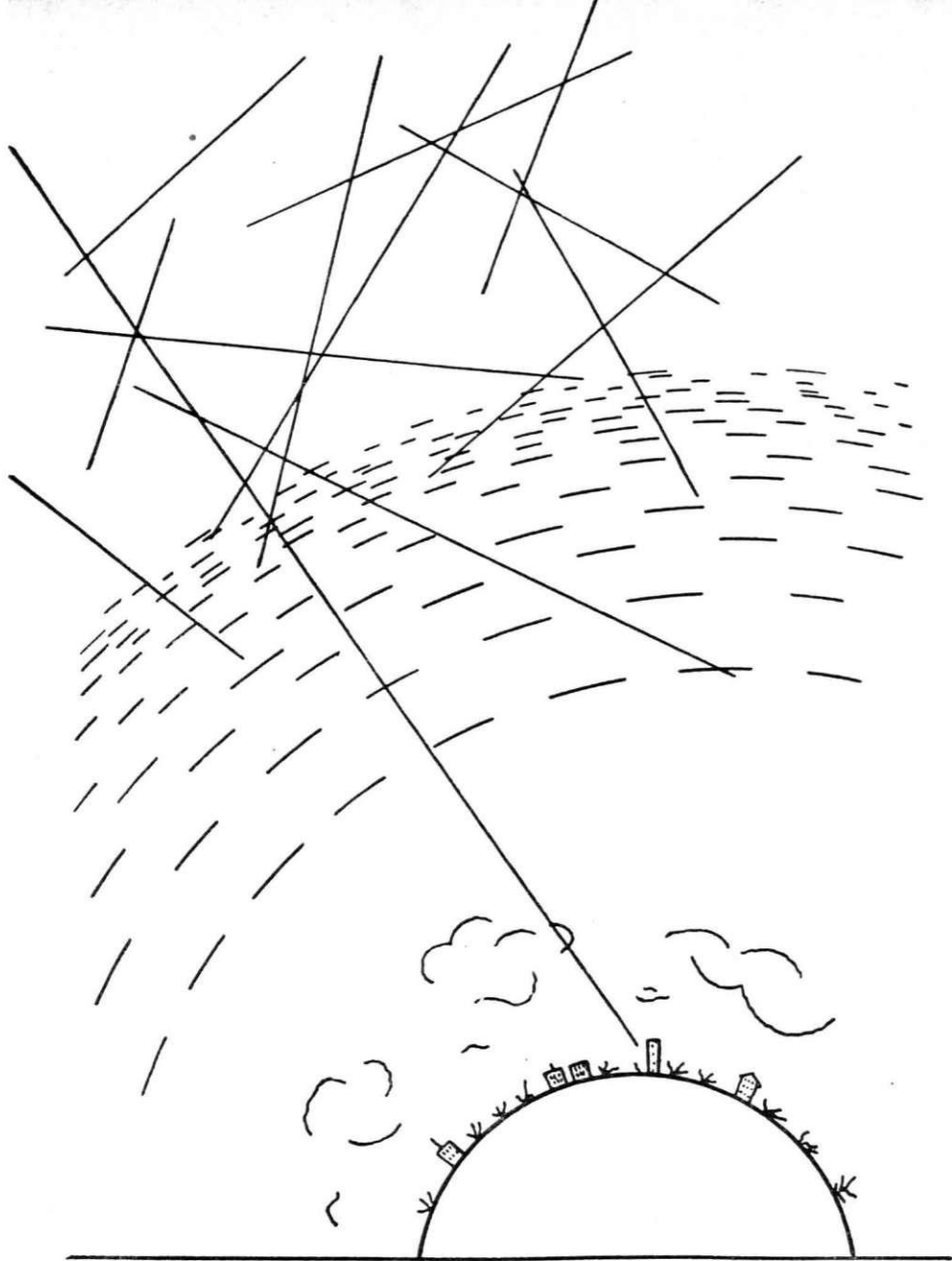
Bezgalīgs ir Visums un bezgalīgi dažādas tā parādības. Zem atmosfēras segas Zemes iedzīvotāji dzird tikai mūsu Galaktikas grandiozo procesu atbalsis. Bet tagad, kad cilvēks izgājis kosmosā, radusies iespēja arī tieši vērot daudzas kosmiskas parādības.

Viena no šādām parādībām ir kosmiskie stari — dažādu ķīmisko elementu kodoli, elektroni un gaismas daļiņas, kas milzīgā ātrumā traucas visos kosmosa virzienos. Mijiedarbībā ar starpzvaigžņu vidi mainās kosmisko staru enerģija un virziens, dažkārt pat kodolu struktūra. Šo izmaiņu analīze ļauj mums spriest par daļiņu «piedzīvojumiem», tātad par Visuma ģeogrāfiju. Zemes atmosfēra un magnētiskais lauks droši sargā visu dzīvo pret kosmisko staru nāvējošo iedarbību, bet arī — neļauj tos izpētīt. Caur Zemes atmosfēru izspraucas tikai nedaudzas daļiņas, un ne vienmēr tām ceļā gadīsies aparāts, kas konstatētu daļiņu enerģiju, lādiņu un virzienu.

Daudz vairāk kosmisko daļiņu saduras ar Zemes atmosfēras atomiem un saskalda to kodolus. Pēc šādām katastrofām Zemi sasniedz tikai kodolu drumslas, galvenokārt neitroni un mezoni. Šīs daļiņas daudz stāsta par elementāro daļiņu mijiedarbību, to pārvērtībām un īpašībām, bet tās ļoti slikti «atceras» savus ciltstēvus — pirmatnējās kosmiskās daļiņas. Tāpēc zinātnieki vienmēr centušies pacelt savus aparātus virs mākoņiem, kur atmosfēra ir retāka un kosmiskās daļiņas retāk saduras ar Zemes atomiem. Vispirms strādājot augstos kalnos, pēc tam lietojot balonus, zinātnieki maz pamazām krāja vērtīgas zināšanas par kosmiskajiem stariem ārpus Zemes atmosfēras robežām.

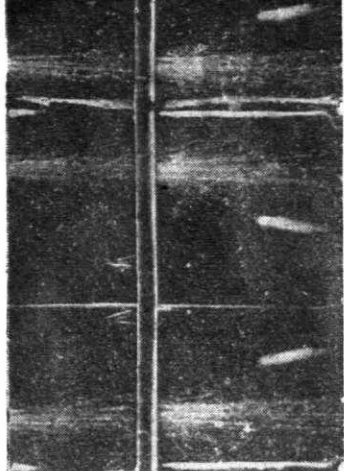
Pēc daudziem pētījumiem noskaidrojās, ka mūsu Galaktikā kosmiskie stari sastāv galvenokārt no protoniem, kas vienmērīgi nāk no visām pusēm. Ļoti rūpīgi tika izpētīta kosmisko daļiņu un Zemes atmosfēras atomu kodolu mijiedarbība, tā aizpildot robu, ko atstāja virszemes eksperimentālās kodoliekārtas.

Taču gandrīz nekas noteikts nebija zināms par šo daļiņu plūsmas avotiem. Vai tās nāktu no Saules? Bet kāpēc tad plūsma visos virzienos ir vienāda? Varbūt tās apmaldās magnētiskajos laukos? Tad tas nozīmētu, ka Saules sistēmas magnētiskais lauks ir neizmērojami liels. Varbūt staru

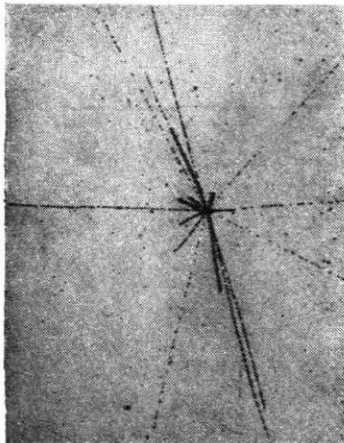
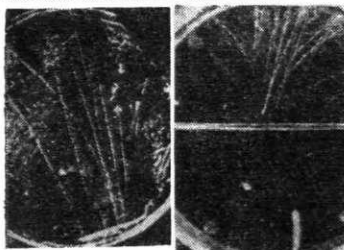
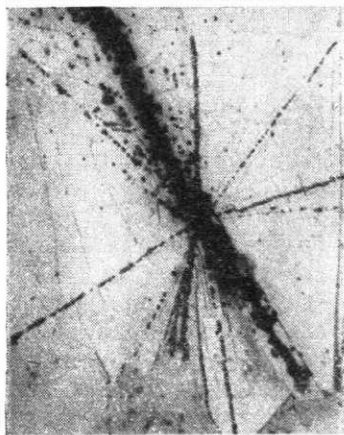


14. att. Atmosfēra sargā Zemi no kosmiskajiem stariem.





15. att. Kosmisko staru katastrofu pēdas fotoemulsijā un Wilsona kamerā.



avots nav vis Saule, bet gan kādas citas zvaigznes ar līdz šim nepazīstamām īpašībām? Un vai vispār nebūtu vienkāršāk visu uzvelt tālajām zvaigžņu pasaulēm?

Šo problēmu apgaismoja radioastronomija, noskaidrojot, ka visvairāk kosmisko protonu rodas turpat, kur ātrie elektroni — uzliesmojušo zvaigžņu, pārnovu apvalkos, bet pēc tam tie nokļūst starpzvaigžņu magnētisko lauku amatās un virzās uz Zemi no visām pusēm. Ātrie elektroni visā savā ceļā raida radioviļņus, tā uzrādot savas un arī kosmisko protonu dzimšanas vietas.

Taču daudzi jautājumi palika bez atbildes, pat vairāk — radās jauni jautājumi: kāda loma tad ir Saulei? kāpēc Saules palielinātas aktivitātes periodos kosmisko staru plūsma nevis pieaug vai paliek agrākā līmenī, bet gan atslābst? Bet dažkārt atgadās, ka pēc hromosfēras uzliesmojumiem Zemi sasniedz vairāk daļiņu nekā parasti. Un kāpēc kosmiskajos staros ir tik daudz vieglo kodolu — daudz vairāk nekā citos kosmiskajos veidojumos?

Jauns posms šo problēmu pētišanā sākās tad, kad cilvēkam izdevās pacelt aparātus ārpus Zemes atmosfēras. Dabiski, ka jau pirmie Zemes mākslīgie pavadoņi tika apgādāti ar kosmisko staru pētišanas aparātiem. Tagad iespējams iegūt tiešus datus par kosmosa «viesiem». Līdz ar to vairs nav jāatšifrē elementāro daļiņu sastāvs pēc daudzajām drumslām. No otras puses, pēdējos gados uzbūvēti lieli kodolu paātrinātāji, un tāpēc kodolu mijiedarbība vairs nav jāpēti pēc kosmiskajiem stariem. Radies jauns zinātnisks virziens — kosmo-

16. att. Aparāturu kosmisko staru reģistrēšanai novieto augstu kalnos, paceļ ar baloniem, iemontē Zemes mākslīgajos pavadoņos.

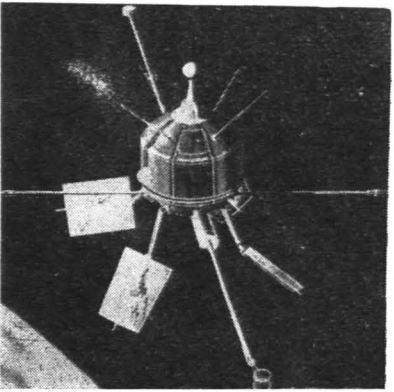
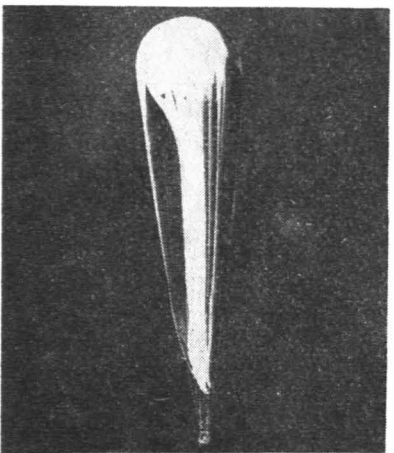
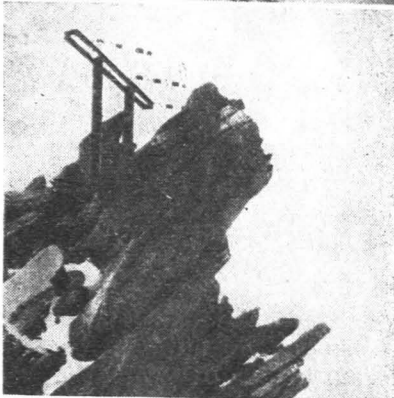
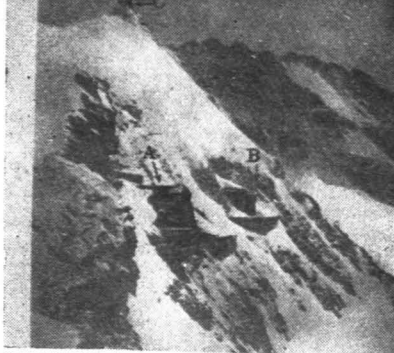
fizika, kas pētī kosmisko staru sakarību ar debess ķermeņiem un to lomu Visuma uzbūvē un attīstībā.

Zemes aparātiem paceļoties kosmiskajās orbitās, radās arī praktiska nepieciešamība pētīt kosmiskos starus, jo kosmiskajā kuģī cilvēku vairs nesargā atmosfēra un viņa drošība ir atkarīga vienīgi no tā, cik pilnīgi konstruktori aprēķinājuši radiācijas intensitāti un spējuši izveidot pret to attiecīgu aizsardzību.

Zemes mākslīgo pavadoņu lidojumi devuši ļoti svarīgu atziņu par kosmiskajām daļiņām mūsu planētas apkaimē. Svarīgākā ir tā, ka spēcīgu hromosfēras uzliesmojumu laikā mūsu Saule raida daudz nāvējošu kodolu. Otrkārt, pavisam negaidot izrādījās, ka Zemi aptver intensīvas radiācijas joslas, ko veido Zemes magnētiskajā laukā notvertās lādētās daļiņas — elektroni un protoni. Iekšējā joslā ir protoni un elektroni, ārējā — galvenokārt ar lielu enerģiju apveltītie elektroni. Ārējā josla ir stipri mainīga — šeit elektronu daudzums un enerģija ir stipri pakļauti Saules aktivitātes ietekmei. Ir pamats domāt, ka aiz otrās joslas ir vēl viena daļiņu kārtā — pati ārējā radiācijas josla.

Radiācijas joslas ir mūsu Zemes paši ārējie apvalki, kas saista Zemi ar kosmisko telpu.

Tā kosmisko staru pētījumi ir atklājuši mums gluži negaidītu ainu Zemes tuvākajā apkārtnē. Līdz ar to tālāk aiz-



virzījusies tā robeža, kur var sākt tieši analizēt tās daļiņas, kas nāk no tāliem Visuma nostūriem. Bet kosmiskie kuģi dodas arvien tālāk un sniedz arvien vairāk ziņu par tālu ceļu nākušiem stariem, kas līdztekus gaismai un radioviļņiem stāsta mums par Visuma uzbūvi, tātad arī par Zemes vietu pasaules telpā un par tās likteņiem kosmosa vielas ritumā.



*B. PONTEKORVO*

## KOSMISKIE NEITRINO

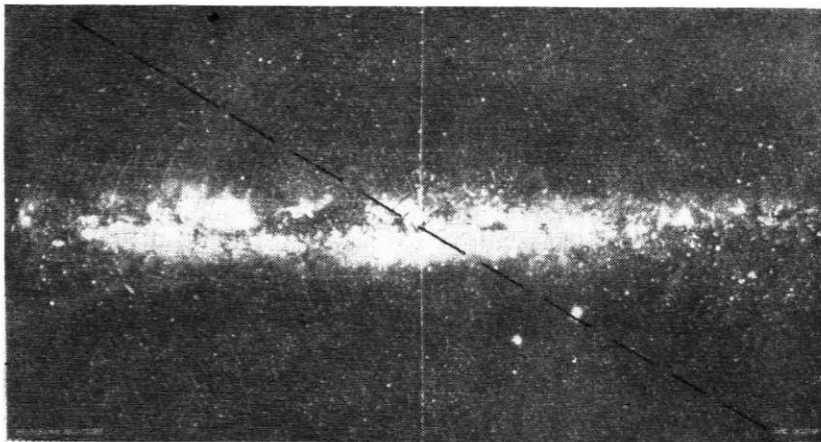
Kāpēc ļoti mazajām elektriski neitrālajām neitrino daļiņām ir liela loma kosmosā? Vispirms tāpēc, ka neitrino daļiņām piemīt unikālas īpašības. Tām ir milzīga caurspiedes spējas: neitrino spēj izspiesties cauri biežai čuguna plāksnei — miljardiem reižu biežākai par attālumu no Zemes līdz Saulei!

Noskaidrots, ka neitrino rodas Saules un citu zvaigžņu dzīlēs. Aprēķināts, ka enerģija, ko Saule emitē neitrino staru veidā, ir tikai 10—20 reizes mazāka par tās gaismas enerģiju. Karstākajās zvaigznēs, piemēram, t. s. baltajās pundurzvaigznēs, neitrino staru enerģija ir daudz lielāka par gaismas enerģiju. Nav brīnums, ka astrofiziķiem, pētot kosmosa parādības, jāņem vērā arī neitrino stari. Taču, diemžēl, eksperimentālā neitrino astronomija, kurai jāpapildina neitrino astrofizika, ir vēl balta, neaprauktā lapa.

Mūsu līdzšinējās ziņas par debess ķermeņiem snieguši elektromagnētiskie viļņi. Optiskā astronomija reģistrē redzamo gaismu, t. i., elektromagnētiskos viļņus, kuru garums ir apmēram desmitkārtā daļa centimetra. Radioastronomija savukārt reģistrē radioviļņus — tātad desmitiem un simtiem tūkstošu reižu garākus elektromagnētiskus viļņus. Iedomāsimies, ka fiziķi kopā ar astrofiziķiem ir iemācījušies uztvert Saules, zvaigžņu un galaktiku neitrino starus! Tas būtu jauns, plašs avots, kā gūt informāciju par Visumu. Te jāiegūst, ka neitrino daļiņas, kas apveltītas ar milzīgu caurspiedes spēju, nestu tiešu informāciju no debess ķermeņu dzīlēm, kamēr elektromagnētiskie viļņi, ko novērojam pašlaik, nāk no zvaigžņu ārējiem slāņiem.

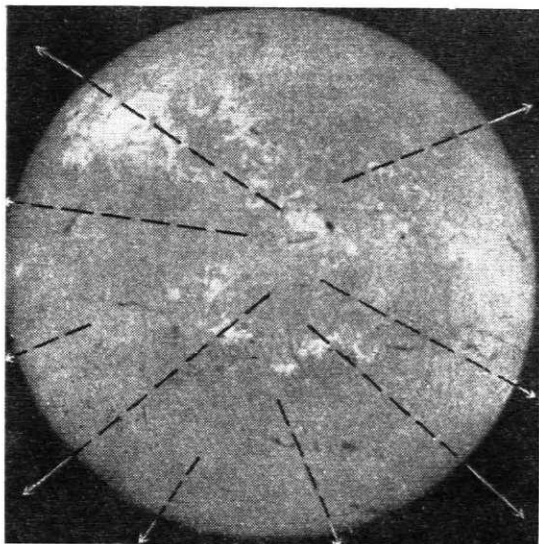
Pagaidām eksperimentālās neitrino astronomijas uzdevumi ir visai pie-

17. att. Neitrino viegli šķērso mūsu Galaktiku.



ticīgi. Līdz šim laikam nav nekādu eksperimentālu datu par «dabiskām» neitrino daļiņām, ir fikseti tikai «mākslīgie» neitrino, kas rodas kodolreaktoros un milzīgos paātrinātājos. Reģistrēt neitrino daļiņas ir visai grūti, jo tās ir gandrīz netveramas. Šķiet, vispirms reģistrēs neitrino ar ļoti lielu enerģiju, citiem vārdiem sakot, kosmiskajos staros esošās neitrino daļiņas. Sai gadījumā varēs ne tikai reģistrēt neitrino, bet arī konstatēt to virzienu. Ierīci, ar ko varēs atrisināt šo uzdevumu, būs jāsauc par «neitrino teleskopu». Ar to varēs pētīt neitrino daļiņu avotus dažādās Visuma malās. Un kā lai uztver neitrino daļiņas ar mazu enerģiju? Te, diemžēl, attiecīga neitrino teleskopa konstruēšana ir uzdevums, kas nav vēl atrisināts pat principā. Tāpēc pašlaik nevar būt runas par zvaigžņu vājo neitrino staru reģistrāciju. Jācer tikai, ka vissstiprākā neitrino avota — mūsu Saules rādītās neitrino daļiņu plūsmas varēs uztvert jau drīzā nākotnē.

Kā zināms, Saules enerģijas avots ir kodoltermiskās reakcijas — ūdeņraža pārvēršanās hēlijā, ko pavada liels karstums. Teorētiski ļoti interesanti būtu noskaidrot — kādas īsti kodolreakcijas notiek Saules kodolā? Dažādajās Saules kodoltermiskajās reakcijās rodas neitrino daļiņas, kuru enerģija ir dažāda —



18. att. Neitrino ziņo par notikumiem Saules dzīlēs.

atkarīgi no reakcijas. Šis apstāklis ir ļoti svarīgs: neitrino uztveršanas iespēja taču būs atkarīga no attiecīgā enerģijas līmeņa. Līdz ar to reģistrēto neitrino daudzums varēs sniegt informāciju par procesiem Saules dzīlēs. Pašlaik daudzās laboratorijās apsver iespējas eksperimentāli novērot Saules neitrino plūsmas. Saules neitrino novērošana neapstrīdami apstiprinās zvaigžņu enerģijas kodoltermisko raksturu.

Kā redzams, neitrino ieguvuši pilsoņu tiesības ne tikai elementāro daļiņu fizikā, bet arī teorētiskajā astrofizikā. Domājams, ka neitrino daļiņām būs liela nozīme arī eksperimentālajā astronomijā.



## KAS JAUNS ASTRONOMIJĀ

### ZVAIGŽŅU RADIOINTERFEROMETRS

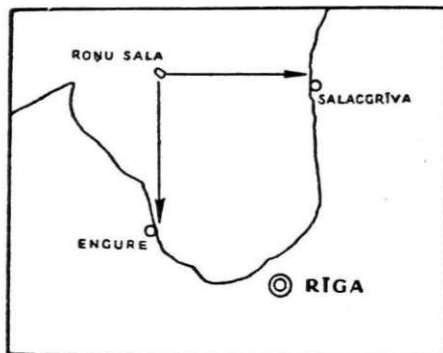
Zvaigžņu radiostarojuma novērojumi ir jau darba kārtībā. «Zvaigžņotās debess» 1964. gada ziemas izdevumā rakstā par pirmo radiozvaigzni ir minēts, ka Džodrelbenkas (Anglija) astronomi ir uztvēruši UV Ceti metru viļņu radiostarojumu šīs zvaigznes uzliesmojuma laikā. Zvaigžņu radiostarojums ir vājš, un tā uztveršanai nepieciešamas lielas antenas, jutīgi uztvērēji un liela izšķiršanas spēja.

Džodrelbenkas radioteleskopa redzes lauks viena metra viļņiem ir ļoti liels — 45 loka minūtes. Tas nozīmē, ka teleskops uztver ne tikai

zvaigznes starojumu, bet arī 45' liela debessapgabala starojumu. Tāpēc zvaigžņu novērošanai nepieciešama pēc iespējas lielāka izšķiršanas spēja. To dod interferometri. Padomju Savienībā un ārzemēs jau darbojas 1 km gari interferometri. ZA Astrofizikas laboratorija ir izprojektējusi un būvē 2+2 km lielu interferometru. Šo teleskopu izšķiršanas spēja metra viļņiem ir jau 2'—4', un tomēr tā ir par niecīgu zvaigžņu novērošanai.

ZA Astrofizikas laboratorijai pado-

19. att. Rīgas jūras līča radiointerferometra shēma.



mā ir interferometra projekts, kura izšķiršanas spēja 1 m vilnim būs 30 loka sekundes. Tāds teleskops jau samērā labi piemērots zvaigžņu novērošanai. Interferometra antenas jāizvieto 70 km attālumā, nesavienojot tās vairs ar kabeļiem. Uztverto starojumu pārveido piemērotā viļņa garumā un pārraida tieši. Tādu interferometru realizējot, starp antenām nepieciešama tiešā redzamība. Lai netraucētu elektriskie trokšņi, jāizvairās no rūpniecības objektiem un elektriskajiem dzelzceļiem. Lai radioviļņus neiespaidotu atmosfēra, jāizmeklē vieta, kur atmosfēras izmaiņas ir minimālas. Tādu interferometru izveidot uz sauszemes ir ļoti grūti, toties tam piemērotas ir lielas ūdens platības. Astrofizikas laboratorijas projekts paredz šim nolūkam izmantot Rīgas jūras līci. Antenas tiktu izvietotas Roņu salā, Engurē un Salacgrīvā. To virzieni sakristu ar NS un WO virzieniem, un tās būtu redzamības robežās — apmēram 70 km attālumā. Interferometra platība šai gadījumā būtu maksimāli brīva no elektriskajiem trokšņiem un atmosfēras apstākļi būtu samērā viendabīgi.

Tāda zvaigžņu interferometra realizācija ar pietiekama lieluma antenām nesagādā ne tehniskas, ne materiālas grūtības. Toties sagaidāmie zinātniskie rezultāti var radīt apvērsumu mūsu zvaigžņu pasaules pētišanā. Protams, zvaigžņu interferometra izbūvē un izmantošanā būtu vēlama visu Baltijas republiku zinātņu akadēmiju līdzdalība.

*J. Ikaunieks*

## SARKANOS MILZUS NOVĒRO AR STRATOSKOPU

Amerikāņu astrofizika M. Švarcšilda vadībā ASV veic astronomiskos novērojumus ar stratoskopu, t. i., teleskopu, kas ar gaisa balonu pacelts stratosfērā. 1963. gada 26. novembrī šādā veidā 36 collu teleskops 12 stundas vāca novērojumus 24 tūkstošu metru augstumā. Šī eksperimenta uzdevums bija novērot Jupitera un septiņu zvaigžņu — sarkano milžu spektru infra-sarkanajā spektra apgabalā. Uz Zemes virsas šādus novērojumus ļoti traucē atmosfērā esošie ūdens tvaiki. Sarkano milžu — Aldebarana, Betelgeizes, Miras, Cefeja Mī ( $\mu$ ), Lauvas R un Perseja Ro ( $\rho$ ) spektros atrastas vairākas spēcīgas absorbcijas joslas. Lai pārliecinātos, kāda ir ūdens tvaiku absorbcijas ietekme uz spektru šādā augstumā, izdarīja arī salīdzinājuma novērojumus ar Mēnesi un Sīriusu. Tie rādīja, ka praktiski viss Zemes atmosfēras ūdens tvaiks palicis zem stratoskopa.

Stratoskopu vadīja no Zemes ar televīzijas sistēmas palīdzību. Spektra intensitātes mērījumus pierakstīja uz magnetofona lentes, kā arī noraidīja uz kontrolstaciju ar telemetrisko sistēmu.

Novērojumi no baloniem ir pirmais solis astronomisko teleskopu iznešanā ārpus Zemes atmosfēras. Nākamais solis ir teleskopu novietošana uz mākslīgajiem debess ķermeņiem, kur Zemes atmosfēras kaitīgā ietekme būs pilnīgi izslēgta.

*A. A.*

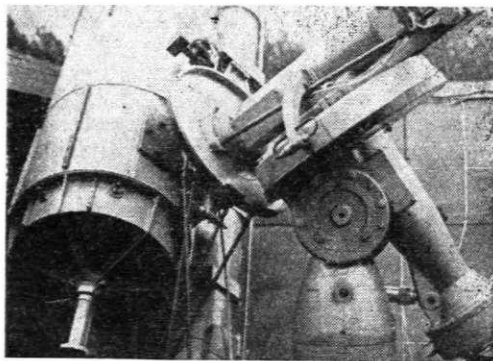


## TELESKOPS ZVAIGZŅU UZLIESMOJUMU PĒTĪŠANAI

Pētot sarkanos milžus, ir radušās aizdomas, ka tie bieži vien īslaicīgi uzliesmo un strauji izmaina savu spožumu. Tādu īslaicīgu uzliesmojumu konstatēšanai nepieciešams zvaigznes spožuma nepārtraukts pieraksts. ZA Astrofizikas laboratorija ir izprojektējusi speciālu zvaigžņu uzliesmojumu pētīšanas teleskopu. Paredzēti divi reflektori ar spoguļa caurmēru 550 mm. Gids ir 200 mm refraktors ar meklētāju. Kasegrēna fokusā novieto divu viļņu garumu elektrofotometru. Spožuma pierakstu veic divi pašrakstītāji. Teleskopi novietoti vismaz 10 m attālumā. Paredzēts, ka pirmais teleskops dod zvaigznes vizuālā un fotogrāfiskā, bet otrais — fotogrāfiskā un infrasarkanā spožuma pierakstu. Tā iegūst nepārtrauktu zvaigznes spožuma pierakstu triju viļņu garumos. Divi neatkarīgi fotogrāfiskā spožuma pieraksti nepieciešami zvaigznes uzliesmojuma atšķiršanai no elektriskajiem un atmosfēras traucējumiem.

Astrofizikas laboratorija jau izgatavojusi vienu teleskopu ar elektrisko fotometru (sk. vāka pirmo lappusi). Tuvākajā laikā tiks pabeigta otrā teleskopa un fotometra būve. Jaunais zvaigžņu uzliesmojuma pētīšanas teleskops ļaus iegūt interesantas ziņas par mainīga un pastāvīga spožuma sarkanajiem milžiem, kas līdz šim nebija pieejamas.

*J. Ikaunieks*



20. att. Viens no 550 mm teleskopiem.



21. att. Zvaigžņu elektriskais fotometrs.

## PAVADONIS — SPIEGS «SAMOS»

Kodolieroču izmēģinājumu aizliegšana kosmiskajā telpā, uz zemes un zem ūdens un vienošanās neievadīt kosmiskajā orbītā raķetes ar kodolieročiem ļoti atvēsinoši iedarbojās uz ASV kosmiskā kara stratēģijām. Izjuka kosmisko triecienu plāni, uz kuriem tik lielas cerības lika kara maniaki. ASV jau trešo gadu izmanto kosmisko telpu agresīviem nolūkiem, laižot pavadoņus-spiegus. Viens no tādiem spiegiem ir pavadonis «Samos». Pavadonis riņķo pa polāro orbītu un fotografē uz filmas Zemes virsmu. Zināmā vietā filma speciālā kapsulā tiek no pavadoņa izmesta. Noteiktā augstumā atveras izpletnis un sāk darboties radiobāka, pēc kuras pelengatori nosaka kapsulas atrašanās vietu.

1962. gadā pelengatori varēja pārķert 75% kapsulu, pagājušajā gadā, uzstādot jaunas pārķeršanas ierīces, uztveršanas varbūtība palielinājās līdz 88%.

Par uzdevumu, kas jāveic šādiem pavadoņiem, atklāti izsakās amerikāņu prese. Tie ir precīzu koordinātu noteikšana kara rūpniecības objektiem, starpkontinentālo raķešu starta laukumiem, kara bāzēm, stratēģiskās aviācijas aerodromiem u. c. militārās nozīmes objektiem.

Neievērojot pasaules sabiedriskās domas asu nosodījumu, ASV turpina izmantot kosmiskos spiegius izlūkošanas nolūkiem. PSRS un citu valstu valdības un zinātnieki vairākkārt ir griezušies gan tieši pie ASV valdības, gan ANO Komitejā kosmiskās

telpas izmantošanai ar priekšlikumu izmantot kosmosu tikai miera nolūkos. 1963. gada maijā notikušajā šīs komitejas juridiskās apakškomitejas otrās sesijas sēdē ASV delegācija nespēja atrast nevienu nopietnu argumentu, kas juridiski pamatotu spiegošanas ziņu vākšanu ar pavadoņu palīdzību. Nevienas valsts delegācija neatbalstīja šo ASV nostāju. PSRS un dažu citu valstu delegācijas pilnīgi atmaskoja ASV bezatbildīgo nostāju šajā jautājumā. PSRS iesniedza komitejas caurskatīšanai rezolūcijas projektu, kas pilnīgi aizliedz izmantot kosmosu jebkādiem agresīviem nolūkiem, vērstiem pret jebkuru valsti. «Laiks ir,» kā teica PSRS varonis, lidotājs-kosmonauts H. Titovs, griežoties pie 18 valstu zinātniekiem kārtējā kosmiskās telpas pētīšanas starptautiskās komitejas sēdē, «atvērt iluminatorus, atbrīvoties no pārslodzes un ievadīt cilvēces kuģi miera, progresā un uzplaukuma orbītā, lai nekad, nekad kara liesmas nevarētu izķēmot mūsu skaisto Zemi.»

*A. Kovaļevskis*

## JAUNA ISPERIODA KOMĒTA

1963. gada 17. augustā astronoms Kve (K. K. Kwee) uz debess fotogrāfijas atklāja jaunu komētu. Uzņēmumu bija ieguvis Kerns (C. E. Kearns) ar Palomara kalna observatorijas 48 collu Šmidta tipa teleskopu. Turpmākajās naktīs šo komētu daudzkārt nofotografēja vairākās observatorijās un izmērija tās stāvokli pie debess. Tāpēc varēja precīzi aprēķināt komētas orbītu

(ceļu ap Sauli). Izrādījās, ka Kerna—Kve komētai, kas ieguva arī apzīmējumu «komēta 1963 d», ir īss apceļošanas periods:  $8\frac{1}{2}$  gados tā veic pilnu loku ap Sauli, bet orbītas ekscentrība ir 0,47. 1963. gada 9. decembrī komēta nonāca Saulei vistuvākajā orbītas punktā. Tad tā atradās tuvu opozīcijai, t. i., Saulei pretējā debess pusē—Vedēja zvaigznājā. Komētas attālums no Zemes tad bija 1,2 astronomiskās vienības jeb 180 miljoni km. Šai laikā tās spožums novērtēts ar 14. zvaigžņu lielumu. Ja komētas ar periodu līdz 200 gadiem pieskaita īsperioda komētām, tad jaunatklātā komēta ir pēc skaita 95. zināmā īsperioda komēta.

Kāpēc komēta nav novērota agrāk? Arī te atbildi dod veiktie orbītas aprēķini. Tie rāda, ka 1961. gadā komēta gājusi tuvu garām Jupiteram — 0,05 astronomisko vienību jeb 7,5 miljoni km attālumā. Tas ir tikai četrreiz tālāk par Jupitera IV pavaidoņa attālumu no šīs planētas. Jupitera pievilksanas spēka ietekmē komētas orbīta krasi izmainījusies. Tāpēc pirms orbītas izmaiņas komētu nevarēja novērot.

Līdz šim zināmas tikai trīs komētas, kas pienākušas Jupiteram tuvāk nekā Kerna—Kve komēta.

*A. Alksnis*

#### RAĶEŠU DEGVIELU KRĀJUMI UZ MĒNESS

Viens no šķēršļiem, kas jāpārvar cilvēkam, lai varētu veikt ceļojumus uz planētām, ir lielais degvielas svars, kas jāņem līdz, kuģim startē-

jot no Zemes. Izeju varētu atrast, papildinot degvielas krājumus kādās starpstacijās — uz ZMP vai uz Mēness. Degvielas pakāpeniska uzkrāšana šādā stacijā prasītu veikt daudzkārtējus kosmisko kuģu reisus, kas radītu lielus degvielas zaudējumus un virkni citu tehniska rakstura neērtību.

Degvielas iegūšana uz Mēness ļautu ievērojami palielināt ekipāžu un derīgo kravu. Degvielas sastāvā parasti ietilpst skābeklis un ūdeņradi saturošie savienojumi, tāpēc tieši šo elementu iegūšana dotu vislielākās priekšrocības.

Kāda ir varbūtība, ka ūdeņradis un skābeklis uz Mēness būs atrodam?

Virrkne pētījumu, kas parādījās pēdējā laikā, dod zināmas cerības, ka ūdens uz Mēness būs atrodams. Z. Kopals secina, ka Zemes pavaidoņa iekšienē ir augsta temperatūra ar  $1700^{\circ}\text{C}$  centrā. Lielā karstuma ietekmē iežos esošais ūdens ir pārvietojies uz Mēness virspusi un iztvaikojis, bet daļa ir kondensējusies un sasalusī pie Mēness virsmas. Dž. Salisberijs izstrādāja teoriju par iespējamiem procesiem, pēc kuriem ūdeni saturošie minerāli var koncentrēties gar lavas baseinu malām (pastāvot spēkā pieņēmumam, ka Mēness krāteri ir izveidojušies vulkāniskās darbības rezultātā). K. Vatsons, B. Merrejs un H. Brauns parādīja, ka ūdens, kas izdalījies tvaiku veidā no Mēness virsmas, var būt sakrājis mūžīgās ēnas apgabalos ar ļoti zemu temperatūru un koncentrējies tur ledus veidā.

Patiesībā tomēr var gadīties, ka Mēness virsējo slāņu ledus krājumi ir tik niecīgi vai arī tik ļoti izkliedēti, ka praktiski iegūt lielāku daudzumu ūdens nebūs iespējams.

Kā degvielai, tā arī dzīvības procesa uzturēšanai ir nepieciešams skābeklis. Par skābekļa esamību uz Mēness nevar būt šaubu. Pastāv vispāratzīts uzskats, ka 50% no Mēness dažādu vulkānisko iežu masas sastāda skābeklis. Tas atrodas vai nu pamatiežos — bazalta tipa savienojumos, vai arī magmatiskos granīta tipa iežos. Iespējams, ka šie ieži atrodas zem irdena virsslāņa, kas izveidojies mikrometeorītu un radiācijas ietekmē.

Skābekļa iegūšana no silikātiem vai stabiliem oksīdiem ir ļoti darbietilpīgs process, kas saistīts ar lielu enerģijas patēriņu, tomēr tā rūpnieciskā iegūšana uz Mēness ekonomiski atmaksātos.

Mūsu ziņas par Mēnesi arvien straujāk attīstīsies un konkretizēsies. Sekmīgie Mēness virsmas tiešie pētījumi dos iespēju precīzi noteikt izejvielas un izvēlēties tehnoloģisku procesu ūdens un skābekļa iegūšanai. Pašreiz mēs varam tikai vispārīgā veidā atzīmēt īpatnības, kas būs raksturīgas Mēness iekārtām un šiem procesiem.

Vispirms vietējo apstākļu dēļ (svars, enerģijas avoti, vide, temperatūra utt.) Mēness iekārtas būs ļoti atšķirīgas no līdzīgām Zemes iekārtām. Gaiss un ūdens tur būs stingri deficīti materiāli. Būs nepieciešama maksimāla automatizācija, jo cilvēka klātbūtne visa procesa laikā būs ļoti grūti realizējama un nevē-

lama. Svara robežas palielināšanās (uz Mēness ķermeņa svars ir apmēram sešas reizes mazāks nekā uz Zemes) atvieglinās lielu jaudu attīstīšanu un palielinās montāžas iespējas. Iežu iegūšana un transportēšana, metināšana vakuumā temperatūrā, kas tuva absolūtai nullei ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) un virkne citu tehnisku problēmu radīs lielas grūtības.

Ņemot vērā šīs īpatnības un mūsdienu zināšanu līmeni par Mēnesi, B. Karrs ieteic dažus procesus ūdens un skābekļa iegūšanai.

Hidratācija ir visvienkāršākais veids, kā var iegūt ūdeni no minerāliem. Minerālus karsē, izdalījušos ūdeni ar elektrolīzes palīdzību sadala skābeklī un ūdeņradī.

Skābekli arī varēs iegūt ar elektrolīzes palīdzību no izkausētās silikātu iežu masas. Metodes ražīgums Mēness apstākļos — 20% tīra skābekļa no iežu kopējā svara. Vēl lielāku efektu dos reducēšanas reakciju izmantošana, atdalot skābekli no silikātiem un dzelzs oksīdiem.

B. Karrs ir izstrādājis tehnoloģisku procesu iežu apstrādāšanai tieši uz Mēness virsmas, izdarot nelielus urbumus. Ir aprēķināts, ka šādam procesam nepieciešamas iekārtas svars atmaksāsies 3—4 mēnešu laikā (atmaksāšanās laiks ir jāsaprot kā laiks, kurā saražotā skābekļa svars līdzināsies iekārtas svaram).

Degvielas sastādīšanai nepieciešamas citas vielas varēs atvest no Zemes. Skābekļa un varbūt arī ūdeņraža vajadzīgo daudzumu, kas šodien sastāda degvielas pamatsvaru, varēs uzņemt uz Mēness, no kurie-

nes raķetes dosies uz citām mūsu Saules sistēmas planētām.

Pētījumi un eksperimenti parādīs, kādi procesi gūs reālo pielietojumu. Skaidrs ir viens, ka degvielas krājumu papildināšana uz Mēness ļaus ievērojami paātrināt Saules sistēmas apgūšanu.

*A. Kovaļevskis*

### VISMAZĀKAIS BALTAIS PUNDURIS?

Pazīstamais amerikāņu astronoms V. Luitens (W. J. Luyten) ievērojis, ka vājai 18. lieluma zvaigznei Valzīvs zvaigznājā ir liela īpatnējā kustība: 1,18 loka sekundes gadā. Tik liela leņķiskā kustība rāda, ka zvaigznes attālums ir samērā mazs. Lai gan nav precīzu attāluma mērījumu,

visvarbūtīgākais zvaigznes attālums ir ap 50 gaismas gadu. Ja zvaigznes attālums patiešām ir tāds, tad zvaigzne ir ļoti savdabīga.

Salīdzināsim to ar baltajiem punduriem. Tie ir mazas masas, bet liela blīvuma zvaigznes, kam ir augsta virsmas temperatūra, bet mazs patiesais spožums. Salīdzinot ar normālajiem baltajiem punduriem, aplūkojamai zvaigznei starojums ir 100 000 reizes vājāks, bet diametrs 160 reizes mazāks. Tātad šīs nepazīstās zvaigznes diametrs ir 1000 reizes mazāks par Saules diametru jeb 1500 km. Ja mērījumi apstiprinās minēto pieņēmumu, šī zvaigzne izrādīsies par vismazāko zināmo zvaigzni, kas mazāka pat par Mēnesi.

*A. A.*



## OBSERVATORIJAS UN ASTRONOMI

### BALDONE — RADIOASTRONOMIJAS CENTRS

Baldone kā kūrorta pilsētiņa pazīstama tālu aiz republikas robežām. Sērūdeņi un dūņas jau kopš 15. gadsimta sekmīgi ārstē dažādas kaites. Skaista ir Baldones un tās apkārtnes daba. Tūristu vidū tai ir ne mazāka slava kā kūrortam. Tūmēr ne visi zina, ka pēdējos gados Baldone guvusi ievērību kā Baltijas radioastronomijas centrs. Ļoti ticams, ka

radioastronomijas dēļ Baldone kļūs ne mazāk pazīstama kā dziedinošo avotu un skaistās dabas dēļ.

### Šeit dzīvo zinātnieki

Lielceļa malā uzmanību saista uzraksts «Observatorija» un meža ceļš, kur pirms dažiem gadiem vēl bija tikko jaušama sēņotāju taka. Ceļš ved arvien dziļāk mežā. Drīz uzkalnā starp varenām priedēm un eg-

lēm parādās divas pilsētas tipa mājas ar visām labierīcībām. Šeit, meža vidū, dzīvo observatorijas zinātniskie līdzstrādnieki, inženieri, tehniskie darbinieki un viņu ģimenes locekļi. Tos šurp atvilinājusi ne

skaistā daba vai ogu un sēņu bagātība, bet visaizraujošākā un vecākā zinātnes nozare — astronomija. Zinātnieki šeit ieradusies, lai pētītu Visuma noslēpumus.



22. att. Ceļš ved uz observatoriju.



23. att. Šeit dzīvo zvaigžņu pētnieki.

### Viņi pēta zvaigznes

Dosimies garām dzīvojamām mājām. Jaunu bērzu ielenkts, stāv zaļš namiņš. Tajā atrodam zvaigžņu fotogrāfiju apstrādāšanas un mērīšanas laboratorijas un istabas teorētiskam darbam. Pāris desmit metru tālāk, jaunu ābeļu dārzā, redzamas četras baltas koka būdiņas ar nobīdāmiem jumtiem. Tie ir optisko instrumentu paviljoni. Vienā no tiem atrodas teleskops ar spoguļa caurmēru 550 mm un gaismas spēju 1 : 4,5. Tas kopā ar automātisku zvaigžņu elektrofotometru kalpo sarkano milžu pētījumiem. Otrajā paviljonā pagaidām ir divkārsšs astrogrāfs zvaigžņu fotografēšanai, bet drīz vien arī tur būs iepriekšējam teleskopam līdzīgs instruments. Trešajā paviljonā atrodas Zemes mākslīgo pavadoņu fotografēšanas kamera, bet ceturtais paviljons domāts sudrabaino mākoņu novērošanai.

Dodamies tālāk. Uzmanību saista eksperimentālā darbnīca, kur inženieri un kvalificēti atslēdznieki gatavo jaunus teleskopus un citu aparatūru. Netālu no darbnīcas ir radiolaboratorijas baltā mājiņa, kur izgatavo radiouztvērējus un elektronisko aparatūru. Laboratorijai pretī kalnā izvietotas antenas Saules radionovērojumiem, bet blakus speciālā paviljonā atrodas uztverošā aparatūra. No antenu kalna taisni rietumu virzienā stiepjas vienu kilometru gara trase, kur darbojas daudzantenu Saules radiointerferometrs un redzams uztverošās aparatūras paviljons. Viss minētais šeit uzcelts un iekārtots, lai zinātnieki pētītu gan zvaigznes, kas mirdz pasaules telpā, gan mūsu zvaigzni — Sauli. Tāds darbs nepieciešams kosmosa apgūšanai un tas ir svarīgs arī tautas saimniecībai. Piemēram, pēc Saules radionovērojumiem prognozē ģeofizikālās parādības.

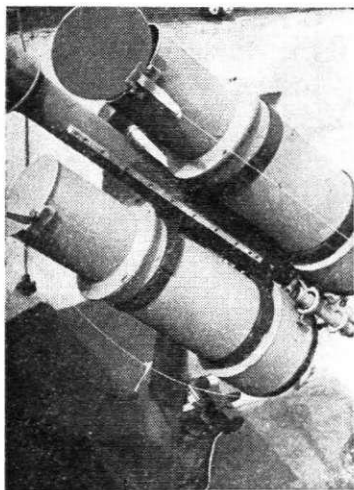


24. att. Zvaigžņu laboratorija.





25. att. Teleskopu paviljoni ābeļu dārzā.

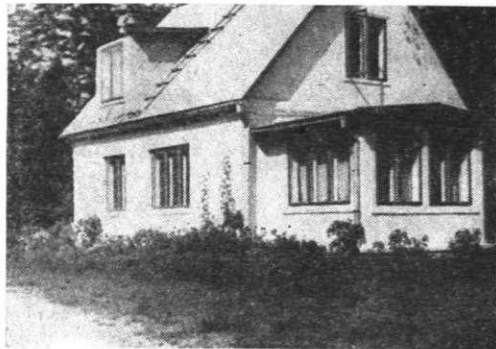


26. att. Divkāršais astrogrāfs zvaigžņu fotografēšanai.



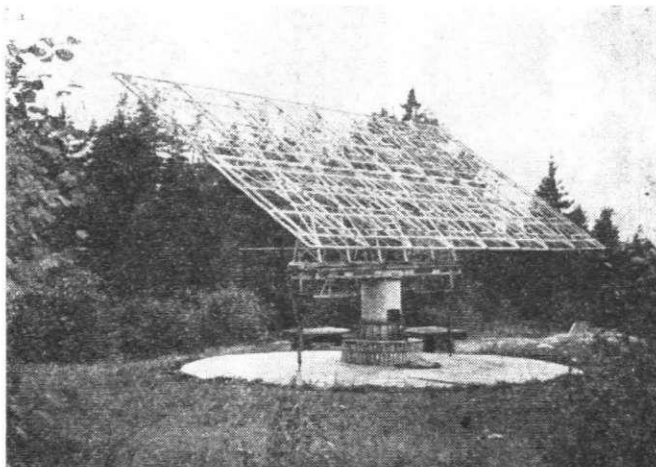
27. att. Darbnīca, kur gatavo arī jaunus teleskopus.



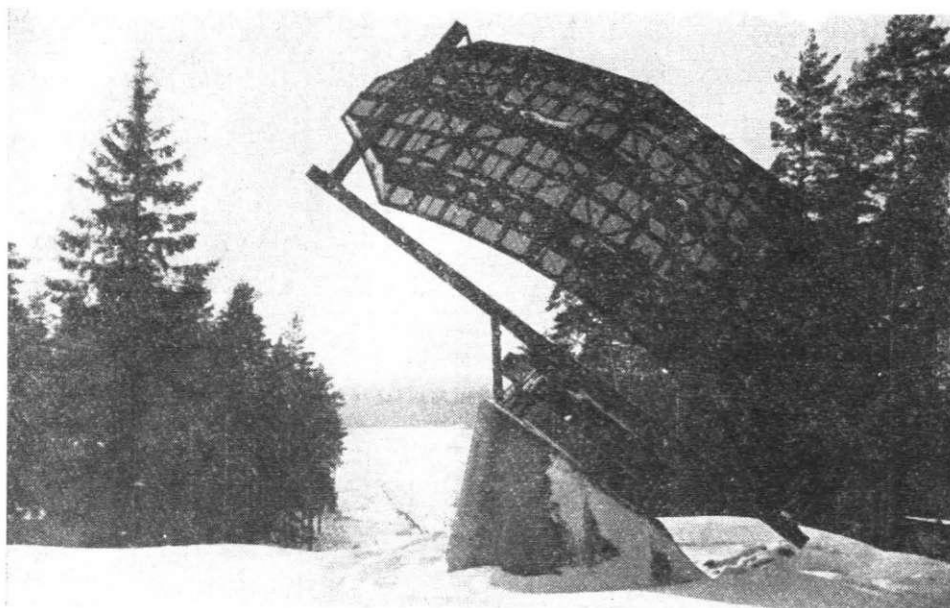


28. att. Radiolaboratorija.

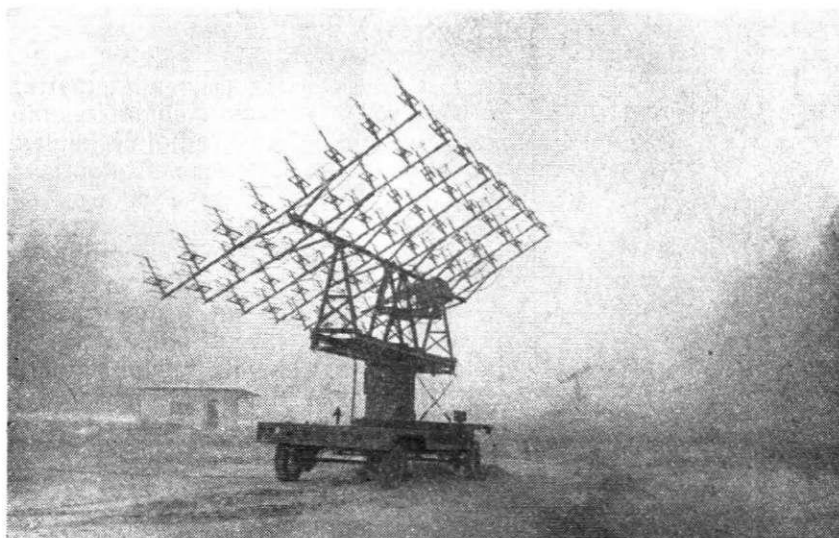
29. att. 80 m<sup>2</sup> antena  
Saules radiostarojuma  
uztveršanai.



30. att. Šī antena uztver Saules 10 cm starojumu. Uz rietumiem 1 km garā  
trasē izvietots Saules radiointerferometrs.



31. att. Sajā namiņā atrodas radioteleskopu uztverošā aparatūra.



32. att. Viena no Saules radiointerferometra antenām. Pa kreisi — uztverošās aparatūras paviljons.

### Radioastronomijas observatorija

Lasītājs iepazīs ar Zinātņu akadēmijas Astrofizikas laboratorijas radioastronomijas observatoriju, kuras celtniecība sākta 1958. gadā. Vēl šinī gadā tā redzami paplašināsies. VDR Ceisa tautas uzņēmums piegādās Šmidta tipa teleskopu ar

spoguļa caurmēru 1200 mm un gaismas spēju 1:3, kas būs viens no lielākajiem šāda veida teleskopiem. Tiek celta paraboliska antena ar caurmēru 30 m, kas kopā ar citām līdzīgām antenām veidos vienu no vislielākajiem decimetru viļņu interferometriem. Saules radioavotu nepārtraukti novērojumi, Zemes

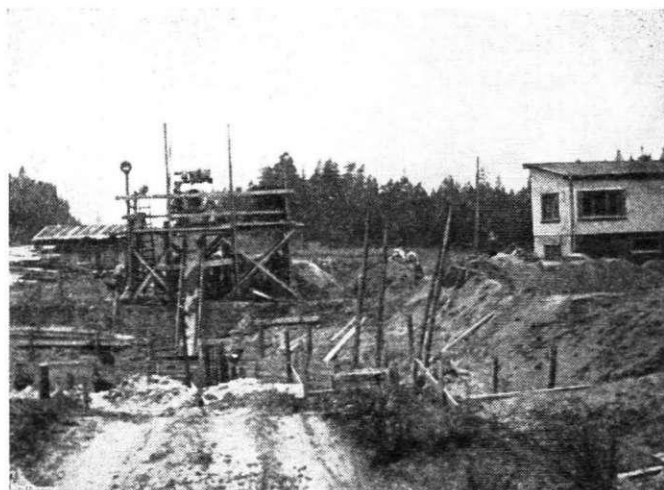


33. att. Ģeologi pārbauda lielā Smidta teleskopa uzstādīšanas vietu.

mākslīgo pavadoņu radiosignālu uztveršana, zvaigžņu un kosmiskās gāzes radiostarojuma pētījumi — tāda ir observatorijas galvenā tematika. Optiskie instrumenti domāti vienīgi kā papildinājums radioteleskopiem, lai tos pašus objektus pētītu optiskajos viļņos, īpaši infrasarkanajos.

Radioastronomijas observatorija ir liela dažādu objektu saimniecība un aizņem vairāk nekā 60 ha platību. Darbojas ūdens un transformatora stacijas, ir savas noliktavas un transports, iekārtota telefona stacija utt. Sākot ar 1965. gadu, observatorija kļuš par ievērojamu Baltijas radioastronomijas centru.

34. att. 30 m antenas pamata būvdarbi. Pa labi — uztverošās aparātūras paviljons.





35. att. Mājīna maza, bet ūdeni observatorijai tā smeļ no 110 m dziļuma.



36. att. Ar šo celtni sākās observatorijas elektrosaimniecība.



37. att. Telefons saista plašo observatorijas teritoriju un tās dažādos objektus.

Buržuāziskajā Latvijā astronomija bija vāji attīstīta. Tas, ko sauca par Latvijas Universitātes observatoriju, patiesībā bija astronomijas katedra ar nelielu laika dienestu studentu apmācīšanai un pasniedzēju zinātniskajam darbam. Tāpēc, nodibinoties padomju varai, observatoriju arī pārveidoja par astronomijas katedru. Vēlāk katedru likvidēja. Nodibināja Zemes mākslīgo pavadoņu optiskās novērošanas staciju, kas kopā ar laika dienestu darbojas LVU Botāniskajā dārzā.

1946. gadā nodibināja Latvijas PSR Zinātņu akadēmiju. Fizikas un matemātikas institūta sastāvā izveidojās arī astronomijas sektors, kas vēlāk izdalījās par patstāvīgu ZA Astrofizikas laboratoriju. Akadēmijas astronomi izvērsa pētījumus zvaigžņu astronomijas un astrofizikas jomā. Drīz vien radās doma izveidot Latvijā nelielu, bet moderni iekārtotu observatoriju. Ņemot vērā astronomijas attīstības perspektīvas, kosmosa apgūšanas problēmas un republikas radiotehnikas augsto līmeni, par observatorijas darba galveno virzienu tika izvēlēta radioastronomija. Svarīgi bija arī tas, ka radionovērojumus netraucē migla un mākoņi, bet Latvijas debesis visbiežāk ir apmākušās. Observatorija tiek plānota un celta kā Baltijas republiku kopīgs radioastronomijas zinātniskais centrs, līdzīgi kā Tartu observatorija — optiskās astronomijas jomā.

Pats atbildīgākais uzdevums pirms observatorijas celtniecības uzsākšanas ir piemērotas vietas izvēle. Observatoriju nedrīkst traucēt elektriskie trokšņi un nakts apgaismojums. Gaisam jābūt tīram un dzidram. Tuvumā jābūt labiem satiksmes ceļiem. Apkārtne nedrīkst būt apdzīvota vietu, fabriku un, sevišķi, elektriskā dzelzceļa vai augstsprieguma elektrolīniju. Pēc ilgiem meklējumiem un pārspriedumiem par observatorijai piemērotu vietu tika izvēlēta Baldone. Baldone ir kūrorta pilsētiņa, tās apkārtnē nav paredzēti rūpniecības objekti un te nedraud elektrisko trokšņu «briesmas». Observatorijas teritorija ir pārklāta ar sausu silu un atrodas 60—70 m virs jūras līmeņa. Tāpēc gaiss te ir tīrs un dzidrs. Autobusu satiksme ar Baldoni un Rīgu rada labvēlīgus darba un dzīves apstākļus. Tā šeit minēto un citu vērā ņemamu apsvērumu dēļ senā Baldone kļuva par visjaunākās astronomijas nozares — radioastronomijas centru.

## Daba un zvaigznes

Skaists ir stalto priežu, egļu un bērzu mežs. Neparasti daudz lazdu. No observatorijas paveras brīnišķīgs skats uz plašu apkārtni. Daudzi jauku vietu nosaukumi radušies jau astronomu klātbūtnē: Prieka kalns, Bēdu leja, Āpšu kalns, Parks u. c. Liela te ir sēņu un ogu bagātība.

Bieži sastopami zaķi, vāveres, stirnas un āpši. Retumis uzklīstot pat meža cūkas. Augstienes meža ceļi ir ideāla vieta slēpotājiem.

Šajā neparastajā dabas stūrītī pat zvaigznes mirdz spožāk nekā citur. Saules ultravioletā starojuma mērījumi liecina, ka Baldones apkārtnē ir dzidrākais gaiss republikā. Un visu šo lielisko ainu šodien vēl papildina lieli teleskopi un antenas, kas ļauj cilvēkam arvien dziļāk iespiesties zvaigžņu pasaules noslēpumos. Var droši teikt, ka te ir īsta astronomu paradīze.

## Tūristiem ceļš brīvs!

Pēdējos gados sakarā ar observatorijas būvi tās apmeklēšana bija ierobežota. Lai republikas darbaļaudim, skolām un organizācijām būtu pieejama radioastronomijas observatorija un skaistās dabas jaukumi, sākot ar 1964. gada vasaru tā atklāta apmeklētājiem. Ekskursijas un apmeklējumi pieteicami ZA Astrofizikas laboratorijai Rīgā, Turgeņeva ielā 19, tel. 204538 vai Baldones observatorijā, tel. Baldone 488.

Uz redzēšanos Baldones radioastronomijas observatorijā!

*J. Ikaunieks*



## ASTRONOMIJAS VĒSTURE

Šī gada 19. maijā pagāja 75 gadi, kopš dzimis profesors E. Lejnīks, kas izaudzinājis latviešu matemātiķu, fiziķu un astronomu vecāko paaudzi. «Zvaigžņotā debess» atzīmē šo dienu, ievietojot par E. Lejnīku divus rakstus, kuru autori ir prof. E. Lejnīka bijušie klausītāji.

Biogrāfiskas ziņas par E. Lejnīku ir jau ievietotas «Zvaigžņotās debess» 1962. gada ziemas izdevumā sakarā ar viņa 25 gadu nāves dienas atceri.

*E. FOGELS*

### PAR PROFESORA E. LEJNĪKA ZINĀTNISKO DARBU

E. Lejnīka zinātniskās darbības sākums saistīts ar Odesā izdoto žurnālu «Вестник опытной физики и элементарной математики», kas iznāca mazās burtnīcās divreiz mēnesī. Katrā burtnīcā bija ievietoti uzdevumi, lasītāju iesūtītie agrāko uzdevumu atrisinājumi, fizikāla vai matemātiska satūra referāti un nelieli pētnieciskie darbi. Sākot ar 1905. gadu, zem daudzu uzdevumu atrisinājumiem parādās Lejnīka vārds; 1906. gadā tas figurē zem 42 uzdevumu atrisinājumiem. Šinī laikā Lejnīks bija Rīgas Pētera reāl-





38. att. E. Lejnieks 1911. gadā.

skolas skolnieks. Sakarā ar skolas beigšanu (1907. g. pavasarī) un iestāšanos Maskavas Universitātē (1907. g. rudenī) uzdevumu risināšanas intensitāte samazinājās. No 1912. līdz 1917. gadam daudzi Lejnieka iesūtītie uzdevumi vai uzdevumu atrisinājumi iespiesti Maskavas matemātiskā pulciņa žurnālā «Математическое образование». Šī žurnāla pēdējos pastāvēšanas gados Lejnieks bija uzdevumu nodaļas vadītājs. Pēc tam līdzīgu darbu Lejnieks turpināja žurnālā «Математика в школе» (1918), kas pastāvēja gan tikai pusgadu. Pa šiem trim žurnāliem kopā var saskaitīt ap 120 uzdevumu vai atrisinājumu ar Lejnieka parakstu.

Sajos žurnālos publicēti arī daži Lejnieka raksti. Viņa pirmajā darbā «О гармоническом ряде» (Вестник, 37 сем., 1907, 109—115) dots vienkāršāks pierādījums jau pazīstamai teorēmai, ka harmoniskās rindas pirmo  $n$  locekļu summa vienlīdzīga kādas citas (binoma koeficientus saturošas) rindas parciālsummai. Te iegūts vēl otrs tāda veida rezultāts.

Darbā «Новые треугольники» (Вестник, 39 сем., 1908, 281—292) Lejnieks par trijstūri sauc figūru, kuru veido no viena punkta izejoši trīs stari kopā ar trim viena un tā paša rādiusa aplocēm, kas šiem stariem pieskaras. Šiem trijstūriem definē leņķus, malas, augstumus, laukumu utt. un pierāda, ka tiem der parastajā trigonometrijā pazīstamo formulu analogi. Šim darbam ierosinājumu devis žurnāla «Вестник» 15. semestrī ievietotais Porohovščikova raksts par jauniem daudzstūriem. Lejnieka raksts savukārt devis ierosinājumu Rabinoviča darbam (Вестник, 39 сем., 1908, 362—367), kur iegūti tie paši rezultāti, vadoties no citiem apsvērumiem. Lejnieka un Rabinoviča rezultāti atzīmēti arī referatīvajā žurnālā «Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik» (1908, 577).

Kāda 1912. gadā žurnālā «Математическое образование» ievietota uzdevuma atrisināšanas mēģinājumu rezultātā radās Lejnieka darbs «О превращении треугольника в треугольник, симметричный с данным» (Мат. обр., 1912, 350—362). Te izpētīti visi gadījumi, kad doto trijstūri iespējams ar taisni sagriezt divās daļās, no kurām var salikt jaunu trijstūri, simetrisku dotajam. Šī darba ierosināts, N. Izvoļskis publicē piezīmi (Мат. обр., 1913, 6—8), kurā sniedz Lejnieka teorēmas īsāku pierādījumu.

Lejnieka plašākajā publicētajā darbā «О построении центра данной окружности с помощью одной линейки» (Мат. обр., 1917, 161—174), lietojot piemērotu ģeometrisku transformāciju, pierādīta Hilberta teorēma, ka aploces centru nevar konstruēt, lietojot tikai lineālu. Šis pierādījums ir vienkāršāks par citiem tajā laikā pazīstamajiem pierādījumiem. Tālāk Lejnieks pēta gadījumus, kad bez aploces dota vēl kāda punktu kopa. Piemēram, ja dots aplocē ievilkts regulārs trijstūris vai dots kāds paralelograms, tad ar lineālu centru var konstruēt.

Lejnieka nepabeigtais darbs «Теорема Лемуса» (Математика в школе, 1918, 18—25) ir tīri referējoša rakstura. Te doti vairāki pazīstami pierādījumi Lēmusa teorēmai (1840. g.), ka trijstūris, kam divu iekšējo leņķu bisektrises vienlīdzīgas, ir vienādsānu trijstūris. Darba turpinājumā bija paredzēts dot vēl citus pierādījumus un apskatīt plašo literatūru, kas saistīta ar šo teorēmu.

No Lejnieka publicētajiem darbiem vēl jāatzīmē «Note über die Darstellung einer ganzen Zahl durch positive Kuben» (Mathematische Annalen, 70, 1911, 454—456). Darbs atzīmēts arī referatīvajā žurnālā «Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik» (1911, 203). Šis darbs saistās ar 1908. gadā Viferiha (Wieferich) publicēto pierādījumu, ka katrs dabiskais skaitlis ir uzrakstāms ar 9 vai mazāk nekā 9 kubu summu; pierādījumā bija ignorēts galīgs skaits izņēmumu gadījumu. Uz šo trūkumu vērsa uzmanību Bahmans savā «Niedere Zahlentheorie» (II, 1910, 344), kur (477.—478. lpp.) skicēta metode, kā teorēmu pierādīt šiem izņēmumu gadījumiem. Sekojot šim norādījumam, Lejnieks sastādīja tabulu, kurā Bahmana uzrādītie 48 izņēmumu skaitļi (robežās no 1 563 148 750 līdz 1 630 348 750) atēloti ar 9 vai mazāk nekā 9 kubu summu, un pieņēma, ka ar to Viferiha pierādījuma trūkums ir novērsts. Tomēr nelaimīgā kārtā Bahmans pats bija kļūdījies un uzrādījis aplamas izņēmumu skaitļu robežas. Tādēļ Lejnieka izpētītie 48 skaitļi nebija īstie izņēmumu skaitļi (tos apskatīja vēlāk Kempners, Math. Annalen, 72, 1912, 387—399).

Lejnieka lielākais zinātniskais darbs ir viņa diplomdarbs «О решении уравнений пятой степени в икосаэдрических иррациональностях» (rok-rakstā 84 liela formāta lappuses; iespējstā veidā tā arjoms būtu divreiz lielāks). Darbs pabeigts 1910. gada 27. oktobrī. Rokraksta sākumā darba vadītāja atzīme: «Весьма удовлетворительно. Л. Лахтин, 30 дек. 1910 г.». Tajā laikā prasīja, lai diplomdarba tēma būtu attīstīta metodiski, izlietojot visus svarīgākos literatūras avotus, bet jaunu rezultātu atrašana nebija obligāta. Par Lejnieka diplomdarba tēmu bija jau ļoti daudz rakstīts un literatūras avoti sniedzās vairāk nekā 100 gadu atpakaļ. Lejnieka darba beigās pieliktais literatūras saraksts aptver 47 darbus, tai skaitā 28 žurnālu rakstus. Svarīgākā literatūra ir F. Kleina grāmata «Vorlesungen über das Icosaeder und die Auflösung der Gleichungen vom fünften Grade» (1884). Lejnieka darba pirmajā daļā apskatītas regulāro



ķermeņu (sevišķi ikosaedra) rotāciju grupas un to īpašības. Otrajā daļā pierādīts, ka jebkuru 5. pakāpes vienādojumu var atrisināt ar t. s. ikosaedriskām iracionalitātēm (pēdējās apmierina speciālu 60. pakāpes vienādojumu, kura koeficienti atkarīgi no viena parametra). Trešajā daļā parādīts, ka vispārīgo 5. pakāpes vienādojumu ar radikāliem atrisināt nevar. Darbs atrodas LVU Fizikas un matemātikas fakultātes bibliotēkā.

Turpat atrodas arī manuskripts: Lejnieks — Rāgos, Рабочая книга по математике, начала алгебры. Курс IV и V класса начальной школы, Рига, 1931 (129 mašīnraksta lpp.). Darba otrais autors — Tartu Universitātes profesors Gerhards Rēgoss. Liekas, ka īstenībā manuskripta galvenais autors ir Rēgoss, jo Lejniekam, kaut arī bija liela pedagoģiska pieredze, tomēr bija maz laika rakstīt, tāpēc ka kopš 1920. gada viņš lasīja universitātē daudzus mācību priekšmetus, strādājot 15 lekciju stundas nedēļā (pilnas slodzes apmērs tajā laikā bija 6 stundas nedēļā). Bez tam Lejnieks bija universitātes centrālās bibliotēkas pārzinis, kā arī vai nu Matemātikas un dabas zinātņu fakultātes dekāns, vai fakultātes pārstāvis universitātes padomē. Blakus darbam universitātē Lejnieks lasījis lekcijas vidusskolu skolotāju sagatavošanas kursos, bijis matemātikas grāmatu vērtēšanas komisijas loceklis un Izglītības ministrijas terminoloģijas komisijas loceklis, piedalījies vairākos starptautiskos matemātiķu kongresos ārzemēs, organizējis Latvijas matemātisko zinātņu darbinieku biedrību, 1923. gadā organizējis pirmo Latvijas matemātisko zinātņu darbinieku kongresu Rīgā; 1922. gadā viņš dibinājis Matemātikas zinātņu studentu biedrību («matemātisko pulciņu»), kurā pats vairākkārt nolasijs referātus (sakarā ar ievērojamu matemātiķu atceres dienām) vai palīdzējis tos sagatavot.

Raugoties atpakaļ uz šo pagājušo laiku, tagad liekas, ka svarīgākais ir tas, ka pie Lejnieka mācījās latviešu matemātiķu, fiziķu un astronomu pirmā paaudze. Kā otrs svarīgākais Lejnieka nopelns jāatzīmē tas, ka ar viņa pūlēm gandrīz no nekā tika radīta matemātiska bibliotēka, bez kuras nopietns matemātisks darbs nav domājams. Lai iegādātos matemātisko literatūru, Lejnieks vairākkārt devies komandējumos uz Vāciju, Angliju, Norvēģiju.

Laikā no 1919. līdz 1934. gadam (kad slimības dēļ Lejnieks no universitātes aizgāja) viņš lasījis šādus priekšmetus: analītisko ģeometriju, tēlotāju ģeometriju (1919./20.), trijstūru ģeometriju (1932. g. pavasarī), algebru, skaitļu teoriju, algebrisko skaitļu teoriju (1927. g. pavasarī, 1931. g. rudenī), grupu teoriju (1924), integrālrēķinus, diferenciālvienādojumus un variāciju rēķinus (priekšmetus, kuriem nav pielikti gadu skaitļi, lasīja regulāri vai nu ik gadus, vai reizi pa diviem gadiem). Visas savas lekcijas Lejnieks lasīja 7. auditorijā (kur tagad atrodas neklātienes kanceleja) un lasīja «no galvas», nelietojot nekādus konspektus. Lai zīmējumos spilgtāk parādītu svarīgākās līnijas, lietoja krāsainus krītus. Efekta pastiprināšanas labad dažreiz, ignorējot gramatiku, viņš teica: *A* ieiet iekš *B* (tagad

mēs teiktu: « $A$  ir  $B$  apakškopa», bet toreiz tādas terminoloģijas vēl nebija. Anharmonisko grupu Lejnīeks arī sauca vācu vārdā par vierera grupu).

Analītiskajā ģeometrijā, integrālrēķinos, diferenciālvienādojumos, algebrā un skaitļu teorijā Lejnīeka lekciju viela atšķīrās no standarta mācību grāmatās (Млодзеевский, Лахтин, Егоров, Млодзеевский, Егоров) atrodamās vielas ar dažu detaļu vienkāršojumiem, kas ņemti no citām mācību grāmatām vai no zinātniskajiem žurnāliem. Pēc vairāku gadu lekciju piezīmēm Lejnīeka «Augstāko algebru» (1936) un «Skaitļu teoriju» (1936) iespiešanai piemērotā formā uzrakstīja šī raksta autors prof. A. Lūša redakcijā. Lejnīeka diferenciālvienādojumu kursa dažas detaļas pārgājušas A. Lūša grāmatās «Diferenciālvienādojumi», I, II (1937, 1938).

Grupu teorijas lekcijās Lejnīeks apskatīja šīs teorijas pamatjēdzienus (ieskaitot Silova teorēmas) un Galuā teorijas sākumus, tātad ievadu tajos jautājumos, kas apskatīti Bianki grāmatā par substitūciju grupu un algebrisko vienādojumu teoriju (itāliešu valodā) un kas cieši saistīti ar Lejnīeka diplomdarbu.

Tēlotāju ģeometriju Lejnīeks lasījis tikai pašā sākumā, ietilpinot tajā daudz projektīvās ģeometrijas. Vēlākos gados matemātikas studenti tēlotāju ģeometriju klausījās inženierzinātņu fakultātē.

No visām matemātikas nozarēm Lejnīekam vistuvākā bija elementārā ģeometrija (par to liecina arī viņa publicētie darbi), kuras kursu ar trijstūra ģeometrijas nosaukumu viņš nolasīja 1932. gada pavasarī. Klausītājas Biķes rakstītās lekciju piezīmes (187 lpp.) atrodas LVU bibliotēkā. No šajā kursā apskatītajiem četriem jautājumiem (I. Apolonijs problēma, II. Transversāles, III. Ievilkte un apvilkte daudzstūri, IV. Inversija) pie trijstūru ģeometrijas īstenībā pieder tikai jautājums par transversālēm, kura cits izklāstījums atrodams arī Jefremova grāmatā «Новая геометрия треугольника» (1902). Iepazīnies ar Lejnīeka manuskriptu, A. Novanskis tajā atradis oriģinālu vielas sakārtojumu un tādus jautājumus (kā Telkampfa teorēmu), kas krievu valodā nav publicēti, tādēļ ieteicis to izdot.

Kaut arī Lejnīeka intereses bija saistītas galvenokārt ar ģeometriju, viņam bija plašas zināšanas arī citās matemātikas nozarēs. Par to liecina ļoti dažādās viņa vadīto diplomdarbu tēmas. Piemēra dēļ atzīmēsim sekojošā raksta autorei M. Rozenbergai ieteikto Liuviļa teoriju par integrāliem, kas galīgā formā nav izsakāmi ar elementārām funkcijām.

*M. ROZENBERGA (AUMEISTERE)*

#### **ATMIŅAS PAR PROFESORU E. LEJNĪEKU**

Profesora Lejnīeka tēls man palicis gaišā atmiņā. Viņa plašās un dziļās zināšanas un īpašs pedagoga talants palīdzēja mums, viņa klausītājiem un skolniekiem, labāk izprast un noskaidrot tos matemātikas jautājumus,



39. att. Profesors E. Lejnicks  
1914. gadā.

jau laikus pameklēt vieglāku fakultāti. Tas liecina par iekšēju, cilvēcisku pieeju saviem nākamajiem klausītājiem. Profesors patiešām kā tēvs rūpējās par saviem studentiem. Kad notika praktiskie darbi, viņš vairākkārt apstāigāja visu auditoriju, piegāja katram klāt, vēroja, kā katrs tiek galā ar uzdevumu, un nevienam neliedza savus paskaidrojumus, palīdzību. Tas arī mudināja būt vienmēr sagatavotam teorijā, aizpildot savus robus skolas kursā, jo bija kauns parādīt dziļi cienītajam profesoram savu neziņu vai nesaprašanu. Bija mācību spēki, kas praktiskajos darbos aicināja pie tāfeles gandrīz vienus un tos pašus spējīgākos un čaklākos studentus, bet pārējie pasīvi rēķināja tiem līdzi. Arī lekciju lasīšanas metode profesoram Lejnīkam bija īpatnēja. Katru jaunu jautājumu sākot, viņš iepriekš uzmeta plānus, parādīja mērķi, ceļus, kas ejami tā sasniegšanai, un tikai tad sāka pašu izklāstu. Tādā veidā jau no paša sākuma bija skaidrs, kādēļ tiek darīts katrs pārveidojums. Tādēļ arī viņa lekcijas bija daudz vieglāk piekstat.

Un ne tikai ar jautājumiem par pašu matemātiku varēja griezties pie profesora. Viņš dažam labam studentam pagādāja privatstundas, izgādāja

ar kuriem mēs saskārāmies pirmo reizi un kuri būtiski atšķīrās no parastā skolas kursa. Tas jo sevišķi svarīgi bija Latvijas Universitātes pirmajos pastāvēšanas gados, kad es sāku savas studijas, jo toreizējās skolu jaunatnes gaitas smagi skāra pirmā pasaules kara un revolūcijas izraisītie traucējumi mācībās.

Man, piemēram, vidusskolu beidzot, matemātisko zināšanu bija ne vairāk, kā tagadējās 8-gadīgās skolas absolventam. Labi, ka es pati to toreiz nezināju, jo tad es būtu atteikusies no matemātikas studijām, kaut arī tā mani kopš bērnu dienām saistīja vairāk par jebkuru citu skolas mācību.

Lekcijas pirmajos gados notika no pulksten 7.30 līdz 9.00 rītā un no 15.15 līdz 21.00, dažreiz pat līdz 22.00 vakarā. Uz pirmo lekciju es nokavēju, jo biju pārliecināta, ka pirmajā skolas dienā tik agri mācības nesāksies. Šai lekcijā profesors Lejnicks bija licis pie sirds visiem klausītājiem labi pārdomāt, vai viņiem pietiks spēju un uzcītības matemātikas studijām un vai dažam labam nederētu

atbrīvošanu no mācību maksas. Arī man kāda studiju biedrene ieteica griezties pie viņa, kad es pirmajā studiju gadā biju veltīgi izmeklējusies darbu, ko varētu apvienot ar studijām. Kāds vācu tirgotājs bija griezies pie prof. Lejnika kā pie Matemātikas un dabas zinātņu fakultātes dekāna, lai viņam ieteiktu kādu studentu, kurš varētu sagatavot tirgotāja dēlus iestāju pārbaudījumiem matemātikā. Profesors aizsūtīja mani, bet tirgotājs man teica, ka viņa dēli esot jau krietni vecāki par mani, tādēļ tiem vajagot arī vecāku skolotāju. Kad es par savu neveiksmi pastāstīju profesoram, viņš tikai jautri pasmējās: «Ejiet vien atpakaļ un sakiet, ka es pats arī esmu jauns.» Tā es sāku savas pirmās skolotājas gaitas un biju ļoti priecīga, ka rezultātā «jaunā studente» attaisnoja viņai dāvāto «jaunā profesora» uzticību.

Pēc profesora Lejnika ierosmes vēlāk nodibinājās matemātikas studentu zinātniskā biedrība (vai pulciņš, neatceros vairs tā oficiālo nosaukumu). Var teikt, ka profesors pats bija šīs biedrības dvēsele, palīdzēja studentiem referātu tēmu izvēlē un apgādāja ar literatūru gan no universitātes centrālās, gan fakultātes bibliotēkas, gan no saviem plašajiem grāmatu krājumiem. Gandrīz katru studenta referātu viņš arī pats noklausījās un komentēja, turklāt tā, ka klausītājiem, kas paši ar šo jautājumu nebija iepazinušies un bieži vien referenta domai nespēja izsekot, pēc šiem profesora komentāriem lietas būtība kļuva skaidra. Profesors labprāt ieradās arī studentu sarīkojumos, stāstīja dažādus jocīgus atgadījumus no savām skolotāja gaitām, anekdotes vai arī uzdeva jautrus atjautības uzdevumus. Bet, ja kāda studente gribēja viņu uzaicināt padejot, tad viņš atbildēja, ka labāk rakstot integrāļus ar roku uz tāfeles, nekā ar kājām uz grīdas.

Grāmatas profesors Lejnics mīlēja kaut kā sevišķi. Viņa kabinets augstskolā un tāpat arī mājās bija piekrauts ar grāmatām no grīdas līdz griestiem. Plauktos visām nebija vietas, ar tām bija apkrauti galdi, to kaudzes bija arī vienkārši uz grīdas. Tas apbrīnojamākais bija, ka vajadzīgo grāmatu profesors itin viegli atrada bez jebkāda kataloga. Bet nevienam citam viņš neļāva tām ķerties klāt, lai nesajauktu viņa kartību. Atceros, profesora dzīvesbiedre reiz žēlojās, ka viņš neļaujot savā kabinetā noslaucīt putekļus, baidīdamies, ka tādā kārtā varētu viņam kaut ko sajaukt.

E. Lejnics jau skolas gados esot nodarbojies ar matemātiku daudz plašākos apmēros, nekā to prasīja skolas programma. Skolas bibliotēkā ne vienmēr viņš varējis atrast nepieciešamo literatūru un bieži gājis uz grāmatu veikalu «apskatīt» vajadzīgo grāmatu, jo naudas tās iegādei nav bijis. Tā, vairākas reizes pāršķirstot vajadzīgo vietu, viņš esot arī izlasījis, ko viņam vajadzējis.

Profesors labi prata arī svešvalodas: sarakstījās ar firmām, no kurām pirka universitātei grāmatas, vācu, franču, angļu, itāliešu, spāņu un varbūt arī vēl kādās citās valodās.

Profesora Lejnika interešu loks neaprobežojās tikai ar matemātiku. Viņš labi pazina daiļliteratūru, mīlēja mūziku un arī pats spēlēja vijoli.

Profesors nemīlēja rakstīt, savas lekcijas viņš nekonspektēja, bet, pateicoties apbrīnojamai atmiņai, lasīja tās pilnīgi brīvi. Viņš gan domāja par grāmatu izdošanu uz savu lekciju pamata, izmantojot dažu savu studentu piezīmes. Pat skolotāju vasaras kursos viņš ņēma līdzīgu studentu, kas pierakstīja viņa lekcijas.

Pārāk agrī aprāvās viņa dzīves pavediens, labie nodomi palika nepiepildīti.

Kad es devos savās pirmajās skolotājas gaitās, kā ceļa rādītāju saņēmu no profesora trīs vērtīgus padomus: 1) nekad neparādīt skolniekiem savu apmulsumu, ja tāds rastos; 2) pašā darba sākumā ieviest stingru disciplīnu, cenšoties jau pirmajās stundās iepazīt katru skolnieku pēc vārda, ko var labi panākt, pierakstot sev skolnieku uzvārdus pēc klases plāna; 3) izskaidrot tik vienkārši, it kā priekšā sēdētu nevis skolnieki, bet kāpostgalvas. Man šie trīs padomi savā laikā palīdzēja vairāk nekā viss metodikas un pedagogijas kurss. Un visvairāk, protams, deva paša profesora piemērs.



## A MATIERA LAPPUSE

### KAS IR RADIOTELESKOPS?

Lielākajai daļai astronomijas amatieru ir labi pazīstami optiskie instrumenti. Amatieru kustība radioastronomijas laukā vēl maz izplatīta. Tam par iemeslu ir galvenokārt astronomijas amatieru bailes no komplicētām radiotehniskajām shēmām, kā arī attiecīgas populāras literatūras trūkums. Panākumus radioastronomijas jomā vieglāk gūt radioamatieriem, sevišķi televīzijas tāluztveršanas mīļotājiem, jo radioteleskopiem vajadzīgas samērā komplicētas antenas un ļoti jutīgi augstfrekvences priekšpastiprinātāji. Televīzijas tāluztveršanas amatierim ir samērā viegli pārbūvēt savu iekārtu par vienkāršu radioteleskopu un izmantot to Saules radiouzliesmumu pierakstīšanai. Amatierim jāizvēlas no raidītājiem brīvs televīzijas kanāls, jākonstruē tam atbilstoša antenu sistēma ar priekšpastiprinātāju, pēc tam jāizgatavo un jāpieslēdz modulators, zemfrekvences filtrs un sinhronais detektors, un tad jau var uzsākt pirmos novērojumus ar vienkāršu griežspoles mērinstrumentu. Tālāk ieteicams griezties ZA Astrofizikas laboratorijā, kas iekārtu pārbaudīs, apgādās amatieri ar pašrakstītāju un ieteiks vēlamo novērošanas laiku. Vienkāršus radioteleskopus var izgatavot

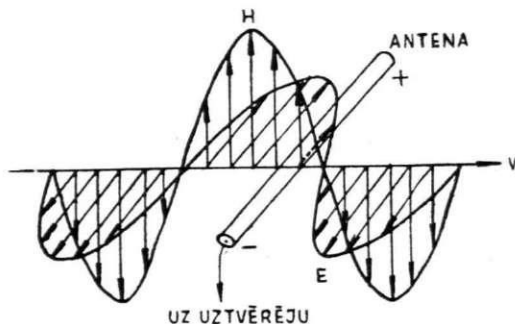
arī dažādu mācību iestāžu pulciņos, kur apvienojas astronomijas un radio-tehnikas entuziasti. Šādu pašizgatavotus radioteleskopus varēs izmantot galvenokārt Saules radiouzliesmojumu pierakstiem, kuri ir sevišķi svarīgi, ja izdarīti uz dažādiem viļņu garumiem.

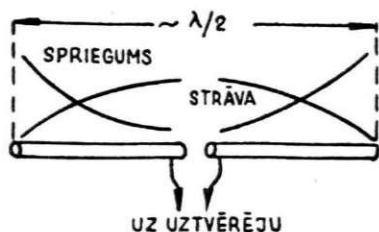
Šī raksta mērķis ir iepazīstināt amatierus ar radioteleskopa vispārējo uzbūvi un darbību. Apskatīsim, kā uzbūvētas un darbojas radioteleskopu atsevišķas daļas.

**Antenas.** Antena radioteleskopā atbilst optiskā teleskopa objektīvam, tā savāc debess ķermeņu radiostarojumu un novada to uztvērējā. Visvienkāršākā antena ir metāla stieple. Radioviļņus veido strauji mainīgs elektriskais un magnētiskais lauks — elektromagnētiskie viļņi, kuru izmaiņas pārvietojas telpā ar gaismas ātrumu. Šāda kustīga magnētiskā lauka spēka līnijas, šķeļot vadītāju (antenu), inducē tajā indukcijas elektrodzinējspēku. Indukcijas elektrodzinējspēka ietekmē rodas indukcijas strāva, ko tālāk pievada uztvērēja ieejai. Tā mainās tieši ar tādu pašu frekvenci, kāda ir pienākošam radiovilnim.

Televīzijas uztvērējiem parasti lieto cita veida antenas. Tās tādā pašā veidā pārvērš radioviļņus augstfrekvences strāvās, kuras tālāk parasti pa koaksiālo kabeli pievada televizora ieejai. Atšķirībā no radiouztvērēja antenas, kuras izmēri nav būtiski, televizoru antenu elementu izmēriem jābūt stingri noteiktiem. Tāpat svarīgs ir attālums starp atsevišķiem antenas elementiem. Ar to šīm antenām tiek panāktas rezonanses īpašības. Šāda antena ļoti labi darbojas tikai noteiktā frekvencē, kurai tā ir būvēta, bet sliktāk uztver citu frekvenču radioviļņus (līdzīgi tam, kā šūpoles svārstās tikai vienā noteiktā ritmā un mēs nevaram tās piespiest šūpoties citā ritmā). Antenā elektromagnētisko viļņu ietekmē svārstās negatīvi lādētās daļiņas — elektroni, kas metālā var brīvi pārvietoties. Skaidrs, ka lielāku izmēru antenas būs noskaņotas rezonansē uz zemāku frekvenci nekā mazāku izmēru, jo elektroniem vajadzīgs ilgāks laiks, kamēr tie noskrien no antenas elementu viena gala līdz otram. Tā, piemēram, Rīgas 10. kanāla televīzijas raidītāja viļņa garums ir apmēram trīs reizes mazāks nekā 3. kanāla viļņa garums. Tāpēc arī 10. kanāla antenas izmēri ir trīs reizes mazāki nekā 3. kanāla antenai. Visvienkāršākā rezonanses antena ir attēlā parādītais pusviļņa vibrators, kura garums aptuveni vienāds ar uztveramā viļņa garuma pusi. Bieži lieto sarežģītāka tipa antenas, kas radiostaro-

40. att. Elektriskā un magnētiskā lauka raksturs elektromagnētiskajā viļņi. Magnētiskā lauka spēka līnijas, šķeļot vadītāju, inducē tajā indukcijas elektrodzinējspēku.





41. att. Rezonanses antenas — pusviļņa vibratora shēma. Sprieguma un strāvas sadalījums antenā.

jumu uztver tikai no noteikta virziena. Tas vēl vairāk kāpina antenas efektivitāti.

Radioastronomijā diezgan bieži lieto šādu noskaņotu antenu sistēmu, galvenokārt metru viļņu diapazonā (viļņu garumi 1—10 m). Antenu skaitu palielina, jo ļoti svarīgi ir palielināt uztverto radioviļņu jaudu. Jo lielāku plaknes daļu, kas perpendikulāra radioviļņu izplatīšanās virzienam, noklāj ar šādām antenām, jo lielāka ir uztvertā radiostarojuma jauda. Tas palielina radioteleskopa jutību un ļauj uztvert vājākus radiostarojuma avotus. Ņemot vērā, ka radioastronomiem jānovēro ļoti vāji radioavoti, antenu sistēmas gatavo pēc iespējas lielākas. Antenas darbības efektivitāti raksturo lielums, ko sauc par antenas efektīvo laukumu. Ja antena uztvertu pilnīgi visus uz to krītošos radioviļņus, tad tās efektīvais laukums būtu vienāds ar antenas noklāto laukumu. Tomēr katra antena lielākā vai mazākā mērā radioviļņus laiž cauri, tādēļ antenas efektīvais laukums vienmēr ir mazāks par pašas antenas laukumu.

Decimetru un centimetru viļņiem nav izdevīgi būvēt milzīgas antenu sistēmas. Atsevišķo antenu izmēri ir ļoti niecīgi. Lai aizpildītu kādu noteiktu plaknes daļu ar šādām antenām, to skaitam jābūt ļoti lielam. Sarežģīta ir arī antenu savstarpējā savienošana. Tāpēc isāko radioviļņu uztveršanai izvēlas citu ceļu. Radioviļņi atstarojas no metāliskām virsmām līdzīgi gaismas stariem. Izmantojot šo radioviļņu īpašību, var izveidot milzīgu ieliktu metāla spoguļi, kas pienākošos radioviļņus atstaro un savāc vienā punktā — fokusā. Fokusā pietiek novietot tikai vienu antenu, un tā uztvers gandrīz visu spoguļa savāktu enerģiju. Tādā veidā īsiem viļņiem antenas iznāk daudz vienkāršākas. Šāda spoguļa virsmai līdzīgi kā optisko teleskopu — reflektoru spoguļiem jābūt paraboliskai. Lai atstarotos viļņus pietiekami labi savāktu fokusā, izgatavotā antenas atstarotāja virsma nedrīkst atšķirties no teorētiski aprēķinātās vairāk kā par vienu desmito daļu no uztveramo viļņu garuma. Tā, piemēram, ja uztver 1 m garus radioviļņus, antenas virsmas pieļaujamā novirze no paraboliskās nedrīkst pārsniegt 10 centimetrus, bet uztverot, teiksim, 20 cm garus viļņus, kļūda jau nedrīkst būt lielāka par 2 cm. Šajā kļūdā jāieskaita ne tikai konstrukcijas neprecizitātes, bet arī deformācijas, ko rada vējš, antenas svars vai temperatūras maiņas. Kā redzams, jo īsāks uztveramo viļņu garums, jo rūpīgāk jāizgatavo šāda antena. Lielākiem viļņu garumiem antenas virsmu neņem nepārtrauktu, bet izgatavo no metāla sieta, lai samazinātu antenas svaru un palielinātu tās pretestību vējam. Ja sieta acis ir ievērojami mazākas par



42. att. PSRS Zinātņu akadēmijas Fizikas institūta 22 m paraboliskā radioteleskopa antena. Tās augstā precizitāte ļauj uztvert pat milimetru viļņus.



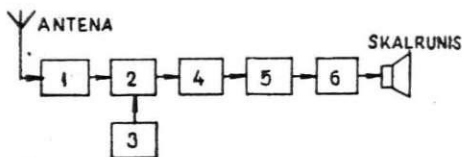
viļņu garumu, tad siets radioviļņus cauri neļaiž, bet atstaro līdzīgi nepārtrauktai virsmai.

Centimetru viļņiem, kur prasības pēc atstarotāja virsmas ir vēl augstākas, parasti gatavo nepārtrauktas virsmas atstarotājus, kuru fokusā novieto piltuvveidīgu apstarotāju — ruporu. No rupora savāktos radioviļņus pa tukšām caurulēm — viļņu vadiem novada līdz uztvērējam.

Antenas izmēri nosaka vēl vienu ļoti svarīgu tās parametru. Tā ir antenas virziena diagrama. Jo lielāki ir antenas izmēri, jo augstāka tās izšķiršanas spēja, jo tuvāk vienu otram novietotus radioavotus tāda antena spēj atšķirt. Radioteleskopu izšķiršanas spēja ir daudz zemāka nekā optiskajiem teleskopiem. Lai panāktu labāku izšķiršanas spēju, bieži vairākas zināmā attālumā citu no citas novietotas antenas saslēdz vienā sistēmā un izveido t. s. radiointerferometru. Izšķiršanas spēja paaugstinās īsākiem radioviļņiem, tāpēc tur, lai iegūtu tādu pašu izšķiršanas spēju, pietiek ar mazāku izmēru antenām.

**Uztvērējs.** Katrs radioamatieris zina, ka lielākā daļa mūsdienu radio-uztvērēju sastāv no šādiem blokiem: augstfrekvences pastiprinātāja, frekvenču pārveidotāja, starpfrekvences pastiprinātāja, detektora, zemfrekvences pastiprinātāja un skaļruņa. Apskatīsim sīkāk, kādas pārvērtības notiek ar uztverto signālu atsevišķos uztvērēja blokos.

No antenas pienākušās augstfrekvences svārstības — t. s. nesējfrekvenci vispirms pastiprina augstfrekvences pastiprinātājs. Radiouztvērējos šim nolūkam visbiežāk izmanto augstfrekvences pentodi, bet televizoros — divas triodes speciālā slēgumā. Jo augstāka ir uztveramā frekvence, jo grūtāk to pastiprināt. Tam par iemeslu ir pašas radiolampas radītie trokšņi, kas strauji aug, samazinoties viļņu garumam. Šiem trokšņiem ir tāda



43. att. Parastā radiouztvērēja blokhēma:

- 1 — augstfrekvences pastiprinātājs, 2 — jaucējs,
- 3 — heterodīns, 4 — starpfrekvences pastiprinātājs,
- 5 — detektors, 6 — zemfrekvences pastiprinātājs.



pati augstfrekvences daba kā uztvertajiem signāliem, un tie traucē derīga signāla uztveršanu. Tāpēc galvenais uzdevums ir panākt, lai augstfrekvences pastiprinātāju paštrokšņi būtu minimāli. Pēdējos gados izveidoti vairāki jauni augstfrekvences pastiprinātāju tipi, kuru paštrokšņi ir ievērojami mazāki nekā lampu pastiprinātājiem. Galvenie no tiem ir paramagnētiskie jeb molekulārie pastiprinātāji un parametriskie pastiprinātāji. To paštrokšņu līmenis ir desmitiem reižu zemāks nekā lampu pastiprinātājiem. Tas ļāva izveidot vēl nebijušas jutības uztvērējus, un tā radās iespēja veikt citu Saules sistēmas planētu radiolokāciju, kā arī uzturet sakarus ar starplanētu stacijām vairāku desmitu miljonu kilometru attālumā.

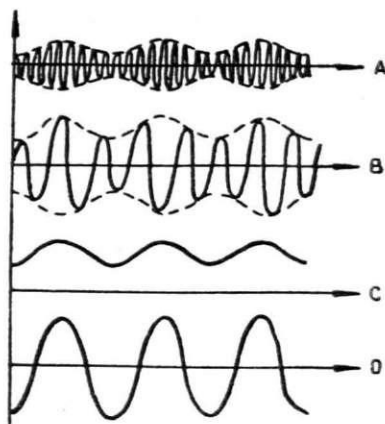
Kad augstfrekvences pastiprinātājā panākts ievērojams derīgā signāla pastiprinājums, tālākai pastiprināšanai var izmantot elektronu lampas, jo derīgā signāla līmenis jau ievērojami pārsniegs šo lampu paštrokšņus. Ņemot vērā, ka pastiprināšanu labāk izdarīt zemākā frekvencē, jo lampas tur trokšņo mazāk, aiz augstfrekvences pastiprinātāja novieto frekvences pārveidotāju, kas augstfrekvenci pārveido zemākā frekvencē — starpfrekvencē. Šajā frekvencē starpfrekvences pastiprinātājā veic signāla tālāku pastiprināšanu.

Lai iegūtu starpfrekvenci, vajadzīgs vēl neliels augstfrekvences ģenerators — heterodīns. Tā frekvenci izvēlas tādu, lai heterodīna un derīgā signāla frekvenču starpība būtu vienāda ar starpfrekvenci. Derīgo signālu un heterodīna svārstības pievada speciālai lampai — jaucējam. Izrādās, ka, sajaucoties divu dažādu frekvenču svārstībām, vienmer rodas svārstības, kuru frekvence vienāda ar sajaukto svārstību frekvenču starpību. Tāpēc jaucēja izejā rodas svārstības, kuru frekvence vienāda ar starpfrekvenci. Šo svārstību izmaiņas arī sekos derīgā signāla izmaiņām augstfrekvences pastiprinātājā. Tas redzams kaut vai no tā, ka brīdi, kad derīgā signāla nebūs, uz jaucēju tiks padotas tikai heterodīna svārstības un starpfrekvences svārstības nevarēs veidoties.

Augstfrekvences pastiprinātājs vienmēr pastiprina nevis vienu noteiktu frekvenci, bet veselu frekvenču joslu ap kādu vidējo frekvenci. Līdz ar to starpības starp atsevišķiem derīgajiem signāliem un heterodīna nemainīgo frekvenci arī veidos frekvenču joslu. Starpfrekvences pastiprinātājs tāpat pastiprina noteiktu frekvenču joslu, kura parasti ir šaurāka par augstfrekvences joslu un kuras platumu pilnīgi nosaka starpfrekvences pastiprinātāja konstrukcija. Ja, piemēram, augstfrekvencē pastiprina svārstības no 217 līdz 227 MHz, tad augstfrekvences pastiprinātāja joslas platums ir 10 MHz, bet, ja starpfrekvences josla būs tikai 2 MHz, tad vispār uztvērējs uztvers signālus tikai no 221 līdz 223 MHz. Parastajos radiouztvērējos augstfrekvence noskaņojama uz dažādām frekvencēm. Paralēli tam mainās arī heterodīna frekvence tā, lai starpfrekvence paliktu viena un tā pati — 465 kHz. Starpfrekvences joslas platums radiouztvērējos parasti ir 4—6 kHz. Tas norāda, ka šādi uztvērēji, pārraidot runu vai mūziku, nevar

44. att. Signāla forma dažādos uztvērēja blokos:

A — augstfrekvences pastiprinātājā, B — starpfrekvences pastiprinātājā, C — pēc detektora, D — zemfrekvences pastiprinātājā.

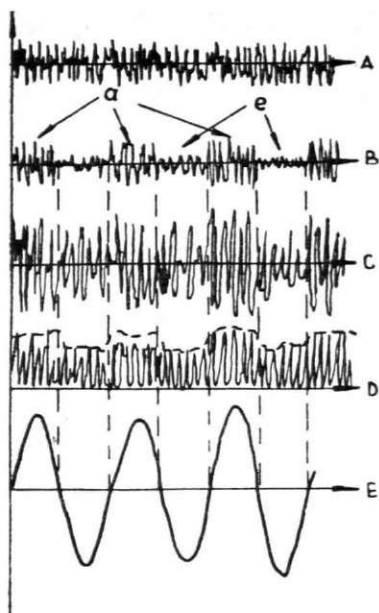


efektīvi atskaņot toņus, kuru frekvence ir augstāka par 4000—6000 Hz. Tomēr pārmērīgi palielināt joslas platumu nevar, jo tad uztvērējs vienlaikus uztvers raidstacijas uz blakus frekvencēm, un tas kropļos atskaņojumu. Radioteleskopos joslas platumu parasti izvēlas pēc iespējas lielāku, jo tas palielina uztvertā signāla jaudu un līdz ar to paaugstina iekārtas jutību. Tāpēc te joslas platumu ņem pat vairāki desmiti megahercu.

Parastajā radiouztvērējā aiz starpfrekvences pastiprinātāja seko detektors, kas atdala uz nesējfrekvences modulēto zemfrekvenci. Izdalītās zemfrekvences svārstības skaļruņu darbināšanai vēl pastiprina zemfrekvences pastiprinātājā. Radioteleskopos parasti šo uztvērēja daļu būvē savādāk, lai varētu izmantot t. s. modulācijas metodi, kas ļoti stipri palielina radioteleskopu jutību. Apskatīsim šīs metodes būtību un izmaiņas, kādas tā ienes radioteleskopa uztvērēja shēmā.

**Modulācijas metode.** Radioastronomiem parasti jāuztver ārkārtīgi vāji kosmiskie starojumi. To intensitāte bieži ir miljoniem reižu vājāka nekā televīzijas raidītāja signāls vairāku desmitu kilometru attālumā. Bieži uztvertā signāla intensitāte ir daudzkārt mazāka par paša uztvērēja radītajiem trokšņiem. Uztverot radio vai televīzijas raidījumus, pienākošajam signālam obligāti jābūt spēcīgākam par uztvērēja paštrokšņiem, pretējā gadījumā uztveršana nebūs iespējama: signāls sajauksies ar trokšņiem un nebūs no tiem atdalāms. Lai uztvertās pārraides kvalitāte būtu pietiekami augsta, signāla līmenim dažas desmit reizes jāpārsniedz uztvērēja paštrokšņi, citādi radiouztvērējā būs dzirdama nepatīkama šņākoņa, bet televīzijas attēlā radīsies nepārtraukta mirgošana, t. s. «sniegs».

Kosmiskā radiostarojuma raksturs ir gluži tāds pats kā uztvērēja paštrokšņiem. Tā amplitūda un fāze mainās pilnīgi haotiski. To var uzskatīt par visdažādāko frekvenču un amplitūdu signālu sajaukumu. Šķiet, ka tādā gadījumā atdalīt derīgo signālu no paštrokšņiem ir neiespējami, tomēr modulācijas metode to ļauj izdarīt samērā vienkārši. Radioteleskopā, kur izmanto modulācijas metodi, antenu netur uztvērējam pieslēgtu visu laiku. Uztvērēja ieejai periodiski ar noteiktu frekvenci pieslēdz gan antenu, gan antenas ekvivalentu — ierīci, kas pēc elektriskajām īpašībām līdzīga antenai, bet starojumu neuztver. Tā var būt vienkārša pretestība, kuras lielums vienāds ar antenas viļņu pretestību. Šāda pretestība arī rada trokšņus, kuru cēlonis ir elektronu haotiskā kustība pašā pretestībā. Pretestības



45. att. Signāla izmaiņas radioteleskopā:

A — antenas uztvertie trokšņi, B — uztvērēja ieejā pienākošais signāls (a — no antenas, b — no antenas ekvivalenta), C — signāls pēc pastiprināšanas, D — signāls pēc detektēšanas, E — signāls zemfrekvences pastiprinātājā.

trokšņu jauda ir atkarīga no tās temperatūras. Jo augstāka ir temperatūra, jo lielāki pretestības radītie trokšņi un otrādi. Periodiski pieslēdzot uztvērēja ieejai gan antenu, gan antenas ekvivalentu, trokšņu līmenis uztvērēja ieejā mainīsies ar tādu pašu frekvenci, ja tikai antenas un ekvivalenta trokšņi nav vienādi. Pēc pastiprināšanas šim signālam nāks klāt arī uztvērēja paštrokšņi. Rezultātā signāla modulācijas dziļums ievērojami samazināsies. Tomēr, ja uztvērējs būs pietiekami jutīgs, t. i., tā paštrokšņi pietiekami mazi, tad attiecība starp antenas

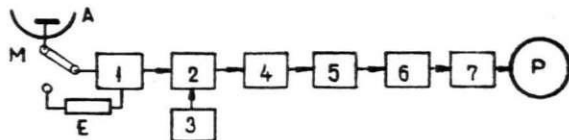
un ekvivalenta signālu līmeņiem būs pietiekama, lai to varētu konstatēt. Izrādās, ka, lietojot šādu metodi, uztvērēja paštrokšņi var pat ievērojami pārsniegt antenas uztvertā signāla trokšņus. Modulācija gan būs ļoti vāja, tomēr, kā to redzēsīm tālāk, ar speciālām metodēm to var konstatēt un izmērīt.

Pēc starpfrekvences pastiprinātāja kā parasts seko detektors. Detektora darbība ir līdzīga maiņstrāvas taisngrieža darbībai. Tas augstfrekvences mainīgo strāvu pārvērš pulsējošā vienvirziena strāvā. Tālāk «nolīdzinot» asos impulsus, iegūstam gludāku likni, kuras maiņa atspoguļo modulāciju uztvērēja ieejā (punktētā līnija). Tās amplitūda būs proporcionāla modulācijas pakāpei uztvērēja ieejā un tādā veidā atspoguļos uztvertā radiostarojuma jaudu. Tātad tālākajā pastiprināšanas gaitā svarīgas tikai svārstības ar modulācijas frekvenci, jo tā atspoguļo uztvertā radiostarojuma līmeni.

Lai šīs svārstības izdalītu vēl labāk, zemfrekvences pastiprinātāju izgatavo tā, lai tas laistu cauri pavisam šauru frekvenču joslu ap modulācijas frekvenci. Tādā veidā zemfrekvences pastiprinātājs atfiltrē visas liekās frekvences un laiž cauri modulācijas frekvenci, kuras amplitūda atspoguļo uztvertā radiostarojuma jaudu. Tomēr gadījumā, kad uztvertais starojums ir ļoti vājš, salīdzinot ar uztvērēja paštrokšņiem, modulācija nebūs pamanāma pat ar aci uz uztvērējam pieslēgtā oscilogrāfa ekrāna. Uztvērēja paštrokšņos ietilpst visdažādākās frekvences, arī tādas, kas tuvas modulācijas frekvencei. Tās izklūš cauri zemfrekvences pastiprinātā-

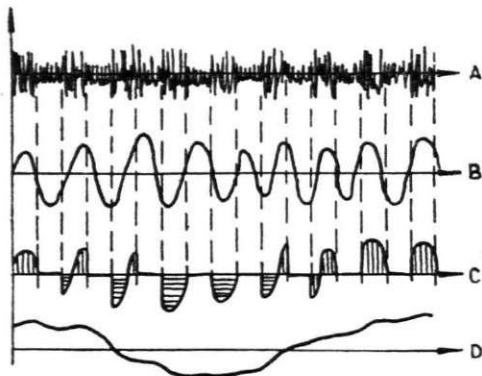
46. att. Radioteleskopa blokshēma:

A — antena, M — modulators, E — antenas ekvivalents, P — pašrakstītājs, 1—6 — tie paši bloki, kas parastajā uztvērējā, 7 — sinhronais detektors.



jam un bojās derīgā signāla formu, izmainīs tā amplitūdu un fāzi. Lai šo parādību samazinātu, zemfrekvences pastiprinātāja joslas platumu ņem ļoti šauru — ap vienu hercu vai vēl šaurāku.

Tālāku radioteleskopa jutības palielinājumu panāk, lietojot t. s. sinhrono detektoru. Sinhronais detektors darbojas vienā fāzē ar modulācijas frekvenci un atdala no zemfrekvences izejas signāla liekās fāzes, kuras radījuši uztvērēja paštrokšņi. Tādā veidā vēl lielākā mērā atdala to signāla daļu, kas raksturo radioavota starojumu. Iegūto signālu nolīdzina līdzīgi kā taisngrieža filtrā (parasti ar kondensatora un pretestības palīdzību) un tālāk pievada pašrakstītājam, kas signāla līmeni pieraksta uz diagramas lentes.



47. att. Sinhronā detektora darbība:

A — signāls uztvērēja ieejā, B — signāls zemfrekvences pastiprinātājā, C — signāls pēc sinhronā detektora, D — signāls, kas pienāk pašrakstītājā.

Tomēr, ja uztvertie signāli ir ļoti vāji, daļa paštrokšņu tiek cauri arī sinhronam detektoram un nonāk pašrakstītājā. Tas izpaužas kā pašrakstītāja spalvas nemitīga svārstīšanās, kas traucē pierakstīt īsto radioavota starojumu. Šīs maiņas var samazināt, palielinot t. s. laika konstanti. Palielinot pirms pašrakstītāja esošā kondensatora vai pretestības lielumu, svārstības tiks vairāk nogludinātas un gludāks būs arī pieraksts. Tomēr ne vienmēr var lietot lielas laika konstantes. Piemēram, novērojot Saules radiostarojumu, kas var ļoti strauji mainīties, vēlams lietot mazāku laika konstanti, jo pretējā gadījumā Saules radiostarojuma straujās izmaiņas uztvērējā tiks nogludinātas un pieraksts iznāks izkropļots, tas neatspoguļos Saules radiostarojuma patiesās maiņas. Tāpēc katrā gadījumā izvēlas kādu optimālo laika konstanti. Visi šie pasākumi tad arī ļauj iegūt radioteleskopu ārkārtīgi lielo jutību, kas daudzkārt pārsniedz parasto uztvērēju jutību.

## PAR BAUSKAS PSEIDOMETEORĪTU

«Padomju Jaunatnes» šā gada 3. janvāra numurā bija publicēta pirmā šim laikrakstam piesūtītā vēstule jaunajā gadā ar intrigējošu virsrakstu «KOSMOSS — BAUSKA — Nr. 2043». Iepazīstoties ar vēstules saturu, atklājās, ka runa ir par akmens meteorītu, kas 1963. gada maijā nokritis Bauskas tuvumā un nokļuvis Bauskas novadpētniecības un mākslas muzejā ar inventāra numuru 2043. Saprotams, ka ar šo ārkārtīgo dabas retumu gribēja iepazīties arī Rīgas astronomi. Viņi uzskatīja par savu pienākumu pārbaudīt, vai atrastais akmens patiešām ir īsts «debess akmens».\* Sai nolūkā Bauskas muzeja eksponāts Nr. 2043 tika nogādāts PSRS Zinātņu akadēmijas Meteorītu komitejā Maskavā, no kurienes saņemta negatīva atbilde: «Jāņa Mucenieka Codes ciema «Ātrēnos» atrastais akmens nav meteorīts. Tas ir parasts kvarcīta gabals, kura virsma nosmērēta ar piķim līdzīgu vielu». Tātad Bauskas novadpētniecības un mākslas muzejs ir pārsteidzies, nosaukdams šo «roku darbu» par piekto Latvijā atrasto meteorītu — Bauskas meteorītu. Tāpat pārsteigusies ir arī Rīgas Televīzijas studija, šo notikumu popularizējama.

PSRS Zinātņu akadēmijas Meteorītu komiteja līdz ar minēto atzinumu it atsūtījusi Bauskas novadpētniecības un mākslas muzejam arī gabalu no ista meteorīta, kas nokritis 1947. gada 12. februārī Tāļajos Austrumos Piejūras apgabalā Sihote-Aļinas kalnu grēdas rietumu daļā. Tā ir 1531 g smaga dzelzs meteorīta šķemba. Tādā kārtā Bauskas un tās apkārtnes iedzīvotājiem ir dota iespēja aplūkot istu «kosmosa viesi». (Divi Sihote-Aļinas meteorīta gabali atrodas Rīgas planetārijā.)

Ja b. Mucenieka stāsts par «krišanu» ir patiess, tad ļoti iespējams, ka istais Bauskas meteorīts vēl šobrīd guļ zemē, tikai ne tur, kur atrasts minētais akmens. Tiklīdz iestāsies pavasaris, «Ātrēnu» māju apkārtnē būtu rūpīgi jāpārmeklē, piedaloties speciālistiem. Žēl, ka tas nav noticis tūlīt pēc novērotās parādības, jo saprotams, ka pēc vesela gada meklēšana būs nesalīdzināmi grūtāka.

Sis pārpratumš nebūtu noticis, ja par visu notikušo tūlīt būtu ziņots zinātniskajām iestādēm, kas nodarbojas ar astronomiju vai ģeoloģiju.

«Zvaigžņotās debess» lasītāji! Ja Jums gadās novērot kādu neparastu debess parādību, lūdzu ziņojiet par to nekavējoties Zinātņu akadēmijai vai Vissavienības Astronomijas un ģeodēzijas biedrības Latvijas nodaļai (Rīga, Galvenais pasts, p. k. 202). Ar to Jūs izdarīsiet lielu pakalpojumu

---

\* Te jāpaskaidro, ka akmens meteorītu iekšējā struktūrā ir atrodamas ipatnības, kas piemīt vienīgi meteorītiem, bet nekad nav sastopamas Zemes akmeņos. Tā akmens meteorītus iespējams nemaldīgi atšķirt no akmeņiem, kas radušies tepat uz Zemes. Akmens meteorītiem raksturīga ir arī melnā apdeguma kārtā, kas izveidojas, meteorītam ar kosmisku ātrumu iedrāzoties Zemes atmosfērā.

zinātnei. Ir parādības, kuras jāpētī tūlīt, nekavējoties, jo laika gaitā daudz kas izmainās un zūd. Vēlāk šādu parādību patiesā norise nav vairs atšifrējama. It sevišķi tas attiecas uz meteorītu krišanu, tāpat arī uz komētu un novu parādīšanos.

*I. Daube*

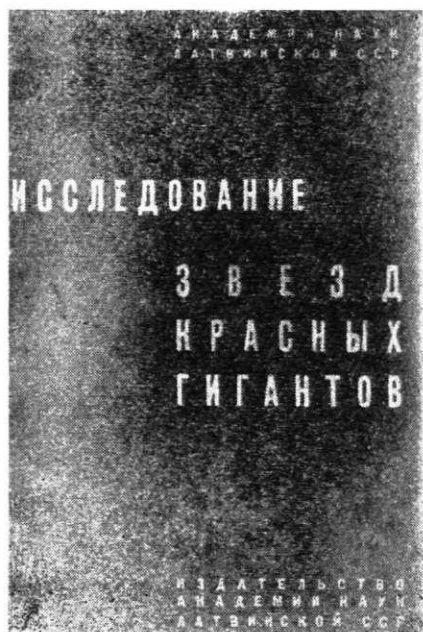


## J AUNAS GRĀMATAS

### SARKANO MILŽU PETIJUMI

ZA Astrofizikas laboratorijas IX rakstu krājums veltīts sarkano milžu sadalījuma pētījumiem. Izmantoti 6978 mainīga spožuma un 10 617 pastāvīga spožuma sarkanie milži. Noteikts skaitliskais sastāvs dažāda mainīga spožuma un dažāda ķīmiskā sastāva zvaigžņu grupām, izpētītas šo zvaigžņu grupu telpiskā izvietojuma īpatnības. Pārbaudītas jau zināmās un noteiktas jaunas statistiskas sakarības starp dažādu īpašību zvaigznēm. Izpētītas ilgperioda maiņzvaigžņu kustības likumības. Rakstu krājuma beigās aprakstīts unikāla radiointerferometra projekts, kas domāts sarkano milžu zvaigžņu sakaru pētījumiem ar starpzvaigžņu vides gāzes makoniem.

*J. Ikauneks*



Исследование звезд — красных гигантов. Труды Астрофизической лаборатории, IX, Изд-во АН Латв. ССР, Рига 1963.

48. att. Grāmatas «Sarkano milžu pētījumi» vāks.



# H RONIKA

## VISSAVIENĪBAS ASTRONOMIJAS UN ĢEODEZIJAS BIEDRĪBAS CENTRĀLĀS PADOMES X PLĒNUMS

1963. gada 19. un 20. decembrī Gorkijā notika Vissavienības Astronomijas un ģeodēzijas biedrības (VAĢB) X plēnumš. Pēdējos gados izveidojusies laba tradīcija — gadskārtējo VAĢB plēnumu sasaukt ik gadus citā pilsētā. Tā delegātiem rodas iespēja iepazīties ar VAĢB dažādu nodaļu darbu. Kā Latvijas nodaļas pārstāvis X plēnumā piedalījās šo rindu autors.

X plēnumš tika sasaukts Gorkijā sakarā ar to, ka turienes VAĢB nodaļa atzīmēja ievērojamu jubileju — 75 gadus kopš Nižņijnovgorodas fizikas un astronomijas amatieru pulciņa nodibināšanas. Pulciņš darbojās ļoti aktīvi, uzcēla savu observatoriju un 1896. gadā sāka izdot krievu astronomisko kalendāru — tagadējā populārā VAĢB Astronomiskā kalendāra priekšteci.

Plēnuma sēdes notika jaunuzceltajās Lobačevska Gorkijas Valsts universitātes telpās. Kā arvien plēnumš sākās ar VAĢB Centrālās padomes prezīdija atskaiti, ko nolasiĶa biedrības prezīdents prof. Dr. D. Martinovs. No atskaites redzams, ka biedrība turpina ik gadus augt. Patlaban tajā ir 43 nodaļas ar 3300 biedriem un 650 jaunatnes sekciju biedriem. Ievērojami paplašinās biedrības zinātniskais darbs sevišķi sakarā ar Starptautiskā mierīgās Saules gada sākumu. Aktivizējusies arī biedrības izdevnieciskā darbība.

Blakus panākumiem VAĢB darbā ir arī trūkumi. Piemēram, ļoti slikti strādājusī Saratovas nodaļa. Dažās nodaļās, tai skaitā arī Gorkijas nodaļā, nemaz nav ģeodēzijas sekciju, lai gan tur ir daudz ģeodēzistu. Arī astronomijas nozarē nav darīts viss, ko

vajadzētu; biedrībai jāorganizē tādi darbi, kas nepieciešami zinātnēi un ir pa spēkam amatieriem, piemēram, sistematiska zvaigžņu pārklāšanu novērošana.

Plēnumš noklausījās arī finansu atskaiti un Centrālās revīzijas komisijas slēdzīenu. Rezultātā plēnumš novērtēja Centrālās padomes darbu 1963. gadā par «pilnīgi apmierinošu».

Gorkijas nodaļas priekšsēdētājs V. Turanskis iepazīstināja plēnuma delegātus un viesus ar nodaļas vēsturi un tagadējo darbību. Šī darbība ir visai plaša un daudzpusīga. Tā ir arī oriģināla — daudziem krievu un padomju astronomijas darbības veidiem savā laikā te ir bijis sākums. Jau minējam, ka Gorkijas VAĢB nodaļa izaugusi no Nižņijnovgorodas fizikas un astronomijas amatieru pulciņa. Tas bija pirmais šāda veida kolektīvs Krievijā, jo Krievijas Astronomiskā biedrība dibināta divus gadus vēlāk. Pulciņš bija plaši pazīstams ar progresīvām tendencēm. Tieši pēc Nižņijnovgorodas pulciņa ieteikuma K. Ciolkovska raksti tika ievietoti Pēterburgas žurnālā «Научное обозрение».

Mūsu gadsimta divdesmitajos gados pulciņš sāka izdot biļetenu «Mainzvaigznes» («Переменные звезды»). Tas ātri ieguva lielu popularitāti un veicināja mainzvaigžņu pētīšanu visā Padomju Savienībā. Tagad tas ir kļuvis par PSRS ZA Astronomiskās padomes izdevumu. Tas ir vienīgais periodiskais izdevums pasaulē, kas veltīts speciāli tikai mainzvaigznēm.

Mūsdienās strādājošā Gorkijas universitātes platuma stacija, kas nosaukta tās dibinātāja, ilggadīgā Gorkijas nodaļas priekšsēdētāja prof. K. Dubrovskā vārdā, ilgu gadus pastāvēja tieši kā Gorkijas VAĢB nodaļas observatorija.



V. Turanska referātam sekoja daudz apsvēkumu sakarā ar nodaļas 75 gadu jubileju.

Plēnumā tika nolasīti arī daži interesanti zinātniski referāti — prof. K. Ogorodņikova referāts par galaktiku klasifikāciju un prof. D. Martinova referāts par dažādām materiālas formām, kas sastopamas Visumā.

Simferopoles nodaļas pārstāvis V. Martiņenko iepazīstināja ar jaunatnes observatorijas celšanu un darbību.

Prof. Dr. B. Voroncovam-Veljaminovam tika pasniegts VAGB Goda biedra diploms.

M. Dirīķis



M. DIRIĶIS

## ASTRONOMISKĀS PARĀDĪBAS 1964. GADA VASARĀ

VASARA

1964. gada vasara sākas 21. jūnijā pl. 11<sup>st</sup>57<sup>m</sup>, beidzas 23. septembrī pl. 3<sup>st</sup>17<sup>m</sup>. Vasaras sākumā, kad Saules deklinācija ir vislielākā, ir arī visgarākās dienas, kā arī vislielākais Saules augstums virs apvāršņa. Tā Rīgā vasaras sākumā Saules augstums pusdienas laikā sasniedz 56°, 1. augustā — 51°, bet vasaras pēdējā dienā — 33°.

### ZVAIGZŅOTĀ DEBESS

Vasaras sākumā nakts ir īsas un samērā gaišas, tāpēc labi var redzēt tikai spožākās zvaigznes. Labi novērošanas apstākļi sākas augustā, kad nakts strauji kļūst garākas un tumšākas.

Debess ziemeļu daļā redzami nenorietošie zvaigznāji — *Lielie Greizie Rati*, *Mazie Greizie Rati* ar *Polārzvaigzni*, *Kasiopeja*, *Cefejs*, *Pūķis* u. c. Gandrīz tieši ziemeļos, zemu pie apvāršņa, gaišajā debess daļā (t. s. krēslas segmentā) saskatāma spoža pirmā lieluma zvaigzne. Tā ir *Kapella* — *Vedēja α*. Netālu no tās atrodami *Perseja* un *Andromedas* zvaigznāji. Uz austrumiem no tiem redzams lielais *Pegaza* kvadrāts.

Vasaras debess dienvidu pusei raksturīgākā figūra ir lielais trijstūris, ko veido 3 spožas zvaigznes — *Vega (Liras α)*, *Denebs (Gulbja α)* un *Altairs (Ērgļa α)*. Vasaras otrajā pusē, kad nakts kļūst jau garākas un tumšākas, labi saredzams Putnu Ceļš, kas ir sevišķi spožs tieši Gulbja un Ērgļa zvaigznāju virzienā, bet vēl spožāks zemāk — *Strēlnieka* zvaigznāja virzienā. Šajā virzienā atrodas Putnu Ceļa sistēmas — Galaktikas centrs.

Pa labi no Liras zvaigznāja atrodas plašais *Herkulesa* zvaigznājs, kurā gan nav sevišķi spožu zvaigžņu. Vēl tālāk atrodami *Ziemeļu Vainags* un *Vēršu Dzinējs*. Vēršu Dzinēja zvaigznājā spožākā zvaigzne ir *Arkturs*, kuru viegli var atrast pēc Lielo Greizo Ratu «ilkss» virziena jeb pēc Lielā Lāča «astes» virziena.

Zemāk par *Herkulesu* atrodas lielais *Čūskneša* un *Čūskas* zvaigznājs, bet vēl zemāk — pie apvāršņa — saskatāmi zodiaka zvaigznāji — *Svari*, *Skorpions*, *Strēlnieks*, *Mežāzis* un *Ūdensvīrs*.

## PLANĒTAS

*Merkurs* nav redzams, izņemot vienīgi vasaras pašas pēdējās dienas, kad to var mazliet saskatīt no rītiem pirms Saules lēkta. Tas atrodas *Lauvas* zvaigznājā.

*Venēra*, kas visu pavasari spoži spīdēja kā vakara zvaigzne, vasaras sākumā nav saskatāma. 19. jūnijā tā atrodas apakšējā konjunktijā — tāpat starp Sauli un Zemi. Tomēr drīz pēc tam — jau jūlijā *Venēra* parādās atkal, bet tagad jau kā rīta zvaigzne — *Auseklis*. Ap 26. jūliju tā sasniedz vislielāko spožumu, bet 29. augustā — vislielāko elongāciju, t. i., vislielāko leņķattālumu no Saules.

*Mars*s vasaras sākumā nav redzams, bet, sākot ar jūlija otro pusi, Marsu var sākt saskatīt no rītiem *Dvīņu*, vēlāk *Vēža* zvaigznājā, netālu no *Venēras*.

*Jupiters* vasaras sākumā saskatāms no rītiem *Auna*, vēlāk — *Vērša* zvaigznājā.

*Saturns* redzams *Ūdensvīra* zvaigznājā; vasaras sākumā tas redzams nakts otrajā pusē, vēlāk — visu nakti. 24. augustā *Saturns* atrodas opozīcijā. Šajā laikā *Saturna* gredzena redzami izmēri ir šādi — lielā ass = 43", mazā ass = 7".

## MĒNESS

*Mēness fāzes:*

☾ (jauns Mēness)

9. jūlijā	pl.	14 <sup>st</sup> 31 <sup>m</sup>
7. augustā	„	22 17
6. septembrī	„	7 34

☽ (pilns Mēness)

25. jūnijā	pl.	4 <sup>st</sup> 08 <sup>m</sup>
24. jūlijā	„	18 58
23. augustā	„	8 25
21. septembrī	„	20 31

☾ (pirmais ceturksnis)

16. jūlijā	pl.	14 <sup>st</sup> 48 <sup>m</sup>
15. augustā	„	6 20
14. septembrī	„	0 24

☾ (pēdējais ceturksnis)

2. jūlijā	pl.	23 <sup>st</sup> 31 <sup>m</sup>
1. augustā	„	6 30
30. augustā	„	12 16
28. septembrī	„	18 02

*Mēness perigejā*  
(vistuvāk Zemei) atrodas:

8. jūlijā	pl. 14 <sup>st</sup>
5. augustā	„ 18
2. septembrī	„ 5
27. septembrī	„ 8

*Mēness apogejā*  
(vistālāk no Zemes) atrodas:

23. jūnijā	pl. 15 <sup>st</sup>
21. jūlijā	„ 0
17. augustā	„ 15
14. septembrī	„ 10

#### APTUMSUMI

*Pilns Mēness aptumsums 25. jūnijā*, kas redzams arī Latvijā, jau aprakstīts «ZVAIGZŅOTAS DEBESS» 1964. gada pavasara izdevumā.

*Daļējs Saules aptumsums 9. jūlijā* redzams tikai Āzijas ziemeļu un ziemeļaustrumu daļā, Ziemeļamerikas ziemeļu daļā, Grenlandes ziemeļu daļā un Ziemeļu Ledus okeānā. Latvijā nav redzams.

#### Algola minimumi

9. augustā	pl. 5 <sup>st</sup> 12 <sup>m</sup>
12. „	„ 2 01
14. „	„ 22 50
17. „	„ 19 39
29. „	„ 6 55

#### MAIŅZVAIGZNES

1. septembrī	pl. 3 <sup>st</sup> 44 <sup>m</sup>
4. „	„ 0 33
6. „	„ 21 22
9. „	„ 18 11
21. „	„ 5 27
24. „	„ 2 16
26. „	„ 23 05
29. „	„ 19 54

#### Ilgperioda maiņzvaigžņu maksimumi

Lauvas R — maksimums 12. jūlijā (maks. spožums ap 5,4); šajā laikā gan Lauvas zvaigznājs nav novērojams.

#### METEORI

*Perseidas* novērojamas no 16. jūlija līdz 20. augustam. Maksimums 11.—12. augustā, kad novērojami līdz 50 meteoriem stundā.

#### SUDRABAINIE MĀKOŅI

Vasaras sākumā un vidū naktīs debesu ziemeļu pusē dažreiz parādās īpatnēji spīdoši mākoņi. Tie ir t. s. sudrabainie mākoņi. Tie atrodas Zemes atmosfērā lielos augstumos — ap 80 km virs Zemes, kamēr pārējie mākoņu veidi gandrīz nekad neatrodas augstāk par 10 km.

## ZVAIGZŅU KARTES

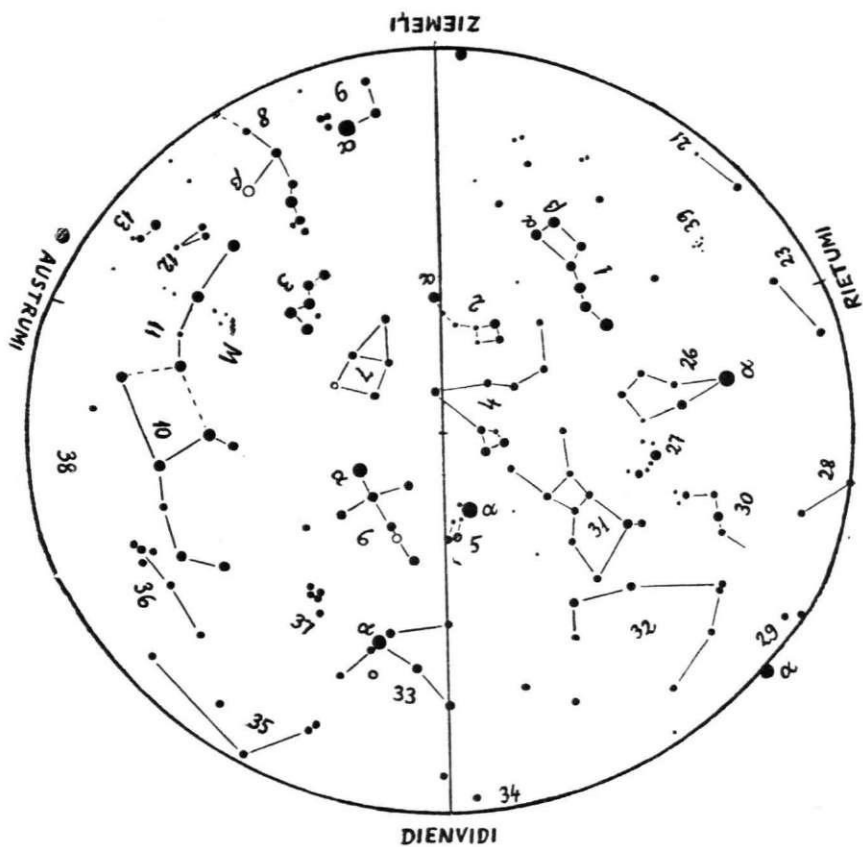
Ievietotā zvaigžņu karte attēlo zvaigžņoto debesi vasarā šādos laikos:

1. jūlijā	pl.	2 <sup>st</sup>
16. „	„	1
1. augustā	„	0
16. „	„	23
1. septembrī	„	22
16. „	„	21

Meklējot zvaigznājus, karte jāpagriež tā, lai debess puse, uz kuru skatāmies dabā, kartē būtu uz leju. Jāatceras arī tas, ka dienviņu zvaigznāji kartē projekcijas dēļ ir stipri izstiepti horizontālajā virzienā.

Kartē attēloti šādi zvaigznāji:

1 — Lielie Greizie Rati, 2 — Mazie Greizie Rati ( $\alpha$  — Polārzvaigzne), 3 — Kasiopeja, 4 — Pūķis, 5 — Lira ( $\alpha$  — Vega), 6 — Gulbis ( $\alpha$  — Denebs), 7 — Cefejs, 8 — Persejs ( $\beta$  — Algols), 9 — Vedējs ( $\alpha$  — Kapella), 10 — Pegazs, 11 — Andromeda ( $M$  — miglājs), 12 — Trijstūris, 13 — Auns, 21 — Lauva, 23 — Jaunava, 26 — Vēršu Dzinējs ( $\alpha$  — Arkturs), 27 — Ziemeļu Vainags, 28 — Svāri, 29 — Skorpions ( $\alpha$  — Antares), 30 — Čūska, 31 — Herkules, 32 — Čūsknesis, 33 — Ērglis ( $\alpha$  — Altairs), 34 — Strēlnieks, 35 — Mežāzis, 36 — Ūdensvīrs, 37 — Delfīns, 38 — Zivis, 39 — Berenikes Mati.



49. att. Zvaigžņu karte.

Zvaigžņotā debess:	1. jūlijā	pl. 2 <sup>st</sup> ,
	16. "	1 ,
	1. augustā	0 ,
	16. "	23 ,
	1. septembrī	22 ,
	16. "	21 .
Zvaigznāju nosaukums sk. 62. lpp.		

## SATURS

	Lpp.	
Zvaigžņu dziļu ķīmija. — <i>U. Dzērvičis</i> . . . . .	1	
Visuma vēstneši. — <i>N. Cimahoviča</i> . . . . .	20	
Kosmiskie neitrino. — <i>B. Pontekorvo</i> . . . . .	24	
<b>Kas jauns astronomijā</b>		
Zvaigžņu radiointerferometrs. — <i>J. Ikaunieks</i> . . . . .	26	
Sarkanos milžus novēro ar stratoskopu. — <i>A. A.</i> . . . . .	27	
Teleskops zvaigžņu uzliesmojumu pētīšanai. — <i>J. Ikaunieks</i> . . . . .	28	
Pavadonis—spiegs «Samos». — <i>A. Kovaļevskis</i> . . . . .	29	
Jauna īsperioda komēta. — <i>A. Alksnis</i> . . . . .	29	
Raķešu degvielu krājumi uz Mēness. — <i>A. Kovaļevskis</i> . . . . .	30	
Vismazākais baltais punduris? — <i>A. A.</i> . . . . .	32	
<b>Observatorijas un astronomi</b>		
Baldone — radioastronomijas centrs. — <i>J. Ikaunieks</i> . . . . .	32	
<b>Astronomijas vēsture</b>		
Par profesora E. Lejnieka zinātnisko darbu. — <i>E. Fogels</i> . . . . .	41	ЗВЕЗДНОЕ НЕБО лето 1964 года На латышском языке
Atmiņas par profesoru E. Lejnieku. — <i>M. Rozenberga (Aumeistere)</i> . . . . .	45	
<b>Amatiera lappuse</b>		
Kas ir radioteleskops? — <i>I. Zilītis</i> . . . . .	48	ZVAIGZNOTĀ DEBESS 1964. gada vasara Vāks — <i>V. Zirdziņa</i> . Redaktors <i>C. Skļēņņiks</i> Tehn. redaktore <i>A. Lemberga</i> Korektore <i>A. Trapša</i> Nodota salikšanai 1964. gada 1. aprīlī. Parakstīta iespiešanai 1964. g. 18. maijā. Papīra formāts 70×32/16. 4 fiz. iespiedl.; 4,68 uzsk. iespiedl.; 4,59 izdevn. l. Metiens 1500 eks. JT 00556. Maksā 14 kap. Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas izdevniecība Rīgā, Smilšu ielā Nr. 1. Iespiesta Latvijas PSR Ministru Padomes Valsts preses komitejas Poligrāfiskās rūpniecības pārvaldes Paraugtipogrāfijā Rīgā, Puškina ielā Nr. 12. Pasūt. Nr. 621 52
Par Bauskas pseidometeorītu. — <i>I. Daube</i> . . . . .	56	
<b>Jaunas grāmatas</b>		
Sarkano milžu pētījumi. — <i>J. Ikaunieks</i> . . . . .	57	
<b>Hronika</b>		
Vissavienības Astronomijas un ģeodēzijas biedrības Centrālās padomes X plēnums. — <i>M. Dīriķis</i> . . . . .	58	
<b>Astronomiskās parādības 1964. gada vasarā.</b> — <i>M. Dīriķis</i> . . . . .	59	
<b>Vāka 1. lappusē:</b> ZA Astrofizikas laboratorijas 550 mm reflektors.		
<b>Vāka 4. lappusē:</b> Birakāna observatorijas Šmidta teleskopa tornis.		

REDAKCIJAS KOLEĢIJA: *A. Alksnis* (atb. redaktora vietn.), *A. Balklavs*, *N. Cimahoviča*, *I. Daube*, *J. Ikaunieks* (atb. redaktors).

Iespieduma kļūdas

Lpp.	Rinda	Iespiests	Jābūt
5.	17. no apakšas	$\text{He}^3 + \text{He}^4 + 2p.$	$\text{He}^3 + \text{He}^3 \rightarrow \text{He}^4 + 2 p.$
56.	19. no augšas	it	ir

Zvaigžņotā debess, 24

LATVIJAS UNIVERSITĀTES BIBLIOTĒKA



0510047073



0,14

