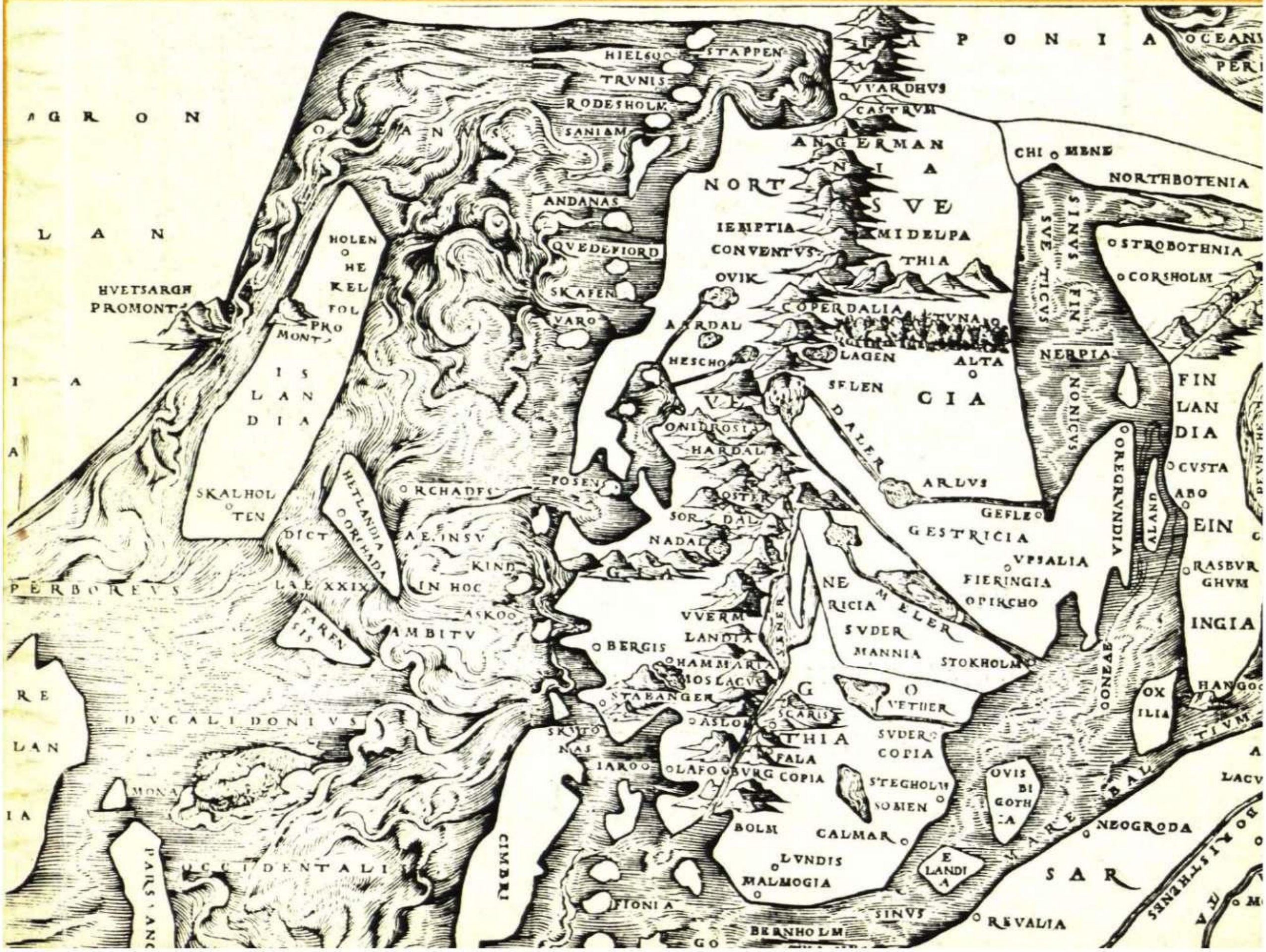
Zvaigžņotā Debess. 1994. gada rudens. 1.—72. ISSN 0135-129-X

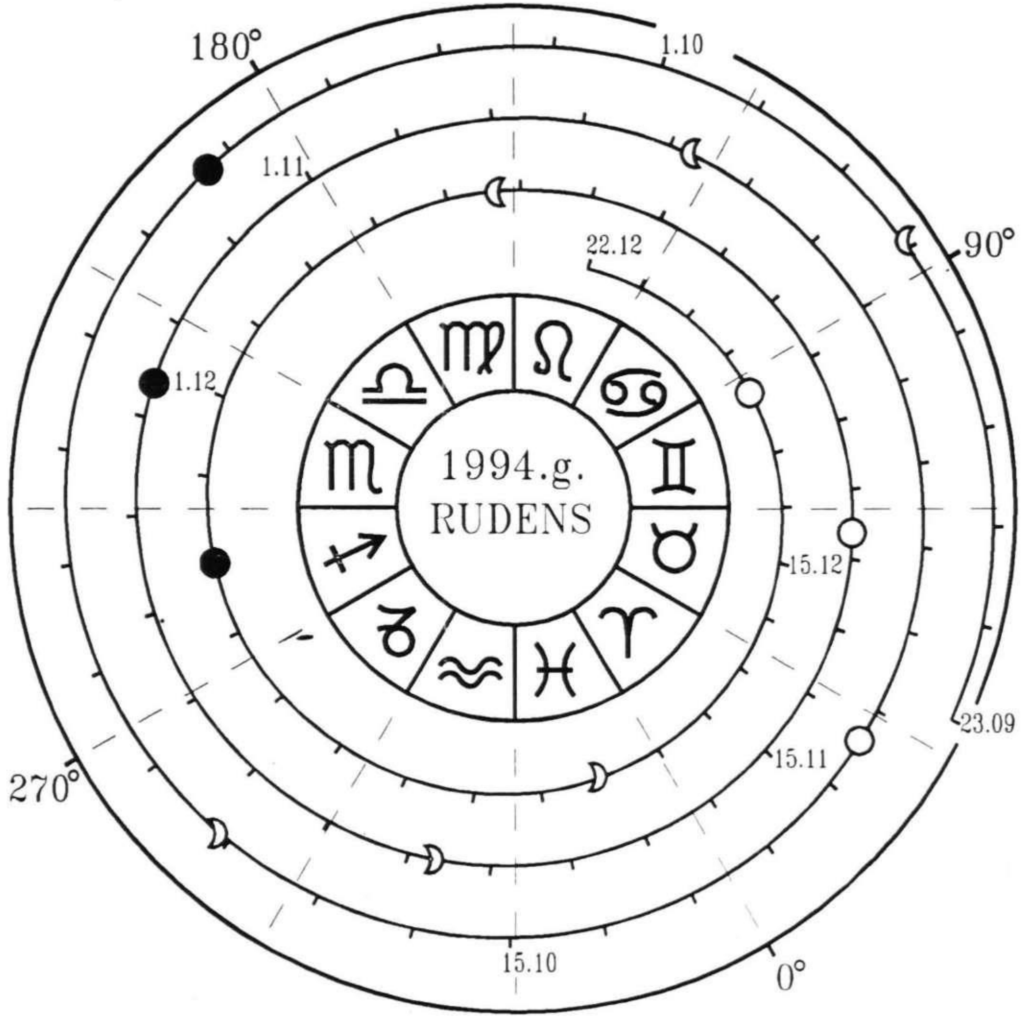
# ZVAIGŽŅOTĀ DEBESS

## 1994 RUDENS

Galaktiku statistika — ceļojums telpā un laikā ● Vai mūsu zvaigžņu sistēma mudž no planētām? ● Pirms 100 gadiem Urāns saņēmis spēcīgu triecienu ● Astronomiskas ievirzes darbiem jau sešas Nobela prēmijas ● Kā Eilers atrisināja uzdevumu par Ķēnigsbergas tiltiem ● Spānijas amatieri meklē kontaktus ar interesentiem Latvijā ● Vēlreiz par lodveida zibeni



# MĒNESS KUSTĪBA ZODIAKA ZĪMĒS




Mēness kustības treka iedaļa ir viena diennakts.

Vāku 1. lpp.: Ziemeļeiropa kokgriezumā (sk. 10. lpp.)

Vāku 4. lpp.: Galaktiku grupa Jaunavas zvaigznājā. Fotografēts ar ZA Radioastrofizikas observatorijas Šmita teleskopu Baldones Riekstukalnā. (Sk. A. Balklava rakstu «Galaktiku statistika un kosmoloģija» 2. lpp.)

# ZVAIGŽŅOTĀ DEBESS

LATVIJAS
ZINĀTŅU AKADĒMIJAS
RADIOASTROFIZIKAS
OBSERVATORIJAS
POPULĀRZINĀTNISKS
GADALAIKU IZDEVUMS

IZNĀK KOPŠ 1958. GADA RUDENS
ČETRAS REIZES GADĀ

**1994. GADA RUDENS (145)**







**Tālrunis 226796**



**RĪGA «ZINĀTNE» 1994**




SATURS

# ZINĀTNES RITUMS

## GALAKTIKU STATISTIKA UN KOSMOLOĢIJA

### DĪVAINĪBA VAI METODE?

Statistiku jeb kādu objektu skaita meklēšanu (skaitīšanu) kā ļoti spēcīgu un informatīvu pētīšanas metodi lieto daudzās zinātnes un praktiskās dzīves jomās. Izņēmums nav arī astronomija, kur zvaigžņu skaitīšana bija viens no pirmajiem nakts debesu iepazīšanas līdzekļiem, kas ļāva atbildēt uz jautājumu, cik daudz redzamas ļoti spožas, mazāk spožas un pavisam vājas, ar acīm tikko saskatāmas zvaigznes. Un, lai gan ar teleskopu ieviešanu astronomiskajos novērojumos šiem pirmatnējiem statistikas datiem, kuri drīzāk atklāj mūsu redzesspējas robežas nekā objektīvas kosmosa uzbūves likumsakarības, atlikusi vairs tikai vēsturiska nozīme, tomēr arī mūsdienu astronomiskajos pētījumos statistika kā metode tiek plaši lietota. Taču šiem pētījumiem, protams, nav nekāda sakara ar tiem diemžēl vēl joprojām sastopamajiem primitīvajiem priekšstatiem (kurus, starp citu, bieži vien pauž citādi šķietami visai labu izglītību guvušas personas) par astronomiem kā dīvainiem zvaigžņu skaitītājiem, kuri it kā nedarot neko citu kā tikai sēžot naktīs pie teleskopiem un meklējot jaunas zvaigznes, lai tās nosauktu savā vai kāda cita vārdā un pieskaitītu jau tāpat milzīgajam līdz tam saskaitīto zvaigžņu pulkam. Vārdu sakot, nodarbojas ar visai nenopietnām lietām un lieki tērē valsts naudu.

### ZVAIGŽŅU SKAITĪŠANA ĻAUJ IZPRAST ZVAIGŽŅU EVOLŪCIJU

Zvaigžņu astronomijā statistikas dati par tā vai cita zvaigžņu tipa skaitu kādā galaktikas struktūras veidojumā (kopā, spirāles zarā u. c.) vai visā galaktikā ļauj atklāt zvaigžņu rašanās un attīstības likumsakarības. Piemēram, kāda zvaigžņu tipa mazā izplatība (mazais skaits) var norādīt ne tikai uz to, ka šāda tipa zvaigznes izveidojas maz, bet arī, ka zvaigznes šajā evolūcijas stadijā pavada ļoti īsu laikspridi un tādēļ ir maz sastopamas daudz ilgstošākās attīstības stadijās atrodošos zvaigžņu lielajā masā. Zvaigžņu statistika, par spīti savai šķietamajai vienkāršībai, arī mūsdienās ir neatņemama un bieži lietota astronomisko pētījumu metode.

### GALAKTIKU STATISTIKA — JAUTĀJUMI UN ATBILDES

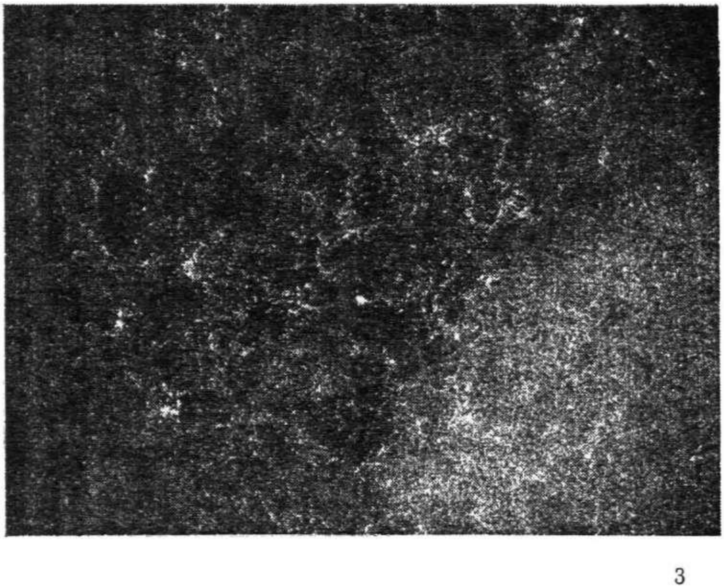
Līdzīgi ir arī ar galaktiku statistiku, kas dod daudzveidīgu materiālu ne tikai astrofizikālu, bet arī kosmoloģisku problēmu risināšanai. Tā, piemēram, kopējais galaktiku skaits novērojumiem pieejamajā Visuma daļā — Metagalaktikā — ļauj novērtēt tādu būtisku kosmoloģisku parametru kā Metagalaktikas matērijas vidējo blīvumu; dažādu galaktiku tipu skaits, līdzīgi kā zvaigžņu astronomijas gadījumā, ļauj izdarīt secinājumus par to rašanos un evolūciju; galaktiku sadalījums (galaktiku skaits saistībā ar kādu parametru vai kādā noteiktā virzienā, kosmiskās telpas apjomā utt.) ļauj spriest gan par fizikāliem procesiem attiecīgajās galaktikās, gan par Metagalaktikas uzbūves (struktūras) īpatnībām lielos telpas mērogos u. t. jpr. Un, lai gan galaktiku statistika, līdzīgi kā zvaigžņu statistika, nebūt nesniedz atbildes uz visiem interesējošiem jautājumiem, problēmu loks, ko ar tās palīdzību var risināt, ir pietiekami plašs un nozīmīgs, lai tā ieņemtu līdzvērtīgu vietu moderno astronomisko pētījumu metožu arsenālā

## GALAKTIKU STATISTIKA AGRĀK UN TAGAD

Sevišķu uzplaukumu galaktiku statistika ir piedzīvojusi pēdējos gadu desmitos, kad ierindā stājās tā sauktie jauno tehnoloģiju astronomiskie instrumenti un ierīces — lielie optiskie teleskopi (to skaitā lielizmēra Šmita kameras), automatizētie astroplašu mērītāji, lādiņsaites matricu gaismas uztvērēji utt., kas pavēra iespējas reģistrēt un saskaitīt ļoti vājus kosmiskos objektus, tostarp ļoti daudzas galaktikas, kuras no kosmoloģiskā viedokļa izraisa vislielāko interesi. Var teikt, ka šī jaunā tehnika ir pavērusi ieskatam līdz šim nepieejamus Metagalaktikas apgabalus un līdz ar to visagrīnākās šā grandiozā veidojuma attīstības stadijas.

Lai ilustrētu milzīgo progresu, kāds gūts galaktiku novērojumos un to statistikā, der atcerēties, ka 18. un 19. gadsimtā lielākie teleskopi palīdzējuši tādiem ievērojamiem sava laika astronomiem kā Viljams un Džons Heršeli (William and John Herschel) atklāt ap 1000 galaktiku jeb miglāju, kā toreiz teica. Pirmo miglāju un zvaigžņu kopu katalogu, kurā bija ietilpināti tikai daži desmiti galaktiku, 1784. gadā publicēja franču astronoms Š. Mesjē. Pazīstamā mums tuvākā spirāliskā galaktika — Andromedas miglājs — šajā katalogā bija ierakstīta ar kārtas numuru 31 un apzīmēta ar M 31. Spožākās Heršelu atklātās galaktikas Dž. Dreiers (John Dreyer) sakopoja vēlāk plaši pazīstamajā katalogā NGC (New General Catalogue of Nebulae and Clusters), kurš nāca klajā 1888. gadā. Kopā ar diviem papildinājumiem (IC I un IC II) tas aptvēra jau 13 226 objektus (Andromedas miglājs tajā ierakstīts ar apzīmējumu NGC 224). Šajos katalogos apkopotie dati tomēr nedeva ne mazākās iespējas izdarīt kādus secinājumus par galaktiku sadalījumu vai evolūciju.

1930. gadā ļoti nozīmīgus novērojumus



*1. att.* Šis ziemeļu puslodes debesu apgabala uzņēmums ietver ap vienu miljonu galaktiku. Labi iezīmējas galaktiku sadalījuma šūnveida struktūra. Uzņēmuma centrā kā spožu punktu grupa redzama galaktiku kopa Berenīkes Matu zvaigznājā.

veica slavenais galaktiku pētnieks sarkanās nobīdes likuma atklājējs E. Habls. Izmantojot Vilsona kalna observatorijas Hukera (Hooker) 2,5 m teleskopu, viņš atklāja ļoti daudz jaunu vāju galaktiku līdz apmēram 20. vizuālajam lielumam ($20^m$). Taču arī viņam neizdevās atšifrēt to informāciju, ko slēpa viņa «saskaitīto» galaktiku masīvs. Kā tagad saprotam, traucēja kosmiskās telpas liekums, par kuru E. Habls neiedomājās, bet kuru viņš būtu varējis atklāt uz paša iegūto statistisko materiālu bāzes.

Galaktiku skaits, kā viegli saprast, strauji pieaug līdz ar to redzamā spožuma samazināšanos (vizuālā lieluma palielināšanos); tas nozīmē, ka kļūst redzamas arvien tālākas un vājākas galaktikas. Spožākas par $12^m$ ir tikai ap 250 galaktiku, spožākas par $15^m$ — jau ap 50 000, bet ar modernajiem teleskopiem novērojamo galaktiku skaits izsakāms daudzos miljardos (1. att.).

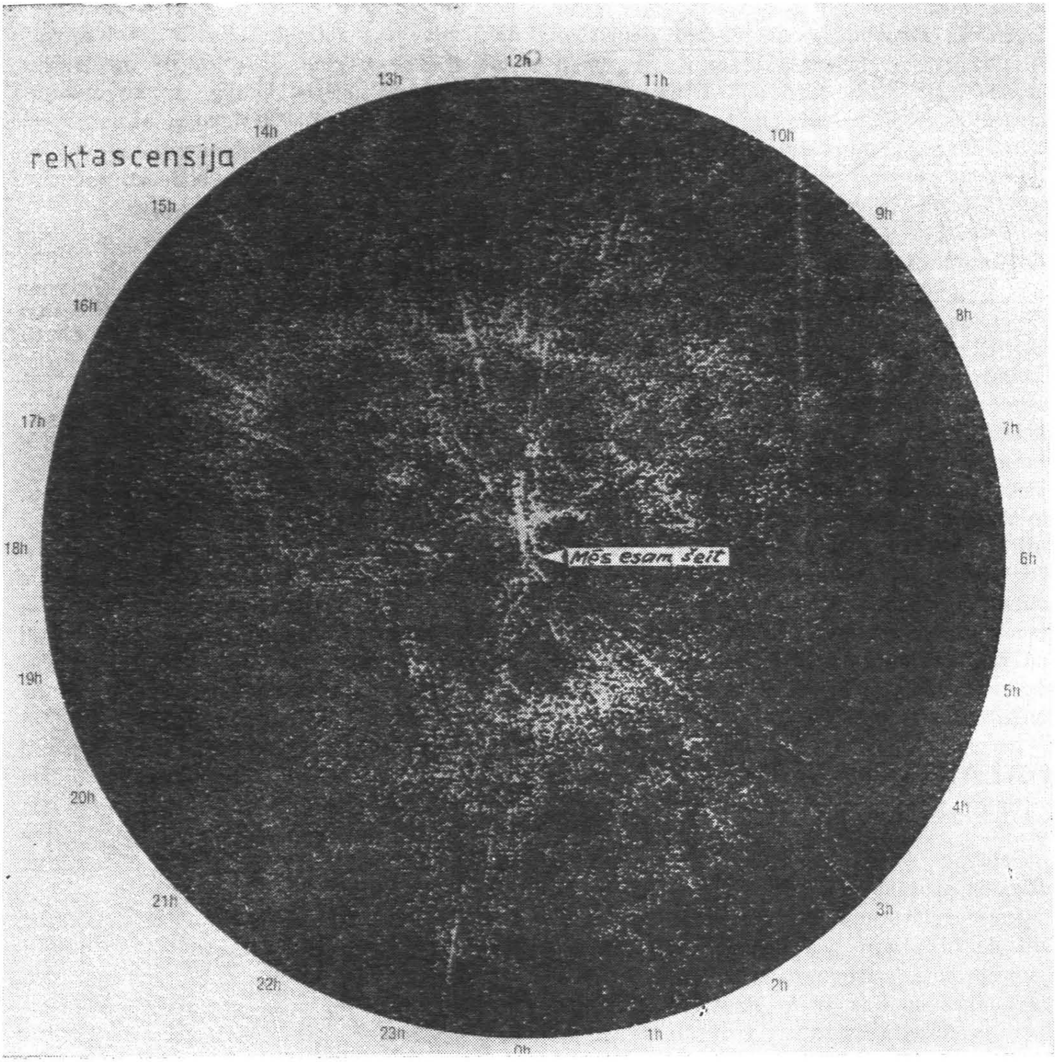
Jaunu impulsu galaktiku statistikas attīstībai 70. gados deva amerikāņu astronome B. Tinsleja (Beatrice Tinslay) no Teksasas Universitātes, kuras pētījumi parādīja, kā interpretēt šajā statistikā slēptos kosmoloģiskos efektus. Jāpiebilst, ka vienlaikus ekspluatācijā tika nodoti vairāki jau nodaļas sākumā pieminētie liela diametra teleskopi un plaša redzeslauka Šmita kameras, kas krietni uzlaboja vājo galaktiku novērošanas iespējas, attiecīgi — līdz $22^m$ ar Šmita teleskopiem un līdz $24^m$ ar 4 m klases teleskopiem. Ļoti liels atspaids šajos darbietilpīgajos pētījumos bija arī automatizētās, skaitļojamo mašīnu vadītās astroplašu mērāmās ierīces, tādas kā, piemēram, APM Kembridžas Universitātē (Anglija) un COSMOS Edinburgas Karaliskajā observatorijā (Skotija), kuras dažu stundu laikā spēja izmērīt (noteikt spožumu un koordinātas pie debess sfēras) simtiem tūkstošiem objektu.

## PIRMIE REZULTĀTI — TUVĀKO GALAKTIKU SADALĪJUMS UN KARTE

Šīs jaunās iespējas ir ļāvušas iegūt ļoti interesantus rezultātus ne tikai par galaktiku skaitu, bet arī par to sadalījumiem. Viens no tiem ir redzams 2. attēlā. Tā ir jauna galaktiku karte, ko sastādījuši amerikāņu astronomi Dž. Hačra, M. Gellere un R. Mācke (John Huchra, Margaret Geller, Ron Marzke) no Hārvarda—Smitsona Astrofizikas centra. Šajā kartē ir redzams vairāk nekā 14 000 spožāko galaktiku, kuras izvietojušās ap mūsu Galaktiku kā centru un atrodas ne tālāk par 500 miljoniem gaismas gadu (ly) attālumā no Zemes. Ja atceramies, ka tālākās galaktikas un kvazāri, kuri, pēc mūsdienu priekšstatiem, ir galaktiku sevišķi augstas aktivitātes stadijas, ir saskatāmi vairāk nekā 10 miljardu ly attālumā no Zemes, tad saprotam, ka tā sauktais novērošanas horizonts atrodas ap 20 reižu tālāk par kartē atzīmēto ārējo robežu. Tuvākās galaktikas — Lielais un Mazais Magelāna mākonis un Andromedas miglājs — atrodas attiecīgi 169 520, 231 460 un 2 249 400 ly attālumā no mums.

Lai gan 2. attēlā redzamā karte ir plakana, tā nav jāuztver kā tikai skata virzienā un 360° apkārtskatā redzamo galaktiku attēlojums. Faktiski šajā plaknē ir projicētas visas galaktikas, kas atrodas telpas ķīlī, kura virsotnes leņķis (atvērums jeb biezums) ir 36° (3. att.). Šī projicēšanās tad arī ir galvenais cēlonis, kāpēc plakanajā kartē parādās lineāri, uz Zemi vērsti galaktiku grupējumi, tā sauktie Dieva pirksti, kuri patiesībā nav reāli, t. i., kuri dabā šādā veidā neeksistē.

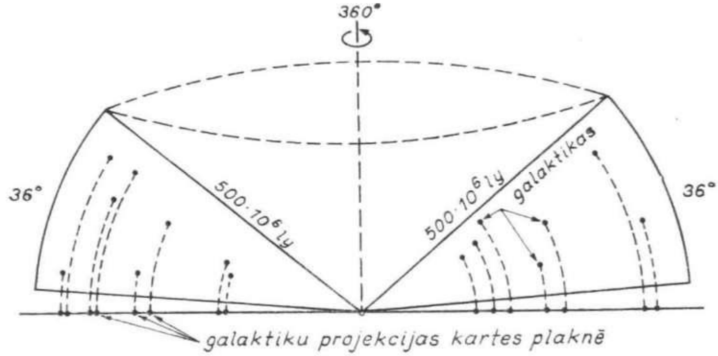
Šim projicēšanās efektam klājas virsū arī tas, ka galaktikas kartē pēc attāluma novietotas, balstoties uz sarkanās nobīdes lielumu attiecīgās galaktikas spektrā, kas, kā zināms no Habla likuma, ir proporcionāls attālumam līdz kosmiskajam objektam. Bet, tā kā galaktiku kopās ietilpstošās galaktikas parasti rotē ap kopas smaguma centru, tad Doplera efekta dēļ (to izraisa šāda rotācijas kustība, ja tā attiecībā pret novērotāju uz Zemes ir atbilstoši orientēta, t. i., tai jābūt vērstai Zemes virzienā vai projām no tās) kopas galaktikas pēc attāluma, kurš, kā jau minēts, noteikts, balstoties uz sarkanās nobīdes mērījumiem un Habla likumu, tiek «izsmērētas» pa šādiem radiāliem spieķiem, lai gan tās, ņemot vērā kopas lielo attālumu, atrodas apmēram vienādā attālumā no Zemes.




2. *att.* Galaktiku karte, kas parāda ap 14 000 spožāko, ne tālāk par 500 miljoniem ly no Zemes esošo galaktiku sadalījumu pie debess sfēras.

Taču daudzi no 2. attēlā redzamajiem veidojumiem un grupējumiem ir reāli. Piemēram, daudzie tukšumi atspoguļo patieso Metagalaktikas ziepju putām līdzīgo struktūru, kuras izcelsmes izskaidrošana ir viena no vēl neatrisinātajām mūsdienu kosmoloģijas problēmām. Reāls ir arī kartes augšdaļā redzamais tuvais galaktiku sablīvējums — ar galaktikām bagātā kopa Jaunavas zvaigznājā un tālākais plašais starp 9. un 16. stundas leņķi iezīmētais galaktiku grupējums, kas pazīstams ar nosaukumu Lielā Siena.* Bet divi

* Sk.: *Alksne Z.* Jaunākais par Visuma vislielākajām struktūrām un to sakārtojumu // Zvaigžņotā Debess. — 1991. gada rudens. — 7.—10. lpp.




*3. att.* 2. attēlā redzamo galaktiku projicēšanās shēma kartes plaknē.

lielie tukšumi $6^h$ un $19^h$ virzienā nozīmē, ka tur izvietojušies mūsu Galaktikas spirāļu zari, kas, bloķējot tālo galaktiku starojumu, rada to deficīta ilūziju šajos skata apgabalos.

Pēc mūsu rīcībā esošās informācijas, Dž. Hačra, M. Gellere un R. Mācke pašlaik strādā pie līdzīgas kartes, kurā būtu ietvertas visas galaktikas, kas spožākas par $15^m$, un cer, ka jau līdz 1995. gadam viņiem izdosies sastādīt to kartes daļu, kas aptver ziemeļu puslodes debesis.

## GALAKTIKU STATISTIKA — CEĻOJUMS TELPĀ UN LAIKĀ

Galaktiku statistiskie pētījumi balstās uz tuvāko un spožāko galaktiku novērojumos iegūtajiem rezultātiem. Tie rāda, ka galaktikas ir ļoti dažādas gan pēc lieluma, gan formas, gan absolūtā spožuma. Jāņem vērā arī tas, ka tālākas un līdz ar to vizuāli vājākas galaktikas reizē kļūst arī arvien jaunākas, jo, iesniedzoties arvien dziļāk kosmiskajā telpā, mēs ceļojam atpakaļ laikā.

Galvenais secinājums, ko dod šādi ceļojumi ar arvien lielāku iedziļināšanos telpā un laikā, ir tas, ka galaktikas un kosmiskā matērija vispār liela mēroga kosmiskās telpas apjomos ir izkliedēta ļoti vienmērīgi jeb, kā saka, homogēni un izotropi. Kosmiskās matērijas blīvums ir tuvs kritiskajam un telpas liekums ir ļoti niecīgs, t. i., šī telpa ir gandrīz plakana un tuvināma Eiklīda telpai, tādēļ tās aprakstam un mērīšanai ar ļoti lielu precizitāti var lietot mums pazīstamos šīs ģeometrijas likumus, it sevišķi tad, kad aplūkojam kosmoloģiski ne pārāk lielus kosmiskās telpas apjomus. Un var teikt, ka tieši šajā g a n d r ī z arī ir ietverta kosmoloģisko pētījumu grūtību un sarežģītības būtība. Kosmiskās telpas liekums, ja tāds pastāv, t. i., ja šī telpa tomēr nav plakana, kas, starp citu, arī nav izslēgts, ir ļoti mazs, un to ir cerības konstatēt, tikai aplūkojot ļoti lielus šīs telpas apjomus. Tas arī izskaidro, kāpēc šo kosmoloģisko īpašību vai efektu atklāšanai ir nepieciešams analizēt ļoti tālu kosmisko objektu izkliedes un sadalījuma īpatnības, pieņemot, ka šī telpa un tātad tās īpašības ietekmē kosmiskās matērijas objektu sadalījumu un otrādi, kā to postulē vispārīgā relativitātes teorija.

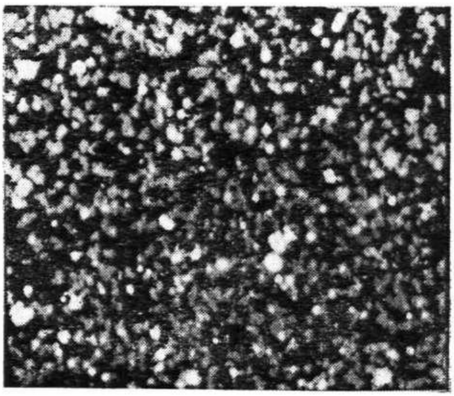
Tas nozīmē, ka kosmoloģiskajiem efektiem ir jāparādās tajās statistikās, kas balstās uz ļoti tālu (un vāju) galaktiku novērojumiem. Taču tieši šajā apstāklī arī sakņojas galvenās grūtības un galaktiku skaita interpretācijas neskaidrības. Proti, kā atšķirt galaktiku skaita izmaiņas, kuras saistītas ar evolucionārajiem procesiem un efektiem, piemēram, galaktiku spožuma maiņa laika gaitā (galaktiku novecošanās, galaktiku sadursmes, kas var izraisīt to saplūšanu, sabrukšanu utt.), no galaktiku skaita izmaiņām, kas saistītas ar t. s. kosmoloģiskajiem efektiem, kuru cēlonis ir atšķirības telpas liekumā (lai arī ļoti nelielas) un līdz ar to atšķirības telpas tilpuma aplēsēs slēgta, vaļēja un plakana Visuma kosmoloģiskā modeļa gadījumos.

Mazākos kosmiskās telpas apjomos, protams, var pastāvēt nelieli matērijas sablīvējumi un retinājumi, ko arī reāli novēro un kas labi redzami gan 1., gan 2. attēlā. Turklāt, aplūkotās telpas tilpumiem samazinoties, novirzes no vidējā blīvuma var sasniegt ļoti lielas vērtības (sk. tabulu).

Kosmisko objektu blīvums

| Kosmiskais objekts | vidējais blīvums, g/cm$^3$ |
|---|---|
| Neitronu zvaigznes | $10^{14}$ |
| Baltie punduri | $10^6$ |
| Saule | 1,4 |
| Pārmilži (sarkanie) | $5\cdot10^{-8}$ |
| Galaktikas | $2\cdot10^{-24}$ |
| Starpzvaigžņu matērija | $3\cdot10^{-25}$ |
| Galaktiku kopas | $7\cdot10^{-28}$ |
| Metagalaktika (aptuvens novērtējums) | $7\cdot10^{-30}$ |

Bet, kā jau minēts, jo lielākus telpas apjomus aptveram, jo novirzes no vidējā blīvuma, no vienmērīga un izotropa matērijas sadalījuma kļūst arvien mazākas, t. i., nehomogenitātes samazinās. To labi apstiprina 4. attēla redzamais debess sfēras apgabala astrouzņēmums, ko Ķitpīkas Nacionālajā observatorijā ieguvis amerikāņu astronoms A. Taisons (Antony Tyson) no Bella laboratorijas, kā gaismas uztvērēju izmantojot lādiņsaites matricu. Līdzīgus novērojumus veikuši arī angļu astronomi N. Metkāfs, T. Šenkss un D. Fongs (Nigel Metcalf, Tom Shanks, Dick Fong) no Daremas (Durham) universitātes, izmantojot Ņūtona teleskopu Lapalmā (Čīle).



*4. att.* Angļu astronoma A. Taisona iegūtais apmēram 27—28$^m$ lieluma galaktiku attēls. Attēla izmēri ir 3,5×5,5 loka minūtes pie debess sfēras. Attēls ir sintētisks, veidots no apmēram 50 atsevišķiem uzņēmumiem, kuri iegūti ap trīs gadu ilgā laikposmā un kuru kopējais ekspozīcijas ilgums ir apmēram 24 stundas. Attēlā saskatāms ap 3000 spīdekļu, galvenokārt galaktikas. Līdzīgā veidā iegūtā vienu kvadrātgrādu lielā debess sfēras uzņēmumā būtu ap 0,5 miljoniem galaktiku attēlu.

4. attēlā redzamā fotogrāfija, kura aptver debess sfēras apgabalu ar izmēriem 3,5×5,5 loka minūtes, ir sintētiska. Tā iegūta, summējot daudzās naktīs (ap 50) uzņemtos attēlus, kuru kopējais ekspozīcijas laiks ir apmēram 24 stundas (šie 50 attēli uzņemti apmēram trīs gadu ilgā laikposmā). Tas ļāvis fiksēt ap 27—28$^m$ lieluma spīdekļus, no kuriem lielākā daļa ir tālas galaktikas. Kosmiskās telpas izotropums ļauj paredzēt, ka gandrīz identiskas fotogrāfijas iegūsim neatkarīgi no tā, kurā telpas leņķa virzienā šādi uzņēmumi tiktu izdarīti.

## GALAKTIKU SKAITS UN KOSMOLOĢISKIE MODEĻI

Tā kā gaismas avota izstarotā enerģija samazinās apgriezti proporcionāli attāluma kvadrātam, tad nav grūti saprast, ka galaktika, ja tā atradīsies divreiz tuvāk, būs četras reizes spožāka un otrādi. Taču, ņemot vērā, ka kosmiskajiem objektiem, it sevišķi jau tāliem un vājiem, ir grūti noteikt attālumus, galaktikas daudz ērtāk ir skaitīt un grupēt nevis pēc to attālumiem, bet redzamajiem lielumiem, t. i., saskaitot attiecīgajā virzienā vai telpas leņķī (uz kvadrātminūti, kvadrātgrādu utt.) saskatāmās galaktikas, kuru vizuālais lielums ir $m$. Skaidrs, ka, šādā veidā grupējot galaktikas, mēs tās netieši sadalām arī pa attālumiem, bet tikai netieši, jo sakarībā, kas saista attālumu līdz kosmiskajam objektam $r$ ar tā vizuālo lielumu $m$, proti, $M=m+5-\lg r$, ietilpst viens nezināms un praktiski grūti nosakāms lielums — spīdekļa absolūtais spožums jeb absolūtais lielums $M$. Lai šā ļoti svarīgā, bet, kā jau iepriekš teikts, parasti nezināmā lieluma iespaidu novērstu, pētnieki konstruē dažādus modeļus, kuriem, balstoties uz noteiktiem pieņēmumiem, aprēķina galaktiku sadalījumus, un tad salīdzina šos aprēķinātos sadalījumus ar tiem, kādi izriet no reālajiem novērojumiem.

Visvienkāršākais šāds modelis ir plakana jeb Eiklīda telpa, t. i., telpa, kurā īstenojas Eiklīda ģeometrijas likumi un kurā vienmērīgi izkliedētas galaktikas ar vienādu spožumu. Veicot aprēķinus šādam modelim, nonākam pie secinājuma, ka galaktiku skaitam, ja to vizuālais lielums palielinās par vienu vienību, ir jāpalielinās četras reizes. Piemēram, ja esam saskaitījuši 100 galaktikas ar lielumu $m$, tad ir jābūt 400 galaktikām ar lielumu $m+1$.* Detalizēta analīze rāda, ka šī pati likumsakarība ir spēkā arī tad, kad visām galaktikām nav vienāds absolūtais spožums.

Vēlreiz jāuzsver, ka secinājums par galaktiku skaita četrkāršošanos, to redzamajam lielumam pieaugot par vienu vienību, ir spēkā tikai Eiklīda telpas gadījumā ar vienmērīgi izkliedētu matēriju. Neeiklīda telpā šī sakarība nepastāv. Aprēķini rāda, ka vaļējas telpas (t. i., ja Metagalaktika ir atvērta) gadījumā šim skaitam ir jāpieaug ātrāk, bet slēgtas telpas gadījumā — lēnāk nekā četras reizes. Tieši uz šiem apsvērumiem tad arī balstās astronomu cerības atrisināt kosmoloģijas pamatjautājumu par to, kādā pasaulē (slēgtā, vaļējā vai pat plakanā) mēs dzīvojam.

* Šis secinājums izriet no šāda vienkārša aprēķina: ja spīdeklis ar absolūto lielumu $M$ un redzamo lielumu $m_1$ atrodas attālumā $r_1$, tad attālums $r_2$, kurā tā redzamais lielums būs $m_1+1$, būs $r_2=(10)^{1/5}\cdot r_1=1{,}585\ r_1$. Tas seko no tā, ka $M=m_1+5-\lg r_1$ un $M=(m_1+1)+5-\lg r_2$. Un, ja spīdekļi telpā (Eiklīda telpā) ir izkliedēti vienmērīgi (spīdekļu īpatnējais blīvums jeb to skaits vienā kubikvienībā, piemēram, 1 $ps^3$, ir $n$), tad lodē ar rādiusu $r$ to skaits būs $N=4\pi n r^3/3$. Spīdekļu, kas ietilpst lodēs ar rādiusiem $r_1$ un $r_2$, skaita attiecība tādā gadījumā būs $N_1/N_2=r_1^3/r_2^3$, un, ja $r_2=1{,}585\,r_1$, tad $N_2=3{,}98\,N_1\sim 4\,N_1$, t. i., Eiklīda ģeometrijas un identisku spīdekļu vienmērīga sadalījuma gadījumā, spīdekļu redzamajam lielumam palielinoties par vienu vienību, to skaitam jāpalielinās četras reizes.

## VAI VARAM APGALVOT, KA VISUMS IR SLĒGTS?

Līdzšinējie novērojumi un analīzes, kas aptvēra galaktikas līdz $24^m$, rāda, ka galaktiku skaits, to spožumam samazinoties par vienu vienību, t. i., lielumam $m$ pieaugot par 1, pieaug mazāk nekā četras reizes. Tas tikai trīskāršojas. Taču no šā rezultāta tomēr nevar viennozīmīgi secināt, ka Visums ir slēgts, jo vispusīga analīze liecina, ka šo galaktiku skaitu var ietekmēt ar galaktiku evolūciju saistītie efekti. Turklāt atšķirības galaktiku skaitā dažādu telpas liekumu gadījumā ir mazas, jo visai mazs (ļoti maz atšķirīgs no nulles, tuvs nullei) ir reālais telpas liekums, toties evolucionāro efektu izraisītas atšķirības, piemēram, galaktikas spožuma izmaiņas ar laiku (un attālumu), var būt ievērojamas.

Evolucionārie efekti galaktikām var izpausties divējādi. Pirmkārt, kā galaktiku spožuma samazināšanās laika gaitā: galaktikas zvaigžņu pamatpopulācija (pirmās paaudzes zvaigznes) noveco un mūža beigās savu starjaudu samazina. Otrkārt, kā izmaiņas jaunu zvaigžņu dzimšanas ātrumā: parasti šis ātrums laika gaitā samazinās, jo ar katru jaunu zvaigžņu paaudzi tiek izsmelti tie starpzvaigžņu gāzu un putekļu krājumi, no kuriem šīs jaunās zvaigznes veidojas. Taču šo evolucionāro izmaiņu nošķiršana no telpas liekuma radītajām izmaiņām ir aktuāls, lai gan grūts un sarežģīts, mūsdienu kosmoloģijas uzdevums.

Grūtības saistītas ar to, ka iedziļināšanās telpas un laika dzīlēs rada daudz neskaidru jautājumu, kuru atrisināšana korektā zinātniskā līmenī nav iespējama, vienkārši ekstrapolējot rezultātus, kādi iegūti tuvāko un labāk izpētāmo kosmiskās telpas apgabalu novērojumos. Piemēram, Metagalaktikas izplešanās un ar to sastītā sarkanā nobīde tālo kosmisko objektu spektros rada problēmas ar galaktiku spožuma novērtējumiem. Tuvākajām galaktikām šo spožumu novērtē pēc to starojuma intensitātes zilajā spektra daļā, bet tālām galaktikām šis diapazons ir novirzīts uz zaļo vai dzelteno spektra daļu, vēl tālākām — uz sarkano vai pat infrasarkano. Tālo galaktiku ultravioletais starojums novērotājam uz Zemes redzams zilajā spektra rajonā. Tas prasa papildu aprēķinus un korekciju, tādēļ ka nav īsti zināms, kā ar laiku mainās galaktiku integrāla starojuma spektrālais sastāvs.

Neskaidrības ir saistītas arī ar galaktiku spožumu. Skaidrs, ka spožās galaktikas ir redzamas labāk, saskatāmas tālāk. Tas nozīmē, ka kosmoloģiskais jeb attāluma faktors vairāk ietekmē spožās galaktikas un dažāda spožuma galaktiku skaits ar attālumu izmainās dažādi. Tādējādi atšķirībā no iepriekšaplūkotā vienkāršotās Eiklīda telpas gadījuma, kad pieņēmām, ka visām galaktikām ir vienāds spožums, dažāda spožuma galaktiku gadījumā ar vienkāršu summēšanu vien kopējo galaktiku skaitu nevar atrast. Ir jāzina spožo galaktiku skaits salīdzinājumā ar vājāko un pavisam vājo galaktiku skaitu, t. i., galaktiku sadalījums pa spožumiem jeb tā sauktā spožuma funkcija. Un jāzina arī, kā šī funkcija mainās ar laiku.

Ja lielākā daļa galaktiku ir vāja, tad kosmoloģiskais faktors atstāj mazu ietekmi, bet, ja lielākā daļa ir spoža un redzama lielos attālumos, tad kosmoloģiskais faktors, telpas liekums kopējo galaktiku skaitu var izmainīt visai būtiski.

Jau minētie A. Taisona u. c. novērojumi parādīja, ka pastāv diezgan nozīmīga nesaskaņa starp reāli novēroto galaktiku skaitu, kas trīskāršojas līdz ar vizuālā lieluma *m* palielināšanos, un šķietami visai labi izstrādātu neevolucionāru modeļu aprēķiniem, kuros bija iekonstruēti kosmoloģiskie efekti un kuri paredzēja lēnāku šo galaktiku skaita pieaugumu. Taču šīs nesaskaņas novēršanai neder tāds triviāls vai acīm redzams pieņēmums, ka evolucionārais faktors var izpausties kā galaktiku spožuma samazināšanās, to vecumam pieaugot, resp., ka zilās zvaigznes, kurām jaunajās galaktikās vajadzētu būt ļoti lielā skaitā, padarītu šīs galaktikas ļoti spožas un tālu redzamas un līdz ar to būtu iespējams novērot arvien vājākas galaktikas. Tas nozīmētu, ka astronomiem vajadzētu novērot arī ļoti lielu skaitu galaktiku ar lielām sarkanām nobīdēm to spektros. Taču, par spīti tam, ka galaktiku evolūciju neievērot būtu nepareizi, ka šādai evolūcijai ir jāpastāv, šajā gadījumā reālie novērojumi šo secinājumu neapstiprina. Faktiskais ar lielu sarkano nobīdi novēroto galaktiku skaits neatšķiras no tiem modeļiem, kuri vispār neparedz nekādus ar evolūciju saistītus efektus.

Viens no iespējamiem modeļu un reālo novērojumu pretrunu pārvarēšanas ceļiem varētu būt tāds, ka pašreizējie novērojumi selektīvi atklāj (reģistrē) noteikta tipa galaktikas, piemēram, galaktikas ar aktīvu, uzliesmojumam līdzīgu zvaigžņu veidošanos. Tādām galaktikām vajadzētu būt ļoti spožām un tālu redzamām, turpretī normālas galaktikas lielos attālumos nav redzamas. Un, ja šādā aktīvā zvaigžņu veidošanās procesā esošas galaktikas parādījušās ļoti agrās Metagalaktikas attīstības stadijās, vājo un tālo galaktiku skaitam ir jābūt lielākam nekā tuvo un vēlīnākās attīstības stadijās esošo galaktiku skaitam, uz kuru balstās daudzu pašreizējo modeļu konstrukcijas.

Otra iespēja ir, ka šajos pēdējos novērojumos atklātās tālās un vājās galaktikas nav mūsdienu galaktiku analogi, nav to tiešas priekšteces. Varbūtējās daudzkārtējās sadursmes un saplūšanas ļoti tālā pagātnē, kad Metagalaktikas aizņemtā telpa bija daudz mazāka un līdz ar to sadursmju iespējas daudz lielākas, varēja radīt tās milzīgās zvaigžņu sistēmas — galaktikas, kuras novērojam šodien, t. i., tuvākajā apkaimē. Uz to, ka mūsdienu galaktikas var atšķirties no tālā pagātnē pastāvošajām, norāda arī pēdējie novērojumi ar Habla kosmisko teleskopu. Tā, piemēram, tālo galaktiku vidū ir vairāk spirālisko galaktiku nekā tuvējās galaktiku kopās. Spirāliskajām galaktikām raksturīgais spožums var palielināt to redzamību (un skaitu) lielos attālumos, bet sadursmes un saplūšanas, savukārt, samazināt to skaitu mūsdienās, tādējādi ietekmējot to modeļu parametrus, kuru izveide balstās uz tuvākajā apkaimē novērotās galaktiku pasaules likumsakarību pētījumiem.

## VĀJĀS GALAKTIKAS — BURVJU ATSLĒDZIŅA?

Tie arī ir galvenie cēloņi, kādēļ, neraugoties uz it kā pārliecinošiem norādījumiem, kādi pēdējā laikā atklājušies galaktiku statistiku pētījumos, astronomi (kosmologi) atsakās izdarīt viennozīmīgus secinājumus par Metagalaktikas liekumu, resp., par to, ka tā ir noslēgta. Telpas ģeometrijas un galaktiku evolūcijas efektu savijums pagaidām šādus secinājumus padara riskantus. Tomēr nevar arī teikt, ka viss līdz šim paveiktais ir ievedis strupceļā. Skaidri iezīmējas trīs virzieni, kuros veicamie pētījumi varētu izraisīt būtisku progresu pamatproblēmas risināšanā. Pirmkārt, tā ir galaktiku spožuma funkcijas precizēšana, galvenokārt nosakot zema virsmas spožuma galaktiku lomu (ieguldījumu) galaktiku kopu integrālajā spožumā. Otrkārt, tālo kopu novērojumi ar Habla teleskopu, lai noskaidrotu galaktiku sadursmju un saplūšanu dinamiku, to ietekmi uz galaktiku evolūciju un mūsdienu galaktiku fizikālo stāvokli, kas varētu dot ļoti svarīgus datus. Taču vislielākie pārsteigumi un visvairāk atklājumu gaidāms no vājo galaktiku pētījumiem. Šo galaktiku milzīgais skaits, ietekme uz spožuma funkciju, iespējamās lielās spožuma izmaiņas laika gaitā, sadursmes un saplūšanas utt. visai nepārprotami norāda, ka vājās galaktikas var izrādīties tā burvju atslēdziņa, kas atdara durtiņas, aiz kurām noglabāts atminējums vienai no intriģējošākām mūsdienu zinātnes mīklām — kāda ir Visuma ģeometrija, kāda ir pasaule, kurā dzīvojam.

A. Balklavs

Sk. vāku 1. lpp. Šī karte, kas publicēta 1532. gadā, ir viena no nedaudzajām Ziemeļeiropas kartēm kokgriezumā. Kokgriezums kā tehnisks paņēmiens karšu atveidošanā vispār lietots maz, jo tas neļauj pareizi un detalizēti attēlot krasta līnijas un citus objektus. Kartes autors Vīnes profesors J. Cīglers (Jacob Ziegler, 1470—1549) ir arī grāmatas par Palestīnu un vairāku ģeogrāfisko karšu autors, bet no tām tikai viena veltīta Skandināvijai un Baltijas valstu teritorijai. Šeit jāpiemin, ka J Cīglers Ziemeļeiropu tieši apmeklējis nebija un minēto karti veidoja pēc zviedru un citu ceļotāju stāstījuma. Bet tāpēc jo nozīmīgāks ir fakts, ka šī karte ir pirmā, kurā Skandināvijas pussala visumā pareizi orientēta — ziemeļu-dienvidu virzienā.

Informācija par Latvijas teritoriju kartē ir ļoti trūcīga: attēlota tikai Rīga un Daugava, bet par Rīgas līča un Kurzemes pussalas eksistenci nekādas norādes nav.

Kartes oriģināls, pēc prof. A. Spekkes norādes, atrodas Oslo universitātes bibliotēkā un nedaudz atšķiras no kopijas, kas redzama uz žurnāla vāka.

J. Štrauhmanis, *Dr. geogr.*

# GLEZNOTĀJA BETAS PIRMPLANĒTU DISKS

Dzīvu būtņu un jo sevišķi saprātīgu būtņu esamība kaut kur aiz Zemes vai Saules sistēmas robežām daudziem no mums vienmēr ir licies aizraujošs temats. Taču dzīvi organismi nevar pastāvēt zvaigžņu augstajā temperatūrā, tiem piemēroti visai auksti debess ķermeņi, kāda ir mūsu planēta Zeme. Saules sistēmas citas planētas ir pietiekoši izpētītas, un var droši apgalvot, ka dzīvība, ja tāda tur pastāv, atrodas ļoti primitīvā attīstības līmenī.

Astronomi, kurus arī interesē minētais temats, tāpēc meklē ap citām zvaigznēm riņķojošas planētas. Dažādi planētu meklēšanas veidi «Zvaigžņotajā Debesī» aplūkoti jau agrāk.[1] Te piebildīsim tikai, ka netiešās metodes izmanto planētas pievilkšanas spēka radītās izmaiņas — periodiskas svārstības — zvaigznes kustībā pie debess vai tās radiālajā ātrumā, un pievērsīsimies tiešajiem novērojumiem, kas kļuvuši nozīmīgi pēdējos desmit gados, tālāk attīstoties novērošanas tehnikai.

Planētas, tāpat kā sīkāki debess ķermeņi un kosmiskie putekļi, izstaro nevis gaismu, bet gan infrasarkanos starus. Tātad planētu sistēmas varētu būt ap Saulei līdzīga tipa zvaigznēm, kurām ir neparasti spēcīgs infrasarkanais starojums. Šo paņēmienu plašā mērogā sāka izmantot 80. gadu sākumā, kad orbītā ap Zemi palaida pavadoni IRAS. Izdevās atrast veselu virkni aizdomīgu zvaigžņu, bet visdrošākie kandidāti bija Vega, Fomalhauts un dienvidu puslodes spīdeklis β Pictoris jeb Gleznotāja β.[2] Pēdējā ir A5V spektra klases zvaigzne, un no Saules tā atšķiras ar augstāku virsmas temperatūru.

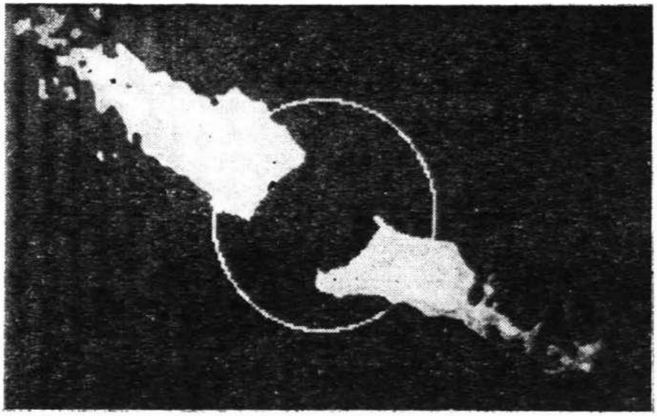
1984. gadā ASV astronomi B. Smits (B. Smith) un R. Terils (R. Terrile), lietojot koronogrāfijas metodi, ar kādu Saules pētnieki jau daudzus gadus novēro Saules vainagu (koronu), konstatēja, ka zvaigznei β Pictoris apkārt ir putekļu disks un ka tas ir orientēts telpā tā, ka mēs to redzam, skatoties no šķautnes. Šāda situācija ir labvēlīga putekļu diska pētīšanai. Tāpēc nu jau desmit gadus daudzi astronomi pētī β Pictoris disku.

Koronogrāfijas metode tika izmantota arī līdzīgu disku meklēšanā ap citām zvaigznēm ar dažādiem optiskiem teleskopiem, to skaitā ar Palomāra kalna 5 m teleskopu un ar Maunakea (Havaju salas) 3,6 m teleskopu. Līdz 1991. gadam pētnieki apsekoja vairāk nekā simt zvaigznes, galvenokārt A, F, G un K spektra klases pundurus, kuri atrodas Saules sistēmas tuvumā, ne tālāk par 100 pc. Tomēr nevienai citai zvaigznei putekļu apvalku neizdevās saskatīt. Tas liecina, ka lielās putekļu masās ietvertas pundurzvaigznes ir visai reti sastopami debess objekti.

B. Smits un R. Terils varēja novērot tikai ārējo β Pictoris diska daļu, kas atrodas tālāk

[1] *Alksne Z.* Dienas kārtībā citu planētu sistēmu meklēšana // Zvaigžņotā Debess. — 1984. gada rudens. — 7.—12. lpp.

[2] *Alksne Z.* Vai IRAS atklājis topošās planētu sistēmas? // Zvaigžņotā Debess. — 1985. gada rudens. — 18.—20. lpp.



Gleznotāja β putekļu diska attēls, kas 1991. gada oktobrī iegūts ar Eiropas Dienvidu observatorijas (Lasilja, Čile) 2,2 m teleskopu. Aploce norāda daļu, ko 1984. gada novērojumos aizsedza koronogrāfa maska.

nekā sešas loka sekundes no zvaigznes. Izmērot gaismas sadalījumu šai diska daļā, viņi noteica, cik liels ir diska spožuma pieaugums centra, resp., zvaigznes virzienā. Ja spožuma pieaugums būtu tikpat straujš arī diska iekšējā daļā, tad putekļu zvaigznes tuvumā būtu ļoti daudz un zvaigzne nemaz nebūtu redzama, bet tā nav. Tāpēc pētnieki secināja, ka apgabals līdz 30 au attālumā ap zvaigzni ir brīvs no putekļiem. Iespējams, ka putekļi no šīs telpas pazuduši, formējoties planētām. Tas jau bija, lai arī niecīgs, norādījums uz planētu eksistenci β Pictoris tuvumā. Turpmākajos gados vairāki pētnieki šos secinājumus visumā apstiprināja, lai gan skaitliskie dati vairāk vai mazāk atšķīrās.

1993. gadā 13 franču zinātnieku grupa publicēja jaunus β Pictoris diska novērošanas rezultātus. Pašas zvaigznes spožās gaismas apslāpēšanai viņi lietoja citu metodi: lādiņsaites matricu, kas ir īpaši izveidota tā, ka ļauj bez koronogrāfa novērot disku pavisam tuvu zvaigznei. Novērošanu izdarīja 1991. gada oktobrī Eiropas Dienvidu observatorijā (Lasilja, Čile) ar 2,2 m teleskopu. Pētniekiem izdevies noteikt diska uzbūvi līdz pat 2″ jeb 30 au attālumam no zvaigznes (att.). Diska iekšējā daļā atrastas citādas putekļu daļiņu īpašības, kas var būt radušās sakarā ar planētu veidošanās procesu.

Pavisam cits paņēmiens, kā pētīt β Pictoris disku, ir spīdekļa spektra analīze. Mēs šo zvaigzni redzam aiz diska priekšējās šķautnes, skatoties it kā caur filtru. Tāpēc tās spektrā parādās arī diska ietekme, it īpaši diska gāzveida sastāvdaļas radītās pārmaiņas. Jau 1985. gadā atrada diska gāzes radītos kropļojumus β Pictoris spektra vairākās metālu absorbcijas līnijās gan redzamajā daļā, gan ultravioletajā daļā. Dīvainākais bija tas, ka diska absorbcijas iezīmes ar laiku mainījās. Jaunatklātās spektra parādības uzradās vai atkal izzuda nepilnas dienas laikā, lai gan dažas pastāvēja arī vairākas dienas. Turklāt mainīgo spektra līniju detaļu viļņu garumi bija lielāki nekā atbilstošo zvaigznes līniju viļņu garumi, tas ir, neparastās detaļas liecināja par sarkano nobīdi jeb ātrāku attālināšanos no mums salīdzinājumā ar zvaigzni. Redzamajā spektra daļā attiecīgais attālināšanās ātrums izrādījās līdz 100 km/s, bet ultravioletajā daļā — pat līdz 300—400 km/s.

Lai novēroto parādību izskaidrotu, franču zinātnieki 1988. gadā piedāvāja šādu modeli: īslaicīgās absorbcijas detaļas zvaigznes spektra spēcīgajās absorbcijas līnijās parādās tad, kad ciets ķermenis, kas krīt uz zvaigzni β Pictoris, tās tuvumā sakarst un daļēji pārvēršas gāzveida stāvoklī līdzīgi, kā notiek ar komētām Saules tuvumā. Turklāt tai laikā tas atrodas zvaigznei priekšā, no mums skatoties. Izdevās pat novērtēt, ka šo ķermeņu lielums ir ap 1 km diametrā. Šī t. s. krītošo iztvaikojošo ķermeņu hipotēze saskanēja arī ar citām novērotām īpašībām. Bija jāpieņem arī, ka pastāv masīvāka planēta, kas izmaina mazo ķermeņu orbītas tā, ka tie krīt uz zvaigzni.

1989. gadā kļuva skaidrs, ka novērojamās parādības biežums ar laiku mainās: redzamajā spektra daļā tās atklāja 1985.—1986. gadā, bet ultravioletajā — 1987. gadā, taču pēc 1987. gada novērošana deva negatīvus rezultātus. 1989. gada oktobrī parādības negaidot atkal kļuva bieži novērojamas un turpinājās arī 1990. gadā. Turklāt mainījās arī sarkanās nobīdes lielums. Šie konstatējumi lika tālāk izstrādāt ideju par varbūtējas planētas ietekmi uz mazo ķermeņu kustību. 1991. gadā publicētajā β Pictoris modelī ap zvaigzni riņķo planēta stipri izstieptā eliptiskā orbītā. Tā kā planēta tai garāmskrejošo mazo ķermeņu orbītas izmaina pietiekami spēcīgi, tad spektrā novēroto parādību biežumu un biežuma mainīgumu zinātnieki izskaidro samērā vienkārši.

Tomēr datu vēl ir par maz, lai droši apgalvotu, ka ap Gleznotāja Betas zvaigzni pastāv vai veidojas planētu sistēma. Vajadzīga turpmāka spektroskopiska sekošana tās diskā notiekošajām parādībām.

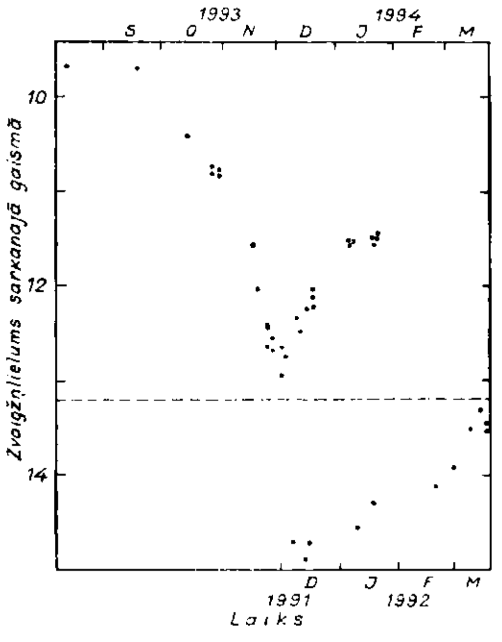
Z. Alksne, A. Alksnis

# NEPARASTĀ OGLEKĻA MAIŅZVAIGZNE VĒLREIZ SATUMSUSI

*Pēc tam kad 1991. gada decembrī Radioastrofizikas observatorijas zvaigžņu pētnieki atklāja Perseja zvaigznāja oglekļa zvaigznes DY dziļu satumsumu,* šīs zvaigznes spožums sistemātiski novērots un mērīts jeb, kā astronomi saka, patrulēts ar Riekstukalna Šmita teleskopu. Šā pētījuma nolūks ir noskaidrot zvaigznes DY Per samērā straujo un ilglaicīgo spožuma kritumu cēloni.*

*Atšķirībā no daudzām Latvijā pētītām pulsējošām oglekļa zvaigznēm, kurām piemīt samērā lielas un pusldz regulāras spožuma maiņas, t. i., mirīdām un pusregulārām garperioda maiņzvaigznēm, DY Per mainīšanos un tās satumsumus nav iespējams kaut cik ticami paredzēt. Minētā zvaigzne šai ziņā līdzinās cita tipa — Ziemeļu Vainaga R jeb R Coronae Borealis (R CrB) maiņzvaigznēm. Vai DY Per patiešām ierindojams šajā tipā, tas vēl ir jāpierāda.*

*1993. gada beigās, izrādās, atkal noticis pētāmas zvaigznes satumsums un gandrīz tieši divus gadus pēc iepriekšēja. Zvaigznes spožuma straujāka krišanās pēc ilgstoša gandrīz nemainīga maksimālā stāvokļa, kāds pastāvēja*




Perseja DY zvaigznes spožuma maiņas sarkanajā gaismā 1991.—1992. gada *(apakšā)* un 1993.—1994. gada *(augšā)* satumsuma laikā.

* *Alksnis A.* Oglekļa zvaigznes DY Per satumsums // Zvaigžņotā Debess. — 1993. gada pavasaris. — 20.—22. lpp.

*visu 1993. gada vasaru, kļuva manāma 1993. gada oktobrī (att.). Tāpēc turpmāk DY Per tika novērota pēc iespējas bieži, un šoreiz atšķirībā no iepriekšējā satumsuma izdevās gūt samērā skaidru ainu par spožuma krišanās gaitu.*

*Jaunākais DY Per satumsums izrādījās par diviem zvaigžņlielumiem seklāks nekā iepriekšējais: zvaigznes minimālais spožums šoreiz bija sešas reizes lielāks nekā pirms diviem gadiem, un 1993. gada 6. decembrī tā jau sāka kļūt spožāka. Zvaigznes atgriešanās maksimālajā spožumā ir lēnāka nekā spožuma krišanās. Tas ir raksturīgi R CrB tipa zvaigznēm. Tātad šā satumsuma novērojumi liecina par labu viedoklim, ka DY Per ir Ziemeļu Vainaga R tipa zvaigzne. R CrB tipa maiņzvaigšņu satumsumus izskaidro ar putekļus saturošas vielas pastiprinātu izmešanu no zvaigznes.*

*Interesanti, ka laika intervāls starp divu pēdējo zvaigznes spožuma minimumu momentiem — 734 dienas — ir līdzīgs iepriekšējam starpminimumu intervālam (761 d.). Tā kā 1991.—1992. gada minimuma moments nav droši zināms un tas varētu būt agrāks, nekā te pieņemts, abi minētie laika intervāli varbūt ir vēl līdzīgāki. Vai tā ir sagadīšanās, vai arī liecina par periodiskumu zvaigznes DY Per notiekošajos procesos? Atbildi varētu dot turpmākie novērojumi.*

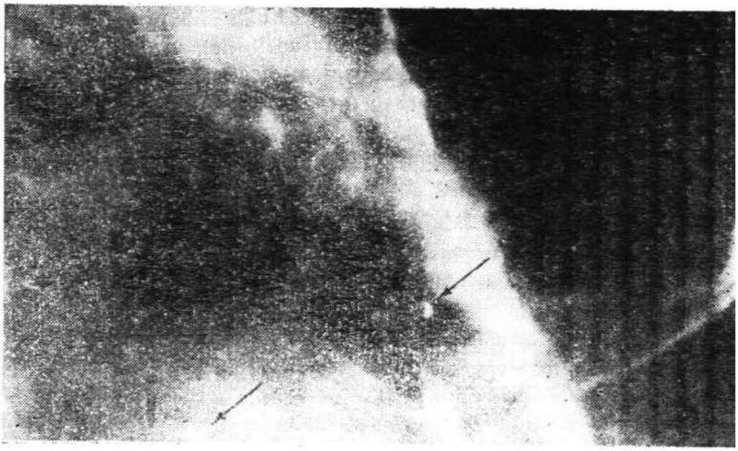
*A. Alksnis*

# HABLA TELESKOPS PAR ORIONA MIGLĀJU

Viens no objektiem, kuru pētījumiem tika piešķirts superdārgais Habla kosmiskā teleskopa novērošanas laiks, ir spožais Oriona miglājs. Šis gāzu-putekļu miglājs astronomu uzmanību jau sen saista ar to, ka līdz šim iegūtas vairākas vērā ņemamas liecības par tajā notiekošiem jaunu zvaigžņu un tātad ļoti varbūtīgi arī jaunu zvaigžņu sistēmu veidošanās procesiem. Turklāt šie procesi norisinās pašlaik, burtiski mūsu acu priekšā. Habla teleskopa lieliskie tehniskie parametri un kosmiskās telpas ideālie novērošanas apstākļi (nav Zemes atmosfēras traucējošās ietekmes) ļāvuši realizēt gandrīz maksimālo šā instrumenta izšķirtspēju, kas ir dažas loka sekundes simtdaļas (Habla 2,4 m spoguļa maksimālā teorētiskā izšķirtspēja ir apmēram 0″,04), un ieraudzīt to, ko līdz šim saskatīt nebija iespējams.

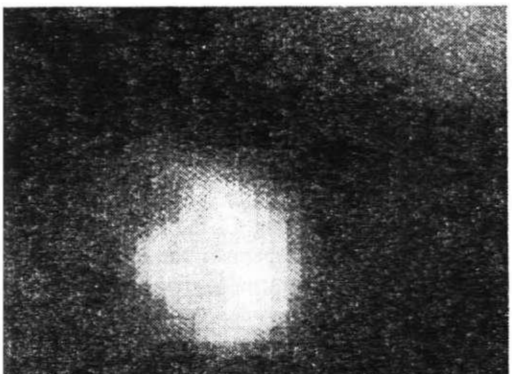
Astronomu grupa S. Roberta O'Della (Raisa Universitāte, ASV) vadībā (C. Robert O'Dell, Rice University), analizējot nelielas Oriona miglāja daļas astrouzņēmumu, kas iegūts ar Habla teleskopu, atklājusi tajā ap 15 jaunas zvaigznes, kuras aptver labi saskatāmi plaši gāzu-putekļu diski. Pēc pašlaik valdošajiem teorētiskajiem priekšstatiem, no šādiem diskiem, putekļu daļiņu sadursmju un salipšanas gaitā formējoties arvien lielākām un lielākām šādu putekļu pikām (planetoezimāles) un arī tām savukārt saduroties, salīpot un pakāpeniski augot līdz planētu apmēriem, veidojas planētu sistēmas. Tādēļ šo, turklāt tik daudzo protoplanetāro gāzu-putekļu disku atklāšana samērā nelielā miglāja daļā ir ne tikai ļoti svarīgs arguments šīs planētu kosmogoniskās teorijas labā, bet arī parāda, ka šo planētu sistēmu veidošanās ap zvaigznēm ir samērā plaši izplatīta astrofizikāla parādība. Ar Habla teleskopu iegūtais uzņēmums rāda, ka protoplanetārie diski var aptvert apmēram pusi no 50 šajos uzņēmumos fiksētajām zvaigznēm (iepriekšminētajām 15 zvaigznēm šie diski iezīmējas ļoti skaidri, nepārprotami), un, ja līdzīga proporcija pastāv visā Galaktikā, tad nav izslēgts, ka visa mūsu zvaigžņu sistēma mudž no planētām.

Uzņēmumā (1. att.) protoplanetārie diski izskatās kā samērā spoži, biezi un nedaudz difūzi objekti ar caurumu vidū. Caurumā atrodas jauna un karsta zvaigzne. Tās starojums iztvaicē protoplanetārā diska matēriju zvaigznes tiešā tuvumā, bet šā starojuma spiediens savukārt rada spēcīgu zvaigznes vēju. Tas, kā rāda aplēses, aizpūš starpzvaigžņu telpā sīkās diskā esošās vai tur kustības rezultātā



*1. att.* Oriona miglāja daļas uzņēmums, kas iegūts ar Habla kosmisko teleskopu. Uzņēmuma izmēri ir 0,5 ly. Ar bultiņām atzīmētas divas zvaigznes, ap kurām saskatāmi proto-planetārie gāzu-putekļu diski. Zvaigžņu vecumu vērtē mazāku par 1 milj. gadiem, un ļoti iespējams, ka tās vēl atrodas kontrakcijas (sākotnējās saraušanās) stadijā.

nokļuvušās putekļu daļiņas un gāzu molekulas, nepārtraukti samazinot diska masu. Aprēķini rāda, ka kopējā masa, ko gada laikā šādi zaudē protoplanetārais disks, ir apmēram puse no Zemes masas. Taču šāds visai ievērojams protoplanetārā diska erozijas ātrums pastāv neilgi — kamēr zvaigzne ir ļoti karsta un spoža un disks pietiekami biezs.



*2. att.* Viens no Oriona miglājā atklāto apzvaigžņu gāzu-putekļu diska detalizētiem attēliem. Attēla izmēri ir 12 ld (gaismas dienas). Labi redzama komētveidīgā aste, kas rodas, zvaigznei kustoties caur samērā blīvu starpzvaigžņu vidi.

Tā kā zvaigznes miglājā nestāv mierā, bet kustas, notiek nepārtraukta mijiedarbība starp diskā koncentrēto un starpzvaigžņu matēriju. Šī mijiedarbība ir visai sarežģīta, piemēram, kustības priekšējā frontē rodas triecienvilnis, bet kustības virzienam pretējā pusē — komētveidīga aste (2. att.). Balstoties uz protoplanetārā diska masas zuduma ātrumu, S. Roberts O'Dells lēš, ka šā diska sākotnējā masa ir apmēram 15 Jupitera masas. Šī Saules sistēmas lielākā planēta, kā zināms, ir apmēram 318 reizes masīvāka par Zemi. Diemžēl pašreizējās instrumentālās un tehnoloģiskās iespējas vēl neļauj noteikt, vai šajos protoplanetārajos diskos jau ir izveidojušās un pastāv planētas vai to pietiekami lieli aizmetņi.

Noslēdzot šo nelielo ieskatu jaunākajos Oriona miglāja novērojumos, kuri izdarīti ar Habla teleskopu un liks pārskatīt mūsu līdzšinējos priekšstatus par planētu sistēmu izveidošanās biežumu, atgādināsim, ka līdz šim, t. i., novērojot ar parastajiem teleskopiem, kuri novietoti uz Zemes, protoplanetāro disku eksistence atklāta tikai ap četrām zvaigznēm. Tās ir Gleznotāja $\beta$ (Beta Pictoris), Vega (Alfa Lyrae), Fomalhauts jeb Dienvidu Zivs (Alfa Piscis Austrini) un Eridānas $\varepsilon$ (Epsilon Eridani). No tām šobrīd vislabāk izpētīta ir Beta Pictoris (otra spožākā zvaigzne Gleznotāja zvaigznājā, kas ir viens no dienvidu puslodes lielā zvaigznāja Argonautu Kuģis (Argo Navis) sastāvdaļām). Lai «ieraudzītu» protoplanetāro disku, ar nelielu aptumšojošu masku tika bloķēta spožā zvaigznes gaisma (līdzīgi, kā to dara koronogrāfos, novērojot Saules koronu bezaptumsumu laikā). Tā izdevās konstatēt gāzu-putekļu diska eksistenci ap 45 au jeb 3″ attālumā no zvaigznes.

Parīzes Astrofizikas institūta astronomam A. Vidalam-Madjaram (Alfred Vidal-Madjar) ar līdzstrādniekiem, izmantojot speciālu kameru un lādiņsaites matricu kā gaismas uztvērēju, izdevās samazināt šo attālumu līdz 30 au. Šie pētījumi apstiprināja iepriekšējos rezultātus, kas rādīja, ka putekļu daļiņas diska perifērijā ir diezgan liela izmēra — to diametrs pārsniedz 0,001 mm. Turklāt šīs daļiņas 30 au attālumā no zvaigznes atstaro četras reizes sliktāk nekā 75 au attālumā, tātad ledus daļiņas zvaigznes tuvumā satur vairāk putekļu nekā tās, kuras ir tālāk no zvaigznes, jo šo atšķirību neizdevās izskaidrot tikai ar daļiņu lineāro izmēru izmaiņām. Šo parādību var mēģināt saprast kā ledus daļiņu gaistošo komponentu pastiprinātu iztvaikošanu zvaigznes tuvumā, kur ir liela starojuma intensitāte. Tas paaugstina šajās daļiņās iesaldēto putekļu daļiņu koncentrāciju, vienlaikus samazinot to atstarotspēju.

Ir ieceres šo tehnoloģiju uzlabot un pietuvoties Beta Pictoris gāzu-putekļu diska novērojumos līdz 15 au jeb 1″ attālumam no centrālās zvaigznes. Šādā attālumā, kā zināms, Saules sistēmā jau parādās lielās planētas — Urāns un Neptūns. Ja līdzīga situācija ir arī Beta Pictoris gadījumā, šādām planētām vajadzētu būt krietni «patīrījušām» zvaigznes apkārtni no gāzu-putekļu daļiņām (tās piesaistot sev), līdz ar to krietni samazinot gāzu-putekļu diska blīvumu. Tātad, ja novērojumi parādītu, ka šādā attālumā gāzu-putekļu diska blīvums ap Beta Pictoris ir mazāks nekā lielākos attālumos, tad tas būtu nopietns arguments par labu tam, ka ap Beta Pictoris ir izveidojušās arī planētas, un stimulētu šādu planētu tiešu novērošanas metožu izstrādāšanu, uzlabošanu un izmēģinājumus.

A. Balklavs

# VAI URĀNS PIRMS SIMT GADIEM SADŪRIES AR MILZU KOMĒTU?

Mūsdienās jūtami pieaugusi interese par kosmiskajām katastrofām. Zinātnieki diskutē par sekām, kādas rastos, Zemei saduroties ar prāvāku debess ķermeni — asteroīdu vai komētas kodolu —, un šīs diskusijas plaši atspoguļo arī prese. Par to bieži bijis lasāms arī «Zvaigžņotajā Debesī». Tā, piemēram, pētnieki joprojām izvirza jaunas versijas par Tunguskas katastrofu, meklē apstiprinājumus hipotēzei par kosmisko sadursmi kā cēloni dinozauru un milzu paparžu mežu bojāejai krīta perioda beigās pirms 65 milj. gadu. Kosmisko sadursmju problēmā līdzās vēsturiskajam tiek aplūkots arī nākotnes aspekts. Tā, piemēram, ASV tiek izvērsts plaši iecerētais projekts «Safe-guard» («Drošība»), kura nolūks ir apzināt visus daudzmaz masīvākos asteroīdus, kuru orbīta šķērso Zemes orbītu un ar kuriem tādējādi potenciāli iespējama sadursme.

Tā pamazām nostiprinās atziņa, ka masīvu debess ķermeņu sadursmes, kaut gan atgadās ļoti reti, tomēr ir svarīgs ģeoloģisks faktors un ne jau tikai attiecībā uz Zemi vien. Kā liecina kosmisko lidaparātu «Voyager» pētījumu rezultāti, milzīgas «rētas», kas iegūtas jo nopietnās sadursmēs, glabā vairāku tālo planētu satelītu virsmas. Ir atrasti pārliecinoši argumenti tam, ka ļoti spēcīgu triecienu savulaik saņēmis Urans. Tādēļ tas pa savu orbītu tagad virzās guļus — leņķis starp orbītas plakni un planētas rotācijas asi ir tikai 8°.

Taču visas lielās katastrofas Saules sistēmā, par kurām saglabājušies tādi vai citādi norādījumi, ir seni notikumi, kurus no mūsdienām šķir gadskaitļi, kas rakstāmi ar daudzām nullēm. Tādēļ saprotamu interesi izraisa Laplatas Universitātes (Argentīna) astronomijas un ģeofizikas fakultātes profesora debess mehānikas speciālista A. Brunīni sensacionālais secinājums, ka tas pats Urāns nopietnu sadursmi piedzīvojis pavisam nesen — tikai pirms simt gadiem. Pie šādas atziņas Brunīni nonācis, mēģinot izskaitļot tādu Urāna orbītu, kas būtu saskaņā ar lielu skaitu — ap 4100 — tā pozīcijas novērojumu, kas sakrāti 200 gados kopš tā atklāšanas. Jāpiebilst, ka Urāna kustību precīzi aprakstīt ir visai grūti sakarā ar sistemātiskajām atšķirībām starp tā novēroto un aprēķināto stāvokli (parasti salīdzina planētas ģeocentrisko garumu kā teorētiski precīzāk aprēķināmo). Savulaik, balstoties uz šīm atšķirībām, tika paredzētas divas jaunas planētas — Neptūns un Plutons. Un arī mūsdienās, par spīti modernām, precīzām Urāna kustības teorijām, šīs atšķirības pastāv joprojām; protams, tagad tās ir kļuvušas krietni mazākas.

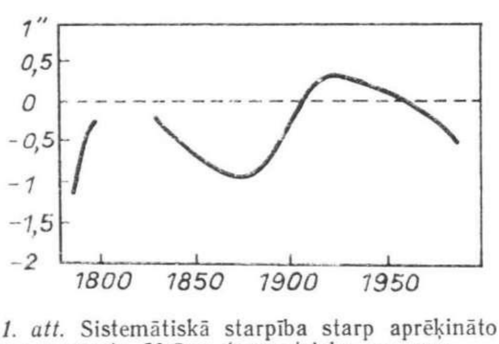
Kā parastāko cēloni šeit min vēl vienas nezināmas — desmitās — planētas X eksistenci aiz Plutona orbītas. Taču tās intensīvie meklējumi, izmantojot prognozes, kuru pamatā ir nesaskaņa Urāna kustībā, allaž palikuši bez rezultāta. Ekliptikas josla uz debess sfēras šajā ziņā ir novērota jau pietiekoši rūpīgi, lai varētu apgalvot, ka planēta X — ja vien tā vispār pastāv — ir vai nu sīka, vai tāla, bet tad tā nevarētu jūtami ietekmēt Urāna kustību.

Tomēr svarīgākais iebildums pret nezināmiem masīviem objektiem kā sistemātisko noviržu cēloni Urāna kustībā pastāv faktā, ka līdzīgas novirzes nepiemīt Neptūna kustībai. Tiesa, Neptūna efemerīdas nav pietiekoši precīzas — jūtamas atšķirības starp novēroto un paredzēto pozīciju parādās jau vairākus gadu desmitus pēc prognozes. Bet šī nesaskaņa viegli izskaidrojama ar to, ka novērojumi pagaidām neaptver visu orbītu, jo Neptūns kopš atklāšanas nav vēl izdarījis pilnu apriņķojumu. Taču atšķirībā no Urāna novērotās pozīcijas gulstas uz orbītas bez nozīmīgām sistemātiskām novirzēm.

Brunīni pētījumi pagaidām ir visprecīzākie — tie balstīti uz modernu Urāna kustības teoriju, ko 1982. gadā izstrādājis franču astronoms P. Bretaņjons, un tajos ņemtas vērā visu pārējo astoņu planētu izraisītās perturbācijas. Atrastā sistemātiskā starpība starp novēroto un aprēķināto Urāna ģeocentrisko garumu shematiski parādīta 1. attēlā. Īpašas bažas rada nesaskaņa ar mūsdienu precīzajiem novērojumiem, kuru nevar pierakstīt kādai apslēptai sistemātiskai kļūdai vecajos novērojumos.

Veltīgi izmēģinājies piemeklēt uzdevuma parametrus tā, lai iegūtu novērojumiem atbilstošu orbītu, Brunīni beidzot pamanīja, ka šādu saskaņu var panākt, ja Urāna kustību apraksta ar divām nedaudz atšķirīgām orbītām — vienas orbītas loks aptver laikposmu no atklāšanas līdz 1897. gadam, otras — no 1897. gada līdz mūsdienām. Šādā gadījumā sistemātiskā nesaskaņa Urāna ģeocentriskajā garumā (sk. 1. att.) pilnīgi izzuda. Galvenā atšķirība starp abiem orbītu lokiem pastāv Urāna orbitālā (pa pieskari vērstā) ātruma pēkšņā samazinājumā par 8 mm/s. Pirmajā brīdī šis šķietami mazais skaitlis izraisa apbrīnu par to, cik precīzi mūsdienu astronomija apraksta pat tālo planētu kustību, ja reiz iespējams konstatēt tik niecīgas izmaiņas. Taču, ja atceramies, ka Urāns tomēr ir masīva milzu planēta, tad saprotam, ka arī šāda neliela ātruma izmaiņa patiesībā norāda uz planetāra mēroga katastrofu — sadursmi ar kādu citu visai prāvu debess ķermeni.

Vadoties pēc atrastās ātruma samazinājuma vērtības un pieņemot, ka svešā ķermeņa parametri ir līdzīgi Plutona pavadonim Hāro-



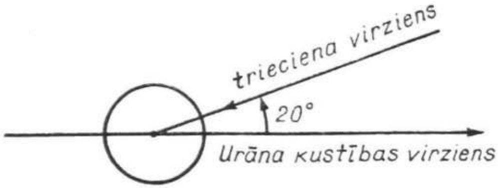

*1. att.* Sistemātiskā starpība starp aprēķināto un novēroto Urāna ģeocentrisko garumu.

nam — caurmērs ap 500 km, blīvums ap 2 g/cm³ —, Brunīni skaitliski modelēja hipotētisku sadursmes procesu, lai piemeklētu optimālās brīvo parametru vērtības, kuras nodrošinātu vislabāko atbilstību novērotajai Urāna kustībai pirms un pēc sadursmes. Šādu parametru bija trīs: sadursmes laiks, abu ķermeņu savstarpējais ātrums sadursmē un trieciena leņķis. Izmantojot dažādus atbilstības testus, Brunīni konstatēja, ka sadursme notikusi 1886. gada vidū, abiem ķermeņiem saduroties 20° leņķī ar savstarpējo ātrumu 40 m/s (2. att.).

Objekts, ar ko Urāns sadūries, acīmredzot ir milzu komētas kodols, viens no Saules sistēmas perifērijā līdz mūsdienām izdzīvojušajiem planetezimāļiem — neattīstītiem planētu aizmetņiem. Šādu ķermeņu prototips ir jau minētais milzu komētas kodols Hīrons. Pēdējos gados šādi objekti tiek intensīvi meklēti, jo, pēc speciālistu atzinuma, to varētu būt vairāki simti.

Brunīni rauga apsvērt arī vēl citas šādas sadursmes sekas, kuras, iespējams, ir grūti pamanāmas. Tā, piemēram, perturbācijas Urāna tuvāko pavadoņu vidējā kustībā viņš novērtē kā nenovērojami mazas salīdzinājumā ar nenoteiktībām šo pavadoņu kustības teorijā. Urānā iekritušā ķermeņa enerģijas lielāko daļu (ap 85%) uztver planētas masīvais biezā izkusušā amonjaka un metāna ledus mantijā ietvertais silikātu iežu kodols, un tā siltuma veidā pakāpeniski izdalās caur atmosfēru, neatstājot jūtamas sekas.

Šajā pēdējā punktā Brunīni enerģiski iebilda grupa amerikāņu speciālistu no Prinstonas Universitātes observatorijas (N. Taisons, M. Ričmonds u. c.). Pieņemot, ka sadursmes norise ir tāda, kādu to konstatējis Brunīni, viņi tomēr rūpīgāk novērtēja sadursmē radušās enerģijas daudzumu un noskaidroja, ka tas ir stipri lielāks, nekā domāja Brunīni. Viņi to vērtēja ap $5 \cdot 10^{35}$ ergiem, un minētie 15%, kas sadursmē tiek atmosfērai, tātad būtu līdzvērtīgi Saules radiācijai, ko Urāns saņem 40 tūkst. gadu ilgā laikposmā. Tādēļ zinātnieki jautā, vai tiešām šāds liels enerģijas pieplūdums, turklāt pāris dienu laikā, Urāna atmosfērā varēja palikt nepamanīts novērotājiem uz Zemes. Viņi piekrīt Brunīni, ka Urāna spo-




*2. att.* Shematiska sadursmes aina.

žuma pieaugums būtu nemanāms, jo šis enerģijas pieplūdums tomēr nepārsniedz dažas simttūkstošdaļas no Urāna atmosfēras iekšējās enerģijas, bet citādi vajadzēja būt ar meteoroloģiskajām parādībām Urāna atmosfērā. Izdalītā enerģija varēja radīt cikloniskas milzu viesuļvētras, kādas vērojam Jupitera Sarkanajā Plankumā vai Urānam līdzīgākā Neptūna Lielajā Tumšajā Plankumā. Pēdējo veido viesuļa virpulis ar caurmēru 8000 km, kurš pie malas griežas ar ātrumu 50 m/s un kura enerģija ir ap $10^{31}$ ergiem. Tādējādi sadursmē Urāna atmosfērā papildu ieplūdusī enerģija ir līdzvērtīga turpat desmittūkstoš šādu ciklonu enerģijai. Jautājums nu ir, vai gadsimtu mijas astronomi — novērotāji varēja pamanīt izmaiņas planētas mākoņu segā, kuras norādītu uz šādu globālu ciklonu rašanos. Taisons ar kolēģiem atbild apstiprinoši. Tādēļ, pārlūkojuši 15 Urāna novērotāju piezīmes, kas izdarītas 30 gadu ilgā laikposmā gadsimtu mijā, un neatraduši tur nekādus norādījumus par uzkrītošām izmaiņām planētas diskā, viņi apšauba Brunīni hipotēzes pareizību.

Taču, ja ņemam vērā, ka Urāna disks pat labvēlīgākajā gadījumā (opozīcijā) pie debess veido šauru, tikai 3″,4 lielu ripiņu, rodas jautājums, vai veco novērotāju iespējas netiek pārvērtētas. Viņu atzīmes par detaļām, kas samanāmas uz planētas diska, vispār ir ļoti trūcīgas. Tāpat Neptūna plankumu, ko Taisons ar kolēģiem ņem par paraugu, taču atrada nevis novērotāji uz Zemes, bet gan kosmiskā lidaparāta «Voyager» jutīgās telekameras tiešā Neptūna tuvumā. Tādēļ Brunīni hipotēze turpina radīt interesi, un sagaidāms, ka tuvākajos gados tā rosinās detalizētākus pētījumus par fizikālajām norisēm lielu debess ķermeņu sadursmēs.

U. Dzērvītis

# JAUNI ZINĀTŅU DOKTORI

## VALDIS GEDROVICS — ZINĀTŅU DOKTORS

Pusgadsimtu ilgā laikposmā šis ir tikai otrais gadījums, kad Latvijā aizstāvēts zinātnisks darbs astronomijā doktora zinātniskā grāda iegūšanai. Pirmo reizi doktora disertāciju par astronomijas jautājumiem LU Matemātikas un dabaszinātņu fakultātē vācu okupācijas gados aizstāvējis Astronomiskās observatorijas toreizējais direktors Alfrēds Žaggers.

1993. gada 22. decembrī LU Fizikas zinātņu nozares habilitācijas un promocijas padomes atklātajā sēdē Astronomiskās observatorijas zinātniskais līdzstrādnieks Valdis Gedrovics publiski aizstāvēja zinātnisku darbu kopu «Zvaigžņu tranzītmomentu reģistrācija» fizikas zinātņu doktora (*Dr. phys.*) grāda iegūšanai astronomijas apakšnozarē. Reflektants bija iesniedzis apm. 15 gadu laikā LU izdevumos, LZA Vēstīs un citur publicētos pētījumus, kā arī aprakstus par izgudrojumiem zvaigžņu tranzītmomentu reģistrācijas, novērošanas efektivitātes un precizitātes paaugstināšanas, kā arī novērošanas procesa pilnīgas automatizācijas jomā (par tiem saņemtas autorapliecības).

Valdis Gedrovics dzimis 1950. gada 29. maijā Talsu rajonā. 1974. gadā beidzis LVU Fizikas un matemātikas fakultāti fizikas specialitātē. Pēc tam strādājis Astronomiskajā observatorijā par inženieri. No 1976. gada līdz 1980. gadam aspirants (vadītājs Māris Ābele). Kopš 1980. gada Astronomiskās observatorijas zinātniskais līdzstrādnieks. 1993. gadā nokārtojis maģistra pārbaudījumus. V. Gedrovica zinātniskā darbība saistīta ar M. Ābeles konstruētā fotoelektriskā zenītteleskopa tālāku pilnveidošanu, papildinot instrumenta teoriju, par jaunu pārveidojot novērošanas procesu, radot integrālās reģistrācijas metodes teoriju, saistot to ar profesora K. Šteina izveidoto gadījuma izsitienu teoriju un novērtējot novērojamās zvaigznes diennakts paralēles liekuma ietekmi. Rezultātā radīts pilnīgi oriģināls astrometrisks instruments pulksteņa korekcijas (pasaules laika) un novērošanas vietas platuma (pola svārstību) noteikšanai, kura optiskā, mehāniskā un elektroniskā konstrukcija nodrošina augstas precizitātes laika reģistrāciju (vidējā kvadrātiskā kļūda $\pm 15$ milisekundes) momentam, kad zvaigzne šķērso noteiktu nemainīgu zenītdistanci ($\sim 1^\circ{,}45$). Fotoelektriskais zenītteleskops pēc iepriekš sagatavotas programmas ar nelielа skaitļotāja palīdzību spēj visu nakti darboties pilnīgi autonomā režīmā, t. i., bez novērotāja līdzdalības.

Par visu to minētajā padomes sēdē īsi ziņoja doktora grāda reflektants. Oficiālie recenzenti *Dr. h. phys.* J. Francmanis, *Dr. phys.* A. Stoikovs (Bulgārija) un *Dr. phys.* M. Ogriņš visumā pozitīvi novērtēja paveikto un atzina recenzējamo darbu atbilstību doktora grāda piešķiršanas prasībām, gan pieminot arī atsevišķus trūkumus, piemēram, nav izsmeļošu ziņu par izmēģinājumu rezultātiem, nav salīdzinājuma ar citu centru līdzīgiem darbiem (J. Francmanis), atrodamas kļūdas indeksācijā formulu izvedumā (A. Stoikovs), nav parādīts darba rezultātā iegūtais precizitātes pieaugums (M. Ogriņš), ko daļēji arī pēc tam atzina un savu viedokli par to izteica reflektants.

Rakstisku pozitīvu atsauksmi padomei bija nodevis *Dr. h. phys.* G. Sermons.

Diskusijā par apspriešanai izvirzīto darbu piedalījās *Dr. phys.* J. Balodis, *Dr. phys.* L. Roze, *Dr. phys.* J. Zagars, *Dr. phys.* M. Ābele, *Dr. h. phys.* R. Ferbers un *Dr. h. phys.* M. Jansons. Viņi izteica savu viedokli par V. Gedrovica darba nozīmīgumu, gan aplūkojot to globālā Zemes rotācijas problēmu sakarā, gan arī saistībā ar Latvijas astronomisko instrumentu būves attīstību. Reflektantu visi raksturoja kā daudzpusīgu zinātnieku, kas sekmīgi spēj risināt astronomijas, elektronikas, skaitļošanas un dažādas tehniskas problēmas, tādēļ ir doktora grāda cienīgs.

Pēc neilgas slēgtas apspriedes un aizklātas balsošanas tika paziņots par padomes vienprātīgo lēmumu piešķirt Valdim Gedrovicam fizikas zinātņu doktora *Dr. phys.* grādu; starp citu, tas ir vienīgais, kurš minētās padomes $1^1/_2$ gada pastāvēšanas laikā ir iegūts aizstāvēšanas ceļā (neskaitot nostrifikāciju). Šīs padomes pilnvaru laiks izbeidzās nedēļu vēlāk, 1993. gada 31. decembrī.

L e o n i d s  R o z e

**JAUNUMI ĪSUMĀ ** JAUNUMI ĪSUMĀ ** JAUNUMI ĪSUMĀ**

**** Daudzus gadu desmitus starp Urāna faktisko kustību un tās teoriju bija vērojama sistemātiska atšķirība (pēdējos gados — gandrīz 0,5 loka sekundes), par kuras cēloni daži uzskatīja kādas nezināmas planētas pievilkšanas spēku. Izmantojot aprēķinos precizētās Jupitera, Saturna, Urāna un Neptūna masas vērtības, kas noteiktas pēc radiotehniskās sekošanas kosmisko aparātu «*Voyager*» kustībai šo planētu apkaimē (Neptūnam jaunā vērtība atšķiras no iepriekšējās pat par 0,5%), ir skaidrs, ka šādas atšķirības nav. Turklāt radiosekošana «*Voyager*» un «*Pioneer*» tālākajai kustībai liecina, ka Saules sistēmas nomalē nav nevienas planētas, kas pēc pievilkšanas spēka (tātad arī masas) būtu salīdzināma ar Zemi. Aprēķini, kas būtībā noraida hipotēzi par Saules sistēmas desmitās lielās planētas pastāvēšanu, veikti Kalifornijas Tehnoloģiskā institūta Reaktīvās kustības laboratorijā (JPL).**

## ATCEROTIES MATEMĀTIĶI Dr. E. GRINBERGU

*Šā izdevuma lasītājiem jau ir pazīstami ievērojamo latviešu matemātiķu E. Grinberga un E. Leimaņa darbi («Zvaigžņotā Debess», 1990./91. gada ziema, 20.—22. lpp.; 1991./92. gada ziema, 38.—40. lpp.). Soreiz piedāvājam prof. E. Leimaņa rakstu par Dr. E. Grinbergu, kas Latvijā nav publicēts, atklāj daudz jauna un papildina Latvijā publicēto (LZA Vēstis, 1993, B, 6. nr., 78.—80. lpp.), jo abi šie cilvēki līdz 1944. gadam bija gan tuvi draugi, gan kolēģi. Pēc kara viņu dzīves gaitas šķirās.*

*J. Dambītis*

## MATEMĀTIĶIS EMANUELS GRINBERGS*

Š. g. [1982.] maija beigās latviešu matemātiķus Rietumos pārsteidza vēsts, ka Rīgā 4. maijā miris viņu kolēģis Emanuels Grinbergs (Gruenbergs). Viņš cēlies no latviešu inteliģences divām vecākām ģimenēm. Viņa tēvs Jānis Grinbergs (1869—1923) bija luterāņu mācītājs Pēterpilī, vēlāk Krievijas latviešu ev.-lut. draudžu bīskaps. Māte Mērija, dzim. Grosvalde, bija zv. advokāta, Rīgas Latviešu biedrības ilggadējā priekšnieka, sabiedriskā darbinieka un pirmā Latvijas sūtņa Skandināvijas valstīs Frīdriha Grosvalda (1850—1924) meita. Grinberga kundzei Latvijas laikā piederēja tautisko tērpu salons Aspazijas bulvārī Rīgā. Emanuela Grinberga mātesbrālis, Dr. Oļģerts Grosvalds (1884—1962), kas daudz rakstījis par mākslas, literatūras un politiskiem jautājumiem, bija Latviešu nacionālās padomes Ārlietu nodaļas sekretārs, Latvijas delegācijas sekretārs Versaļas miera konferencē un kopš mūsu valsts atzīšanas *de iure* 1921. g. 26. janvārī Latvijas sūtnis Francijā, Beļģijā un Holandē. Vēlāk viņš bija sūtnis daudzās citās Eiropas valstīs un kopš 1934. g. atkal Francijā. Dr. Grosvalda nopelns ir, ka ar viņa pūlēm nodibināja latviešu skolnieku stipendijas Francijas licejos. Latvijas laikā šo iespēju mācīties Francijā izmantoja vairāki centīgi latviešu jaunekļi, ieskaitot nelaiķi.

Otrs viņa mātesbrālis — Jāzeps Grosvalds (1891—1920) — bija ievērojams gleznotājs. 1915. g. viņš iestājās latviešu strēlniekos, un 1917. g. viņu nosūtīja uz Francijas fronti. 1918. g. viņš piedalījās angļu armijas ekspedīcijā no Arābijas caur Persiju uz Kaukāzu. Šais pieredzējumos radās viņa ekspresīvie latviešu strēlnieku un bēgļu laikmeta tēlojumi, kā arī Austrumu akvareļi. Šādā rosīgā gaisotnē uzauga nākamais matemātiķis.

---

* Raksts pārpublicēts no: Universitas. — 1982. — 50(213). nr. — 50., 51. lpp.

Emanuels Donats Frīdrihs Jānis Grinbergs dzimis 1911. g. 25. janvārī Pēterpilī. 1924. g. viņš iestājās 1. Valsts ģimnāzijā Rīgā un 1927. g. pārgāja uz Turkuenas liceju Francijā. 1929. g. viņš ieguva pirmo vietu Francijas vidusskolnieku sacensībā matemātikā. Liceju Grinbergs beidza 1930. g., iegūdams Lilles Universitātē matemātikas un filozofijas bakalaura grādu. No 1930. līdz 1934. g. viņš studēja matemātiku LU, iegūdams *mag. math.* grādu. Pēc tam viņu atstāja pie matemātikas katedras, lai sagatavotos zinātniskai darbībai. Studentu sacensībās matemātikā viņš divas reizes ieguva pirmo godalgu par saviem darbiem. No 1935. g. janvāra līdz 1936. g. jūlijam viņš studēja kā K. Morberga fonda stipendiāts Augstākajā normālskolā Parīzē (*École Normale Supérieure*). Šajā slavenajā mācību iestādē, kas pieder pie Parīzes Universitātes, studējušas visas franču matemātikas slavenības. Tā arī nelaiķis tur dabūja savu pēdējo slīpējumu matemātikā.

Tanī pašā laikā arī šo rindiņu rakstītājs pavadīja Parīzē savu zinātniskā atvaļinājuma gadu, strādājot Puankarē Matemātikas institūtā. 30. gadu vidus bija rosīgs laikmets franču matemātikas jaunāko laiku vēsturē. Tanī laikā sāka darboties jauno franču matemātiķu grupa, kas vēlāk kļuva pazīstama ar kopīgo pseidonīmu Nikolajs Burbāki. Tā sprauda par savu mērķi pārrakstīt visu matemātiku, raugoties no mūsdienu matemātikas viedokļa. Tā mēs abi ar nelaiķi bijām aculiecinieki šī lielā pasākuma, kas vēl tagad nav pabeigts, mazam sākumam. Sīkāk par to esmu rakstījis savā 1980. g. rakstā «Ieskats mūsdienu matemātikā» («Tehnikas Apskats», 88., 89. nr.). Atgriežoties no Parīzes mājup, 1936. g. jūlijā abi piedalījāmies starptautiskā matemātiķu kongresā Oslo, Norvēģijā.

1937. g. Grinbergs habilitējās LU par privātdocentu matemātikā, 1940. g. viņu ievēlēja par docentu, un 1943. g. viņš ieguva *Dr. math.* grādu. Savā habilitācijas darbā viņš pētījis līknes $n$-dimensiju Eiklīda telpā un šādā telpā ietvertās varietātēs, pievēršot galveno vērību līkņu lielumiem un oskulētajām lineārām un sfēriskām varietātēm. Savā doktora disertācijā Grinbergs uzrāda vairākus jaunus rezultātus, zīmējoties uz divu ģeometrisku figūru oskulāciju, superoskulāciju un raksturīgiem punktiem $n$-dimensiju telpā.

Vācu okupācijas laikā Grinbergu iesauca Latviešu leģionā, un otrā pasaules kara beigās viņš nonāca Vācijā. Pēc kara viņš atgriezies atpakaļ Latvijā, bet viņa vārds nekad neparādījās Latvijas Valsts universitātes (LVU ir LU pēcnācēja pēc krievu okupācijas) mācību spēku sarakstos, kaut toreiz bija liels mācību spēku trūkums. Kopš 1960. g. viņš minēts kā LVU Skaitļošanas centra (dibināts 1959. g.) līdzstrādnieks un tuvinātāju me-

LU matemātiķi pēc vec. doc. Arvīda Lūša doktora disertācijas aizstāvēšanas 1938. gadā. Sēž: doc. Alfrēds Putns, prof. Alfrēds Mēders, vec. doc. Arvīds Lūsis un doc. Eižens Leimanis. Stāv: asist. Juris Rāts, priv. doc. Ernests Fogels, Matemātikas semināra bibliotekāre M. Kalēja, asist. Nikolajs Brāzma un priv. doc. Emanuels Grinbergs. (Sk. arī G. Enģeļa rakstu «Profesoru Alfrēdu Mēderu pieminot» 23. lpp.)

tožu grupas vadītājs. Šķiet, ka līdz tam viņam bijis liegts mācīt un zinātniski strādāt. Ja sākumā Grinberga pētniecības lauki bija ģeometrija un diferenciālģeometrija, tad kopš 1960. g. viņš pievērsies galvenokārt praktiska rakstura problēmām, kā tuvinātājām metodēm, komunikācijas teorijai, pētot, piemēram, matemātiskus jautājumus, kam sakars ar automātiskas telefona centrāles konstruēšanu, sarežģītu sistēmu modulēšanai ar elektroniskiem skaitļotājiem, grafu teorijai un citiem laukiem. Grafu teorijā Grinbergs ieguvis sev paliekamu vietu, dodot 1968. g. nepieciešamo noteikumu, lai plakanam grafam būtu Hamiltona cikls. Pēc šāda noteikuma bija ilgi meklēts. Grinbergs publicējis pāri par 20 darbu. Viņa pēckara darbi pa lielākai daļai iespiesti «Latvijas Matemātiskā Gadagrāmatā» (Latvijskij matematičeskij ježegodņik), kurā visi raksti ir krievu valodā. Kopš 1966. g. viņš bijis arī šī žurnāla redaktoru kolēģijas loceklis.

Lai gan Grinbergs bija ļoti apdāvināts un vispusīgs matemātiķis, dzīves un darba apstākļi viņa mūža otrajā pusē diemžēl neļāva pilnīgi uzplaukt viņa talantam un līdz ar to arī viņa produktivitātei. Neraugoties uz to, mēs šodien esam pateicīgi par viņa devumu matemātikā.

Emanuels Grinbergs, tāpat kā viņa tēvs, vectēvs F. Grosvalds un tēvocis Dr. O. Grosvalds, bija [korporācijas] «Lettonia» filistrs.

Ar Emanuelu kā cilvēku vistuvāk iepazinos mūsu uzturēšanās laikā Parīzē, kur bieži tikāmies. Ja man šodien jāmin kaut pāris viņa rakstura īpašību, tad tās bija viņa lielā smalkjūtība un dziļā inteliģence.

Lai Dieva miers Tev, mīļais kolēģi un konfilistr!

Eižens Leimanis, sel.

# PAR MATEMĀTIĶA EMANUELA GRINBERGA NEKROLOGU («UNIVERSITAS» 50(1982) : 50—51)

□ *Pēc Latvijas padomju enciklopēdijas ziņām (3. sēj. 639. lpp.), G. miris 1982. g. 25. aprīlī, nevis 4. maijā, kā minēts nekrologā.*

□ *Otrā pasaules kara beigās G. palicis Latvijā un nav nonācis Vācijā.*

□ *Spriežot pēc «Latvijas Matemātiskās Gadagrāmatas» (krievu val.) 27. sējumā (1983) iespiestā cildinošā nekrologa un darbu saraksta (krievu val.), G. publicējis kopā ar citiem autoriem 52 darbus (Universitas nekrologā minēts, ka viņš publicējis pāri par 20 darbu).*

□ *Par integrālo shēmu projektēšanas automatizēšanu G. 1980. g. saņēmis Latvijas PSR Valsts prēmiju.*

Eižens Leimanis, sel.

# PROFESORU ALFRĒDU MĒDERU PIEMINOT

Pagājušajā rudenī apritēja 120 gadu, kopš dzimis Rīgā strādājušais baltvācu matemātiķis Alfrēds Mēders, un 1994. gada vasarā apritēja 50 gadu kopš viņa nāves. Atcerēsimies daudzu Latvijas vecākās paaudzes matemātiķu skolotāju, vienu no matemātikas zinātnes pamatlicējiem Latvijā!

Alfrēds Arnolds Ādolfs Mēders dzimis 1873. gada 1. oktobrī Rīgā, Vidzemes guberņas ģimnāzijas matemātikas virsskolotāja ģimenē. Šo ģimnāziju (pārdēvētu par Nikolaja ģimnāziju) beidzis 1890. gadā, no 1891. gada līdz 1895. gadam studējis matemātiku Tartu universitātē. Izcilākais matemātiķis tur toreiz bijis Ā. Knēzers (pazīstams ar saviem darbiem integrālvienādojumos, diferenciālvienādojumos un variāciju rēķinos), ar kuru A. Mēderam saglabājušies cieši kontakti arī vēlākajos gados. Studiju laikā par kādu zinātnisku darbu A. Mēders saņēmis zelta medaļu, universitāti beidzis ar *cand. math.* grādu. No 1897. gada līdz 1918. gadam strādājis Rīgas Politehniskajā institūtā, sākumā kā K. Kupfera asistents tēlotājā ģeometrijā, vēlāk kā docents un adjunktprofesors augstākajā matemātikā kopā ar P. Bolu. 1906. gadā Sanktpēterburgas universitātē ieguvis maģistra *(mag. math.)* grādu. No 1919. gada līdz 1939. gadam A. Mēders bijis Latvijas Universitātes profesors, līdz 1924. gadam strādājis arī Ķīmijas un Arhitektūras fakultātē, bet pēc tam pilnīgi pārgājis uz Matemātikas un dabaszinātņu fakultātes matemātikas zinātņu nodaļu, kur ilgus gadus lasījis lekcijas diferenciālrēķinos, integrālrēķinos, diferenciālģeometrijā, varbūtību teorijā un kompleksā mainīgā funkciju teorijā. Līdz 1927. gada vasarai lasījis krievu, pēc tam vācu valodā. Domājams, ka sarunvalodas līmenī viņš latviešu valodu pratis, bet lekcijas latviski nav lasījis terminoloģijas grūtību dēļ (augstākās matemātikas terminus latviešu valodā toreiz tikko sāka izstrādāt), varbūt arī lai izvairītos no praktiski neizbēgamām valodas kļūdām, par ko studenti šad tad uzjautrinājās citu nelatviešu docētāju nodarbībās. 1938. gadā A. Mēders apbalvots ar Triju Zvaigžņu ordeni un ievēlēts par LU Goda doktoru. 1939. gada rudenī profesors sāka lasīt kārtējās lekcijas, tomēr bija spiests repatriēties. Miris Poznaņā 1944. gada 28. jūnijā.

A. Mēders atstājis 16 zinātniskas publikācijas, kopā ap 400 lappušu, kā arī augstākās matemātikas mācībgrāmatu (ap 300 lappušu). Vairums publikāciju attiecas uz diferenciālģeometriju (telpas līkņu, it sevišķi to singulāro punktu pētījumi) un matemātisko analīzi (interesants darbs par t. s. nenoteiktībām formā 0/0 vairāku argumentu gadījumā, sakarības starp dažādiem funkcionāldeterminantiem u. c.). Lielākā daļa darbu iespiesta nozīmīgākajos vācu matemātikas žurnālos, daži arī LU Rakstos. Vēlāk Rīgas matemātiķi strādājuši citos virzienos, bet jāuzsver tas apstāklis, ka visi 20. un 30. gados izglītību ieguvušie Latvijas matemātiķi (A. Lūsis, E. Leimanis, A. Putns, E. Fogels, E. Grinbergs, N. Brāzma, Š. Mihelovičs un daudzi citi), fiziķi (R. Siksna, J. Fridrihsons, A. Apinis, L. Jansons) un astronomi (S. Slaucītājs, S. Vasiļevskis, K. Šteins, J. Ikaunieks) 50% savas matemātiskās izglītības ir ieguvuši pie A. Mēdera, jo līdz 1934. gadam matemātikas priekšmetus bez viņa mācīja vēl tikai E. Lejnieks. Ja studentiem grūtības nesagādāja vācu valoda (toreiz pirmā svešvaloda skolās), tad no profesora Mēdera lekcijām varēja ļoti daudz iegūt. Kurss vienmēr bija labi izplānots, atrasti vienkāršākie izvedumi, stāstījums skaidrs, labā dikcijā, lieliski zīmējumi, materiālu atdzīvināja nelieli vēsturiski iespraudumi. Uzmanību saistīja arī profesora lieliskā stāja, vienmēr korektā izturēšanās. Nedaudzajiem matemātiķiem, kuri A. Mēderu atceras no personiskās saskares, šīs atmiņas ir siltas un gaišas. Latvijas matemātikas vēsturē profesoram ir un paliks arī turpmāk ļoti nozīmīga vieta.

G. Eņģelis

# 1993. GADA NOBELA PRĒMIJU FIZIKĀ SAŅEM ASTROFIZIĶI

Nobela prēmija ir starptautiski visaugstākā prestiža apbalvojums par veikumu zinātnē, literatūrā un miera veicināšanā. Savukārt starp piecām Nobela prēmijām un Nobela memoriālo prēmiju, ko ik gadus piešķir Karaliskā Zviedrijas Zinātņu akadēmija (fizikā, ķīmijā un ekonomikā), Karaliskais medicīnas un ķirurģijas institūts (fizioloģijā, medicīnā), Zviedru akadēmija (literatūrā) Stokholmā un Norvēģijas stortinga Nobela komiteja (par darbību miera veicināšanā) Oslo, sevišķi augstu tiek vērtēta Nobela prēmija fizikā. 1993. gadā šo augsto atzinību ir izpelnījušies divi amerikāņu zinātnieki — astrofiziķis Džozefs Teilors un plazmas fiziķis Rasels Halss par neitronu zvaigžņu dubultsistēmas atklāšanu un gravitācijas starojuma eksistences astrofizikālā pamatojuma izstrādāšanu. Tātad faktiski prēmija ir piešķirta par pētījumiem un atklājumiem astrofizikā.

1993. gada Nobela prēmija fizikā izceļas ar to, ka tā ir jau otrā prēmija, kas tiek piešķirta par pulsāru vai neitronu zvaigžņu pētījumiem. Ja atceramies, 1974. gadā šo apbalvojumu par pulsāru atklāšanu un to fizikālās dabas pētījumiem saņēma angļu radioastronoms Antonijs Hjūišs (kopā ar otru angļu zinātnieku — seru Martinu Railu, kas tika apbalvots par apertūras sintēzes metodes izstrādāšanu; sk. *Balklavs A.* Radioastronomi saņem Nobela prēmiju // Zvaigžņotā Debess. — 1975. gada vasara. — 22.—28. lpp.).

Aizsākumi šiem ļoti nozīmīgajiem zinātniskajiem sasniegumiem ir attiecināmi uz 1967. gadu, kad A. Hjūišs atklāja, turklāt nejauši, pirmo pulsāru, tā ievadīdams šo eksotisko kosmisko objektu pētījumus, kuri tagad izvērsušies par veselu astrofizikas nozari, ko var saukt par neitronu zvaigžņu fiziku. Jaunais atklājums un it sevišķi varbūtība, ka pulsāru gadījumā astrofiziķi beidzot ir sastapušies ar līdz tam hipotētiskajām, cītīgi meklētajām, bet vēl neatrastajām neitronu zvaigznēm, pievērsa šiem objektiem vispārēju uzmanību. Īsā laikā pulsāri kļuva par vienu no prioritāriem astrofizikālo pētījumu virzieniem un to meklēšanā un novērošanā iesaistījās daudzi pētnieku kolektīvi un lielākā daļa pasaules radioastronomisko observatoriju, kurām bija piemēroti instrumenti un aparatūra. Par problēmas zinātnisko nozīmību liecina arī fakts, ka tās risināšanai tika piešķirti ievērojami līdzekļi, kas paredzēti arī jaunu instrumentu būvei.

Vienai no šādām pētnieku grupām Masačūsetsas Universitātē (Amhērsta, ASV), kura cēla tā saukto Piecu koledžu radioastronomisko observatoriju, 1969. gadā pievienojās Dž. Teilors. Vēlāk tās darbā iesaistījās arī R. Halss — toreiz nesen studijas beidzis jauns speciālists (pašlaik R. Halss astrofizikālos pētījumos vairs nepiedalās — viņa zinātniskās intereses jau labu laiku ir saistītas ar plazmas fizikas tematiku, tādēļ Nobela prēmijas piešķiršana par astrofizikāliem pētījumiem viņam, pēc paša vārdiem, bija liels pārsteigums). Un viens no Dž. Teilora pirmajiem zinātniskās pētniecības projektiem bija sistemātiski jaunu pulsāru meklējumi un pētījumi.

Šā darba gaitā Masačūsetsas Universitātes pētnieku grupa reģistrēja ap 40 jaunu pulsaru radiostarojumu, taču visinteresantakais, izrādās, ir 1974. gadā atklātais objekts, kas pulsāru katalogā ierakstīts ar apzīmējumu PSR 1913+16. Novērojumi parādīja, ka PSR 1913+ +16 ir dubultsistēma, kas sastāv no divām ciešām neitronu zvaigznēm, no kurām viena izstaro pulsāriem raksturīgos radioimpulsus ar sekošanas frekvenci 0,05903 Hz, bet otras eksistence atklājas, tikai ar lielu precizitāti analizējot pulsāra izstaroto radioimpulsu parametrus, un tieši par šīs dubultsistēmas pētījumiem tad arī tika piešķirtas 1993. gada Nobela prēmijas.

Kaut gan «Zvaigžņotās Debess» lasītāji jau kopš pirmo pulsāru atklāšanas ir regulāri iepazīstināti ar jaunākajiem sasniegumiem šo objektu pētniecībā (sk., piem., autora rakstus šajā izdevumā: 1968. gada rudens, 9.—11. lpp., 1969. gada rudens, 22.—25. lpp., 1971. gada vasara, 28., 29. lpp., 1973./74. gada ziema, 17., 18. lpp., 1975./76. gada ziema, 11.—13. lpp., 1991. gada pavasaris, 19., 20. lpp.), tomēr, lai vieglāk uztvertu, kādēļ šis atklājums ir guvis tik izcilu novērtējumu, nedaudz atcerēsimies pašas galvenās atziņas par pulsāru un neitronu zvaigžņu dabu.

Neitronu zvaigznes ir par Sauli masīvāku zvaigžņu attīstības pēdējā stadija. Tajā zvaigzne nonāk, kad ir izbeigušies visi zvaigznes kodoltermiskās degvielas krājumi. Pašgravitācijas dēļ zvaigzne turpina saraušanos, un šo procesu beigu beigās apstādina (ir spējīgs apstādināt) pretspiediens, ko rada zvaigznes kodolā izveidojusies deģenerētā neitronu viela. Šīs vielas blīvums ir ļoti liels — ap $3 \cdot 10^{14}$—$2 \cdot 10^{15}$ g/cm$^3$, tātad tuvs atoma kodola vielas blīvumam. Neitronu zvaigznes ārējos slāņus (cietu virsmu) veido galvenokārt dzelzs ar nelieliem hroma, niķeļa un kobalta elementu piemaisījumiem. Līdz šim atklāto neitronu zvaigžņu skaits jau pārsniedz 500, un ir atklāti pulsāri arī tuvākajā kaimiņgalaktikā — Lielajā Magelāna Mākonī (sk.: *Balklavs A.* Identificēts pirmais ārpusgalaktikas pulsārs // Zvaigžņotā Debess. — 1994. gada pavasaris. — 15.—19. lpp.), ko var uzskatīt par vienu no 1993. gada astronomiskajām sensācijām.

Neitronu zvaigžņu eksistenci paredzēja V. Bāde un F. Cvikijs jau šā gadsimta 30. gados drīz vien pēc neitrona atklāšanas, attīstot zvaigžņu iekšējās uzbūves un evolūcijas teoriju. No šīs teorijas tad arī izrietēja šādu kosmisku objektu eksistences nepieciešamība un neizbēgamība, ja vien, protams, teorija ir pareiza, t. i., ja tā atbilstoši īstenībai apraksta pastāvošo realitāti. Neitronu zvaigžņu atklāšana tādējādi ir svarīgs pierādījums tam, ka mūsu teorētiskie priekšstati par kosmiskās matērijas apriti ir pareizi.

Neitronu zvaigžņu lielais blīvums arī nosaka to, ka visa neitronu zvaigznes masa, aptuveni 1,4—2,7 Saules masas jeb 500—800 tūkstoši Zemes masas, ir saspiesta lodē, kuras diametrs ir tikai daži desmiti kilometru. Šie mazie diametri savukārt izskaidro ļoti lielos neitronu zvaigžņu rotācijas ātrumus, kas dažām no tām sasniedz vairākus desmitus apgriezienu sekundē, tā padarot tās par savdabīgiem kosmiskiem vilciņiem.

Neitronu zvaigžņu gravitācijas un magnētiskais lauks ir ārkārtīgi spēcīgs, tādēļ arī fizikālie procesi, kas norisinās šo zvaigžņu dzīlēs un apkārtnē, ir ļoti neparasti. To aprakstam vairs nevar izmantot klasiskās jeb tā sauktās Ņūtona fizikas priekšstatus un metodes, bet ir jālieto relativitātes teorija.

Ja neitronu zvaigzne atrodas pietiekami blīvā starpzvaigžņu putekļu un gāzu vidē, tad tās spēcīgais gravitācijas lauks izraisa ļoti intensīvu šīs starpzvaigžņu matērijas jeb vielas krišanu (akrēciju) uz zvaigzni. Vielai krītot un mijiedarbojoties ar tikpat spēcīgo neitronu zvaigznes magnētisko lauku, tās kinētiskā enerģija transformējas dažādu starojuma enerģiju formās, tostarp arī radiostarojumā. Šīs enerģijas savukārt tiek izstarotas kā virzīti kūļi jeb stari, kas sakarā ar neitronu zvaigznes ātro rotāciju un atkarībā no neitronu zvaigznes un novērotāja savstarpējā novietojuma (ģeometrijas) parādās kā impulsveida (pulsējoši) uzliesmojumi. Tā arī ir pulsāra parādība — savdabīga kosmiska radiostarojuma, optiskā vai pat rentgena un gamma starojuma bāka.

Neitronu zvaigžņu, resp., pulsāru pētījumi parādīja, ka tiem ne tikai ir svarīga nozīme fundamentālu astrofizikas un fizikas problēmu risināšanā, t. i., zvaigžņu evolūcijas teorijā, starpzvaigžņu vides fizikālo parametru vērtību noteikšanā, superblīvu vielas stāvokļu fizikā utt., bet tos iespējams izmantot arī praktiskos nolūkos, piemēram, laika dienestā.

Sistēmas PSR 1913+16 (tās galaktiskās koordinātas ir: rektascensija 1913,10, deklinācija 16,40) otra komponente, kā jau minēts, nav redzama, un par tās eksistenci var spriest, tikai analizējot sistēmas pulsāra (tas rotē ap asi ar ātrumu 0,05903 apgr./s) radiostarojuma impulsu frekvences izmaiņu īpatnības. Visi šie mērījumi un to analīze ir devusi iespēju aprēķināt kā abu komponenšu masas (ap 1,4 Saules masas), tā arī to orbitālo apriņķošanas periodu (ap 8 stundām) u. c. lielumus. Izrādās, ka neitronu zvaigžņu savstarpējais attālums šajā sistēmā ir tikai dažas reizes lielāks par Mēness attālumu no Zemes, bet pašas sistēmas attālums no Zemes ir apmēram 2 parseki.

Kļuva skaidrs, ka šādā ciešā dubultsistēmā, kurā ar lielu ātrumu viens otru apriņķo divi relatīvistiski objekti — neitronu zvaigznes — ar ļoti spēcīgiem gravitācijas laukiem, ir visai skaidri jāizpaužas vispārējās relativitātes teorijas paredzētajiem efektiem. Apstiprinājumu tam deva ļoti precīzie orbitālās kustības perioda izmaiņu mērījumi, kas parādīja, ka šis savstarpējās apriņķošanas periods nepārtraukti samazinās. Pašlaik šī samazināšanās notiek ar ātrumu 75 mikrosekundes gadā (šis ātrums ir mainīgs), un līdz ar to nepārtraukti samazinās arī attālums starp abām neitronu zvaigznēm. Nav grūti aprēķināt, ka pēc dažiem simtiem miljoniem gadu, ja perioda samazināšanās turpināsies ar tādu pašu ātrumu, notiks savdabīga kosmiska kataklizma — abas neitronu zvaigznes ietrieksies viena otrā, izveidojot melno caurumu. Par šādas kosmiskas katastrofas sākumu un norisi pavēstīs tās gaitā ģenerētais ļoti spēcīgais gravitācijas starojuma impulss. Paredzēts, ka šādus impulsus uztvers gravitācijas viļņu observatorijas, kuras jau tiek projektētas un būvētas Lielbritānijā, Vācijā u. c. (sk.: *Balklavs A.* Gravitācijas starojums — teorija un prakse // Zvaigžņotā Debess. — 1992. gada pavasaris. — 2.—8. lpp.).

1993. gada Nobela prēmijas laureāti fizikā Dž. Teilors *(pa kreisi)* un R. Halss.

Šīs apriņķošanas perioda samazināšanās cēlonis ir savstarpējās rotācijas enerģijas transformēšanās gravitācijas viļņos, kuri rodas, gravitējošām masām paātrināti kustoties vienai otras gravitācijas laukā, un aiznes (disipē) šo sistēmas enerģiju. Aprēķini, kuros tika izmantoti vispārīgās relativitātes teorijas vienādojumi, apstiprināja šo secinājumu pareizību. Iegūtie dati noderēja par gravitācijas starojuma jeb gravitācijas viļņu reālas eksistences pirmo astrofizikālo pierādījumu, kas savukārt būtiski palielināja šīs ne vienu reizi vien apšaubītās teorijas ticamību. Tas stimulēs ne tikai šā ļoti svarīgā pētījumu virziena — kosmisko gravitācijas viļņu detektēšanas metožu un instrumentu (gravitācijas starojuma teleskopu) izstrādāšanu un būvēšanu (šādas observatorijas jau tiek celtas), bet arī apvienoto sadarbju teorijas tālāku izveidošanu, kas ir visaktuālākais mūsdienu fizikas uzdevums.

Neitronu zvaigznes (kopā ar baltajiem punduriem un melnajiem caurumiem) ir izteikti relatīvistiski objekti, un to astrofizikālie pētījumi dod neaizstājamu ieguldījumu šādu ekstremālu vielas stāvokļa vienādojumu precizēšanā un relatīvistisku procesu izzināšanā. Minēto procesu modelēšana Zemes laboratorijās ir apgrūtināta vai vispār nav iespējama, tomēr bez to izpratnes nav iedomājama tālāka fizikas attīstība. Savukārt no tās vistiešākā veidā ir atkarīgs mūsu turpmākais progress jaunu enerģijas avotu un materiālu tehnoloģijas jomā, un tas arī izskaidro, kāpēc par neitronu zvaigžņu un dubultpulsāra PSR 1913+16 atklāšanu un izpēti 1974. un 1993. gadā piešķirtas Nobela prēmijas.

Astronomija — fizika — tehnoloģija — tāds ir gan vēsturiskais, gan modernās civilizācijas atziņu un sasniegumu iegūšanas ceļš, un tas arī nosaka tos milzīgos līdzekļus, ko pasaules attīstītās valstis iegulda astronomisko pētījumu nodrošināšanā, un to starptautisko atzinību, kādu izpelnās izcili atklājumi šajās jomās.

Nobela prēmija fizikā, ko 1993. gadā saņēma Dž. Teilors un R. Halss, ir jau sestais apbalvojums, kurš kopš šo prēmiju iedibināšanas (sākot ar 1901. gadu) piešķirts astronomiskas ievirzes darbiem. Pirmā prēmija 1936. gadā tika piešķirta Viktoram Francim Hesam (Austrija) par kosmiskās radiācijas (kosmisko staru) atklāšanu, otrā — 1967. gadā Hansam Albrehtam Bētem (ASV) par ieguldījumu kodolreakciju teorijā, it sevišķi par atklājumiem attiecībā uz enerģijas producēšanos zvaigznēs (sk.: *Francmanis J., Varšavskis V.* Hanss Albrehts Bēte — 1967. gada Nobela prēmijas laureāts // Zvaigžņotā Debess. — 1968. gada vasara. — 36., 37. lpp.), trešā — 1978. gadā Arno Penziasam un Robertam Vilsonam (ASV) par reliktā starojuma fona atklāšanu (šī prēmija bija dalīta — otru pusi saņēma Pjotrs Kapica (PSRS) par saviem darbiem fizikā, ieskaitot supraplūstamības atklāšanu šķidrajam hēlijam; par šīm prēmijām sk.: *Romanovskis T.* Akadēmiķis P. Kapica — Nobela prēmijas laureāts; *Francmanis J.* Nobela prēmija reliktstarojuma atklājējiem // Zvaigžņotā Debess. — 1979. gada vasara. — 31.—34. lpp.), ceturtā — 1974. gadā jau pieminētā prēmija Mārtinam Railam un Antonijam Hjūišam un piektā — 1983. gadā Subrahmanjanam Čandrasekaram un Viljamam Alfrēdam Fauleram (ASV) par darbiem zvaigžņu iekšējās uzbūves un evolūcijas un ķīmisko elementu rašanās teorijā (sk.: *Francmanis J.* S. Čandrasekars un V. A. Faulers — Nobela prēmijas laureāti fizikā // Zvaigžņotā Debess. — 1986. gada rudens. — 38., 39. lpp.).

A. Balklavs

JAUNUMI ĪSUMĀ ** JAUNUMI ĪSUMĀ ** JAUNUMI ĪSUMĀ

** Asteroīds 1993 $KA_2$, ko 1993. gada 20. maijā ar ASV tuvā kosmosa optiskās patrulēšanas tīkla *«Spacewatch»* 0,9 metru teleskopu atklāja amerikāņu astronoms Toms Gērelss, dienu pirms tam bija palidojis garām Zemei tikai 140 000 km attālumā. Šā objekta diametrs, spriežot pēc spožuma, ir tikai 5—10 metri. Tādējādi asteroīds 1993 $KA_2$ ir gan vissīkākais, gan vistuvāk Zemei nonākušais mums zināmais debess ķermenis (protams, ja neskaita tos, kas iedrāzušies atmosfērā). Šis objekts riņķo ap Sauli ar 3,3 gadu periodu gandrīz ekliptikas plaknē (orbītas slīpums — tikai 3°), perihēlijā nonākdams iekšpus Venēras orbītas, bet afēlijā gandrīz sasniegdams Jupitera orbītu.

# PLANĒTU KUSTĪBA KĀ VIENKĀRŠU KUSTĪBU SALIKUMS

No skolas fizikas kursa mēs zinām, ka slīpi pret horizontu sviests ķermenis izpilda vienlaicīgi divas neatkarīgas kustības: paralēli Zemes virsmai ķermenis kustas ar vienmērīgu ātrumu, bet vertikālā plaknē tas brīvi krīt ar paātrinājumu $g$. Šādu kustību izpilda, piemēram, sporta lode. Abu kustību salikumā sporta lode kustas pa parabolu.

Planētu kustību pieņemts aprakstīt ar t. s. Keplera likumiem.

1. Planēta riņķo ap Sauli pa elipsi, kuras vienā fokusā atrodas Saule.
2. Rādiusvektors Saule—planēta vienādos laiksprīžos apraksta vienādus laukumus.
3. Planētu riņķojumā periodu $T_1$ un $T_2$ kvadrātu attiecība ir vienāda ar šo planētu orbītu lielo pusasu kubu attiecību.

Abi pirmie likumi palikuši nemainīgi kopš 1609. gada, kad Keplers publicēja šos planētu kustības likumus. Trešo likumu precizēja Ņūtons, parādīdams, ka Keplera likumi ir iegūstami no vispārīgā kustības vienādojuma (Ņūtona kustības vienādojums) un gravitācijas likuma. Taču šis izvedums ir tik sarežģīts, ka to bieži vien neaplūko pat augstskolas vispārīgās fizikas kursā.

Interesanti, ka Keplera laikabiedrs G. Galilejs ķermeņu kustību uz Zemes aprakstīja citādi, proti, ar ātruma jēdziena palīdzību. Galilejs definēja vienmērīgu taisnvirziena kustību kā tādu, kurā ķermenis jebkuros pēc patikas īsos vienādos laiksprīžos pārvietojas vienādā attālumā. Šodien mēs sakām, ka šo kustību var aprakstīt ar tādu vektoru, kura virziens un modulis nemainīgs.

Otra vienkārša kustība, kura bija zināma jau pirms Galileja, ir kustība pa riņķi. Galileja interpretācijā ķermenis kustas vienmērīgi pa riņķi, ja tas pēc patikas īsos vienādos laiksprīžos veic vienādus lokus jeb rādiusvektors apraksta vienādus leņķus. Kustību pa riņķi pieņemts izteikt ar leņķiskā ātruma jēdziena palīdzību. Ķermeņa lineārais ātrums $V$ riņķī ar rādiusu $r$ ir

$$V = r\omega.$$

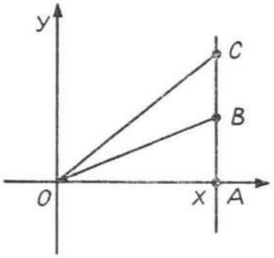
Kustībā pa riņķi ātruma vektora modulis ir nemainīgs tāpat kā vienmērīgā taisnvirziena kustībā, bet ātruma vektora virziens vienmērīgi mainās ar to pašu leņķisko ātrumu $\omega$, ar kuru mainās rādiusvektora virziens.

Pievērsīsim uzmanību tam, ka abas aprakstītās kustības ir principiāli neatkarīgas, proti, nevienu no tām nevar izteikt ar otras palīdzību. Taisnvirziena kustību mēs aprakstām ar lineāro pārvietojumu, bet riņķveida kustību — ar leņķisko pārvietojumu. Taisnvirziena kustībā nemainīgs ir ātruma virziens un mainīgs — leņķiskais ātrums. Riņķveida kustībā nemainīgs ir leņķiskais ātrums un mainīgs — ātruma virziens. Tomēr eksistē paņēmiens, kā abas kustības izteikt vienā valodā.

Pievērsīsim uzmanību laukumam, kuru rādiusvektors apraksta abās kustībās. Pieņemsim, ka ķermenis laikbrīdī $t=0$ atrodas punktā

A un kustas y ass pozitīvā virzienā ar ātrumu $v$ (1. att.). Laikā $t$ tas veic ceļu $AB=vt$ un rādiusvektors apraksta trīsstūra AOB laukumu

$$S(\triangle AOB)=0{,}5xvt.$$




*1. att.*

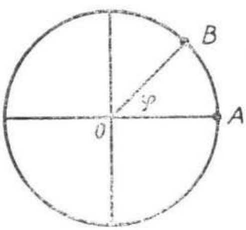
Nākamajās $t$ sekundēs rādiusvektors apraksta trīsstūri BOC. Tā kā trīsstūra laukums ir puse no pamatnes ($BC=vt$) reizinājuma ar augstumu $x$, tad noklātais laukums ir

$$S(\triangle BOC)=0{,}5xvt.$$

Tātad vienmērīgā taisnvirziena kustībā rādiusvektors apraksta laukumu ar vienmērīgu ātrumu, kuru teorētiskajā mehānikā sauc par sektoriālo ātrumu $\sigma=0{,}5xv$.

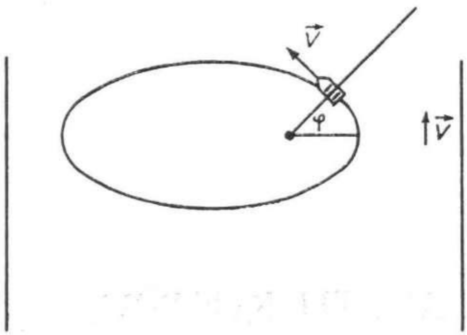
Tagad pievērsīsimies riņķveida kustībai (2. att.). Rādiusvektors $t$ sekundēs apraksta laukumu, kas vienāds ar sektora AOB laukumu

$$S(AOB)=0{,}5r^2\varphi=0{,}5r^2\omega t=0{,}5rVt.$$




*2. att.*

Tā kā rādiusvektors kustas ar vienmērīgu ātrumu $\omega$, tad arī nākamajās $t$ sekundēs tiks




*3. att.*

aprakstīts tāds pats laukums. Vienmērīgā kustībā pa riņķi sektoriālais ātrums arī ir nemainīgs $\sigma=0{,}5rV$.

Tagad saliksim abas kustības kopā. Uzskatāmības labad aplūkosim laivas kustību ūdenī. Iedomāsimies motorlaivu, kas kustas ar nemainīgu ātrumu $v$. Laivu ar centru C savieno bezmasas stienis, pa kuru laiva var brīvi slīdēt (3. att.). Laiva vienmēr ir vērsta perpendikulāri stienim. Pieņemsim, ka upē straumes ātrums ir $v$. Ja laivas motors ir izslēgts, tad tā kustēsies vienmērīgi taisnā virzienā ar ātrumu $v$. Ja straumes ātrums ir nulle un motors ir ieslēgts, tad laiva kustēsies pa riņķi ar ātrumu $V$. Tagad saliksim abas kustības kopā. Tā kā kustības ir neatkarīgas, tad sektoriālais ātrums būs

$$\sigma=0{,}5(xv+rV).$$

Ņemsim vērā, ka $x/r=\cos(\varphi)$, tādēļ sektoriālais ātrums ir uzrakstāms šādi

$$\sigma=0{,}5rV(1+\varepsilon\cos(\varphi)),$$

kur $\varepsilon=v/V$. Tā kā sektoriālais ātrums ir nemainīgs, tad mēs varam uzzināt ķermeņa trajektoriju:

$$r=p/(1+\varepsilon\cos(\varphi)),$$

kur $p=2\sigma/V$.

Ar kalkulatoru vai datoru var aprēķināt laivas attālumu līdz centram dažādām leņķa vērtībām un tad aprēķināt ķermeņa koordinātas pēc formulām:

$$x=r\cos(\varphi), \quad y=r\sin(\varphi).$$

Atliekot koordinātas koordinātu asīs, iegūstam trajektorijas attēlu. Matemātikā ir zināms, ka vienādojums $r=p/(1+\varepsilon\cos(\varphi))$ apraksta konusa šķēlumus. Ja $\varepsilon<1$, t. i., straumes ātrums ir mazāks par laivas ātrumu $V$, tad ķermenis kustēsies pa elipsi tāpat kā planētas. Ja $v=V$, tad trajektorija būs parabola, bet, ja $v>V$, tad laiva kustēsies pa hiperbolu kā meteori.

Nobeigumā izteiksim motorlaivas kustību ar ātruma vektoru palīdzību. Motorlaivas ātrums katrā brīdī ir divu vektoru summa

$$\vec{v}+\vec{V}.$$

Attiecinot doto izklāstu uz planētu kustību, varam formulēt šādu kustības likumu: **planēta vienlaicīgi piedalās divās neatkarīgās un vienkāršās kustībās:** tā kustas kādā nemainīgā virzienā ar ātrumu $v$ un perpendikulāri virzienam Saule—planēta ar nemainīgu ātrumu $V$. Tas nozīmē, ka Saule maina tikai šā ātruma vektora virzienu. Katrā dotajā brīdī planētas ātrums ir abu vektoru summa.

No šā vienkāršā **ātrumu saskaitīšanas** likuma izriet pirmie divi Keplera likumi. Bet par to citā rakstā.

T. Romanovskis

# TURNĪRU MATEMĀTIKA, IV

*(Turpinājums. Sākumu sk. 1993. gada rudens numurā.)*

Atgādinām, ka mēs aplūkojam turnīrus ar $n$ dalībniekiem ($n\geqslant 2$), kuros katram ar katru paredzēts sacensties tieši vienu reizi, turklāt neizšķirtu nav. Dalībniekus mēs bieži attēlosim ar punktiem un apzīmēsim ar burtiem (varbūt lietojot arī indeksus). Ka dalībnieks A uzvarējis dalībnieku B, attēlosim ar pierakstu A→B.

## 5.4. MONOTONU TURNĪRU PILNĪGA SAKĀRTOŠANA

Atgādinām, ka šajā rakstu sērijas daļā aplūkojam **monotonus** turnīrus, t. i., tādus, kuros katriem trim spēlētājiem A, B un C no A→B un B→C seko A→C. (Matemātiķi tādos gadījumos sacītu, ka monotonā turnīrā uzvarēšana spēlē ir tranzitīva attiecība.) Iepriekš centāmies noskaidrot minimālo spēļu skaitu, kas monotonā turnīrā ļauj atrast čempionu; čempionu un vicečempionu; čempionu, vicečempionu un trešās vietas ieguvēju. Tagad centīsimies noskaidrot, kāds ir minimālais spēļu skaits, kas ļauj pilnīgi noteikt secību, kādā pēc spēles prasmes ierindojami jebkura monotona turnīra dalībnieki. Apzīmēsim šo spēļu skaitu $n$ dalībnieku turnīram ar $M(n)$.

Skaidrs, ka $\mathbf{M(2)=1}$.

Aplūkosim gadījumu, kad $n=3$ un turnīrā piedalās spēlētāji A, B, C. Varam uzskatīt, ka pirmajā spēlē A→B. Ja otrajā spēlē B→C, tad citas spēles vairs nav vajadzīgas. Ja turpretī otrajā spēlē C→B, tad divu spēļu rezultātā esam noskaidrojuši tikai, ka B ir visvājākais turnīra dalībnieks, bet čempiona noskaidrošanai vēl vajadzīga spēle starp A un C.

Savukārt, ja otrajā spēlē piedalās A un C, tad iznākuma A→C gadījumā (un mums jābūt tam gataviem) mēs vēl nezinām, kurš no spēlētājiem B un C ir turnīrā visvājākais. Tā noskaidrošanai vajadzīga spēle starp B un C.

Minētie spriedumi parāda, ka $\mathbf{M(3)=3}$.

Aplūkosim gadījumu, kad $n=4$. Pati vienkāršākā doma — izspēlēt visas spēles; to pavisam ir sešas (AB, AC, AD, BC, BD, CD). Tad čempions ir tas, kas uzvarējis visās 3 spēlēs, vicečempions — tas, kas uzvarējis visus spēlētājus, izņemot čempionu, trešās vietas ieguvējs — tas, kas zaudējis tikai čempionam un vicečempionam, bet pēdējais — tas, kas zaudējis visiem pārējiem. Pagaidām mēs zinām, ka **M(4)**$\leqslant$**6**.

Parādīsim, kā vienu spēli var ietaupīt.

Vispirms sadalīsim spēlētājus divos pāros un liksim katram pārim spēlēt savā starpā. Pēc tam liksim spēlēt abu pāru uzvarētājiem. Šīs spēles uzvarētājs ir čempions. Liksim spēlēt abu pāru zaudētājiem; šīs spēles zaudētājs ir visvājākais turnīrā. Abi pārējie spēlētāji savstarpējā spēlē noskaidro, kurš no tiem ir otrais, bet kurš — trešais.

Šis spriedums ļauj secināt, ka **M(4)**$\leqslant$**5**. Tomēr paliek jautājums — vai ar «viltīgāku» paņēmienu nevarētu četru dalībnieku monotonu turnīru sakārtot vēl ātrāk? Šā jautājuma risināšanu pagaidām atliksim.

Aplūkosim tagad gadījumu, kad $n=5$.

Pati vienkāršākā metode, kad katrs spēlē ar katru, prasa 10 spēles (AB, AC, AD, AE, BC, BD, BE, CD, CE, DE). Tad čempions ir tas, kas uzvarējis visās spēlēs, vicečempions — tas, kas uzvarējis visus, izņemot čempionu, utt. Pagaidām zinām, ka **M(5)**$\leqslant$**10**.

Varētu rīkoties vēl nedaudz «viltīgāk». No iepriekšējā zināms, ka ar piecām spēlēm varam noteikt secību, kādā ierindojami četri dalībnieki; pieņemsim, ka iegūtā secība ir A→B→C→D. Tagad, liekot piektajam dalībniekam E spēlēt pēc kārtas ar A, B, C, D, atrodam vietu, kuru viņš ieņems jau izveidotajā ķēdītē.

Acīmredzot šī metode parāda, ka **M(5)**$\leqslant$**9**.

Rīkojoties ar lielāku apdomu, varējām iztikt arī ar astoņām spēlēm. Pēc tam kad iegūta ķēdīte A→B→C→D, liksim E spēlēt ar B. Ja E→B, tad ar vēl vienu spēli starp A un E iegūstam pilnīgu turnīra sakārtojumu; ja B→E, tad vēl liekam E spēlēt ar C un D. Lielākais iespējamais patērēto spēļu skaits ir $5+1+2=8$.

Parādīsim vēl citu veidu, kā varētu iztikt ar astoņām spēlēm. Vispirms ar trim spēlēm sakārtosim trīs turnīra dalībniekus; pēc tam liksim savā starpā spēlēt abiem pārējiem dalībniekiem. Ar četru spēļu palīdzību esam ieguvuši divas pagaidām nesaistītas ķēdītes ($\alpha$) A→B→C un ($\beta$) D→E.

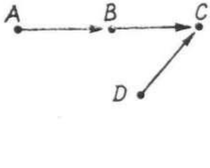
Tagad «apvienosim» šīs ķēdītes. Vispirms liksim savā starpā spēlēt C un E. Šīs spēles zaudētājs ir visvājākais turnīra dalībnieks; ierakstām to veidojamās turnīra tabulas pēdējā ailē un izsvītrojam no atbilstošās ķēdītes $\alpha$ vai $\beta$. Pēc tam liekam savstarpēji sacensties vājākajiem spēlētājiem, kas vēl palikuši ķēdītēs $\alpha$ un $\beta$; šīs spēles zaudētājs ir otrais vājākais visā turnīrā utt.

Acīmredzot šādi jāturpina tik ilgi, kamēr viena no ķēdītēm ($\alpha$) un ($\beta$) pilnībā «pāriet» uz veidojamo turnīra tabulu. Tad atlikušo vēl neiztukšotās ķēdītes daļu vienkārši pieraksta turnīra tabulas sākumā. Šāda ķēdīšu pakāpeniska pārnešana uz tabulu var prasīt četras spēles (pēc trim spēlēm gan ($\alpha$), gan ($\beta$) vēl var būt palicis pa vienam spēlētājam).

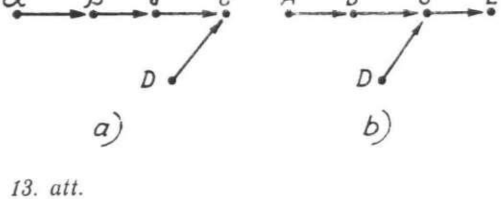
Kopā mums jārēķinās ar $3+1+4=8$ spēlēm.

Tātad tagad mēs zinām, ka $M(5)\leqslant 8$. Tomēr izrādās, ka arī tā nav galīgā robeža! Parādīsim, ka piecu spēlētāju monotonu turnīru var pilnībā sakārtot ar septiņām spēlēm.

Vispirms liksim savstarpēji sacensties diviem spēlētāju pāriem un pēc tam — to zaudētājiem. Varam uzskatīt, ka iegūta 12. attēlā parādītā aina.




*12. att.*




*13. att.*

Tālāk liekam spēlēt B un E. Ja E→B, liekam spēlēt A un E; ja B→E, liekam spēlēt C un E. Jebkurā gadījumā iegūstam vienu no 13. attēlā parādītajām ainām, turklāt 13. attēla *b* rodas tikai tad, ja aprakstītajās spēlēs B→E un C→E; citos gadījumos rodas 13. attēla *a*, kur $\alpha\beta\gamma$ var būt attiecīgi ABE, AEB vai EAB.

Pagaidām iztērētas piecas spēles. Tālāk 13. attēlā *b* gadījumā liekam D spēlēt ar A un B, iegūstot pilnīgu sakārtojumu, bet 13. attēla *a* gadījumā liekam D spēlēt vispirms ar $\beta$, bet tālāk ar $\alpha$, ja $D\to\beta$, un ar $\gamma$, ja $\beta\to D$. Tā rezultātā iegūstam pilnīgu turnīra sakārtojumu, izmantojot kopā, augstākais, septiņas spēles.

Tātad tagad jau zinām, ka $M(5)\leqslant 7$. Vai tā ir galīgā robeža?

**Uzdevums.** Parādiet, ka $M(6)\leqslant 10$.

Pamēģināsim tagad atrast $M(n)$ novērtējumu no augšas vispārīgā gadījumā.

Ja tiek izmantots vienkāršākais algoritma V (katrs spēlē ar katru), patērēto spēļu skaits $V(n)=C_n^2=\frac{1}{2}n(n-1)$, t. i., aptuveni proporcionāls lielumam $n^2$. Tādos gadījumos mēdz sacīt, ka algoritms V ir «ar sarežģītību $n^2$».

Aplūkosim algoritmu B, ar kura palīdzību mēs pirmo reizi parādījām, ka $M(5)\leqslant 8$. Vispārīgā gadījumā šā algoritma būtību var aprakstīt šādi: ja jau sakārtoti *n* spēlētāji, tad $(n+1)$-am spēlētājam liekam spēlēt ar vidējo (vai vienu no vidējiem) šajā n spēlētāju sakārtojumā. Atkarībā no šīs spēles rezultāta $(n+1)$-ais spēlētājs jau jāieraksta *n* spēlētāju saraksta kreisajā vai labajā pusē; to darām, atkal salīdzinot viņu ar atbilstošās puses vidējo spēlētāju, utt.

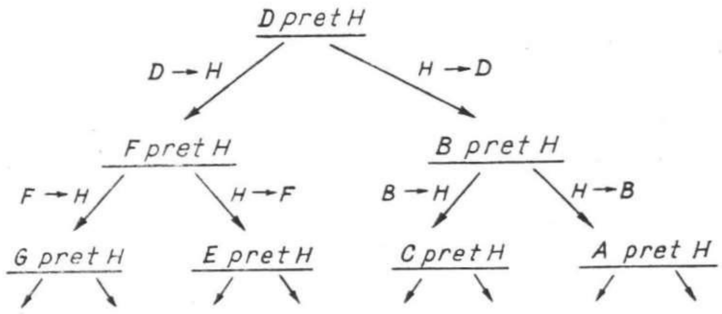
Piemēram, ja jau iegūts septiņu spēlētāju sakārtojums A→B→C→D→E→F→G, tad astotā spēlētāja H «ievietošanu» tajā parāda 14. attēlā redzamā shēma.

Kā redzams, shēma ļauj atrast, kurā no astoņām iespējamām vietām (pirms A; starp A un B; . . . ; pēc G) jāievieto H, izspēlējot pavisam trīs spēles.

Šādu algoritmu B sauc par **binārās ievietošanas algoritmu.** Pierādiet patstāvīgi, ka *n*-tā spēlētāja «ievietošanai» $n-1$ spēlētāju virknē vajag ne vairāk kā $\lceil\log_2 n\rceil$ spēles. Tātad visu *n* spēlētāju sakārtošanai ar binārās ievietošanas algoritmu iegūstam $B(n)\leqslant \leqslant n\lceil\log_2 n\rceil$. Matemātiķi mēdz teikt, ka binārās ievietošanas algoritms ir «ar sarežģītību *n* log *n*».

Binārās ievietošanas algoritms ir būtiski labāks par iepriekš aplūkoto «parasto» algoritmu V. Iegūto novērtējumu attiecība ir $\sim\frac{n}{2\log_2 n}$. Ja $n\to\infty$, arī šīs attiecības vērtība tiecas uz bezgalību. Ja $n=1\,000\,000$, tā ir $\sim 25\,000$. Tātad jau tad, ja $n=10^6$, algoritms B ir apmēram 25 000 reizes labāks par algoritmu V.

**Uzdevums.** Cik spēles vajadzīgas, lai ar binārās ievietošanas algoritmu pilnīgi sakārtotu 24 spēlētāju turnīru?




*14. att.*

Aplūkosim vispārīgā veidā algoritmu S, ar kuru mēs otro reizi pierādījām, ka $M(5) \leqslant 8$. Algoritma S būtība ir sadalīt turnīra spēlētājus divās iespējami vienādās daļās A un B, sakārtot katru no tām atsevišķi un pēc tam apvienot daļas vienā sarakstā, pakāpeniski salīdzinot abu daļu vājākos spēlētājus. Pašas daļas A un B arī tiek kārtotas līdzīgi.

Piemēram, 8 spēlētāju turnīra gadījumā vispirms to sadala grupās A un B pa 4 spēlētājiem katrā. Katru grupu A un B sadala grupās $A_1$ un $A_2$, $B_1$ un $B_2$ pa diviem spēlētājiem katrā. Katru no šīm grupām sadala divās grupās pa vienam spēlētājam katrā. Pēc tam, apvienojot spēlētāju grupas, kas sastāv no viena spēlētāja, pa divām, ar četrām spēlēm iegūstam $A_1$, $A_2$, $B_1$, $B_2$ sakārtojumus. Apvienojot $A_1$ ar $A_2$ un $B_1$ ar $B_2$ (katru reizi patērējot trīs spēles), iegūstam A un B sakārtojumus. Pēc tam, ar septiņām spēlēm apvienojot A un B, iegūstam visa turnīra sakārtojumu. Kopā $S(8) \leqslant 4 \cdot 1 + 2 \cdot 3 + 7 = 17$.

Algoritmu S sauc par **saliešanas algoritmu**. Tas ir tipisks «skaldi un valdi» tipa algoritmu pārstāvis; šo algoritmu galvenā būtība ir sadalīt problēmu atsevišķās daļās, risināt to katrai daļai atsevišķi un pēc tam iegūtos rezultātus apvienot.

Apzīmējot maksimālo algoritma S patērēto spēļu skaitu $n$ spēlētāju turnīra gadījumā ar $S(n)$, iegūstam sakarības

$$\begin{aligned} &S(1)=0 \\ &S(2n) \leqslant 2 \cdot S(n) + (2n-1) \qquad (1) \\ &S(2n+1) \leqslant S(n) + S(n+1) + 2n. \end{aligned}$$

Parādīsim, ka arī algoritms S ir ar sarežģītību $n \log n$; pierādīsim, ka visiem naturāliem n pastāv nevienādība

$$S(n) \leqslant n \log_2 n.$$

Pierādījumā izmantosim matemātisko indukciju.

Ja $n=1$, bāzi pārbauda tieši.

Pieņemsim, ka nevienādība $S(k) \leqslant k \log_2 k$ pareiza visiem $k$, $k<n$. Aplūkosim $S(n)$. Šķirosim divus gadījumus.

I. $n$ — pāra skaitlis, $n=2k$. Tad saskaņā ar (1), tā kā $k<n$, iegūstam

$$S(n) \leqslant 2S(k) + (2k-1) \leqslant 2k \log_2 k + (2k-1).$$

Lai pierādītu vajadzīgo, pietiek pierādīt, ka

$$2k \log_2 k + (2k-1) \leqslant 2k \cdot \log_2 (2k),$$

kas potencējot ekvivalents ar

$$k^{2k} \cdot 2^{2k-1} \leqslant (2k)^{2k} \text{ jeb}$$
$$k^{2k} \cdot 2^{2k-1} \leqslant 2^{2k} \cdot k^{2k}.$$

Šīs nevienādības pareizība ir acīm redzama.

II. $n$ — nepāra skaitlis, $n=2k+1$. Tad saskaņā ar (1), tā kā $k<n$, iegūstam

$$\begin{aligned} S(n) &\leqslant S(k) + S(k+1) + 2k \leqslant \\ &\leqslant k \log_2 k + (k+1) \log_2 (k+1) + 2k. \end{aligned}$$

Lai pierādītu vajadzīgo, pietiek pierādīt, ka

$$\begin{aligned} &k \log_2 k + (k+1) \log_2 (k+1) + 2k \leqslant \\ &\leqslant (2k+1) \log_2 (2k+1), \end{aligned}$$

kas potencējot ekvivalents ar

$$k^k (k+1)^{k+1} \cdot 2^{2k} \leqslant (2k+1)^{2k+1} \text{ jeb}$$
$$(4k^2+4k)^k \cdot (k+1) \leqslant (4k^2+4k+1)^k \cdot (2k+1).$$

Arī šīs nevienādības pareizība ir acīm redzama.

Tātad gan binārās ievietošanas algoritms B, gan saliešanas algoritms S ir ar sarežģītību $n \log n$, t. i., lieliem $n$ izturas «apmēram vienādi».

**Uzdevums.** Cik spēles vajadzīgas, lai ar saliešanas algoritma palīdzību pilnīgi sakārtotu 24 spēlētāju turnīru?

Ja esat atrisinājuši abus pēdējos uzdevumus, tad redzat, ka $S(24) \leqslant 89$ un $B(24) \leqslant 89$, t. i., 24 spēlētāju gadījumā abi algoritmi dod vienādus rezultātus. Vai tos iespējams uzlabot? Izrādās, ka jā: apvienojot abu minēto algoritmu idejas vienā algoritmā, spēļu skaitu var krietni samazināt. Šo kombinēto algoritmu aplūkosim raksta nākamajā daļā.

*(Turpinājumu sk. nākamajā numurā.)*

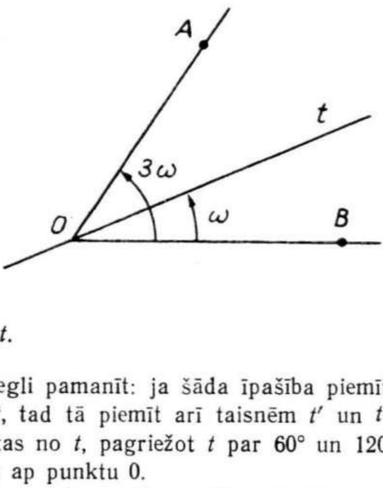
A. Andžāns, J. Smotrovs

# LEŅĶA TRISEKCIJA UN MORLIJA TEORĒMA, III

*(Nobeigums. Sākumu sk. 1994. gada pavasara numurā.)*

Raksta iepriekšējā daļā mēs minējām, ka ar katru trijstūri ir saistīti divi regulāri trijstūri (t. s. Morlija trijstūri), kuru virsotnes rodas, krustojoties sākotnējo trijstūru iekšējo un ārējo leņķu trisektrisēm. Šajā daļā pierādīsim, ka eksistē 18 šāda tipa regulāri trijstūri. Norādes uz šo rezultātu literatūrā sastopamas daudzkārt, bet tajās minētie darbi Latvijā nav pieejami. Turklāt, spriežot pēc norādēs minētajiem rakstiem, visi pierādījumi ir ļoti gari (12—15 lpp. un vairāk). Šeit dosim oriģinālu pierādījumu, kas balstās uz leņķa trisektrises jēdziena vispārinājumu.

Leņķa trisektrisi $t$ var aplūkot kā caur leņķa virsotni ejošu taisni $t$ ar īpašību: atliekot no leņķa AOB malas OB trīskāršotu taisnes $t$ un malas OB veidoto leņķi, iegūstam malu OA (6. att.).

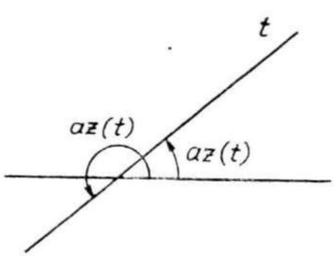



*6. att.*

Viegli pamanīt: ja šāda īpašība piemīt taisnei $t$, tad tā piemīt arī taisnēm $t'$ un $t''$, kas iegūtas no $t$, pagriežot $t$ par 60° un 120° leņķiem ap punktu 0.

Tāpēc taisnes $t'$ un $t''$ uzskatīsim par parasto trisektrišu analogiem un arī sauksim par trisektrisēm.

Mūsu spriedumos taisnes virzienu raksturosim ar azimuta palīdzību. Par taisnes azimutu sauc leņķi, ko taisne veido ar kādu fiksētu asi $m$, kuras virzienu uzskatīsim par pamatvirzienu; $t$ azimutu apzīmēsim ar $az(t)$. Tā kā mēs aplūkojam neorientētas taisnes, tad $az(AB)=az(BA)$ un taisnes $t$ azimuts ir noteikts ar precizitāti līdz aditīvai konstantei 180° (7. att.).




*7. att.*

Pārejam pie Morlija teorēmas vispārinājuma. Mēs rīkosimies līdzīgi kā iepriekšējā raksta daļā — ņemot par pamatu regulāru trijstūri $\Delta$, konstruēsim citu trijstūri ar iepriekš dotiem leņķu lielumiem, kuram $\Delta$ būs Morlija trijstūris. Parādīsim, ka katram $\Delta$ var konstruēt 18 šādus trijstūrus. Tālāk ar līdzības transformāciju pierādīsim, ka katram trijstūrim eksistē 18 Morlija trijstūri (daži no tiem var arī sakrist, piemēram, regulāra trijstūra gadījumā).

Pieņemsim, ka $\alpha+\beta+\gamma=60°+180°k$, $k\in Z$. Aplūkosim regulāru trijstūri PQR ar malu RP uz ass $m$. Tad $az(PQ)=-(\alpha+\beta+\gamma)$, $az(QR)=\alpha+\beta+\gamma$, $az(PR)=0$. Balstoties uz $\Delta PQR$, konstruēsim 3 punktus A, B, C ar šādu nosacījumu palīdzību.

| Punktam A: | Punktam B: |
|---|---|
| $az(AQ)=-\gamma$ | $az(BP)=\alpha+\beta+2\gamma$ |
| $az(AR)=-\alpha-\gamma$ | $az(BR)=\alpha+2\beta+2\gamma$ |

Punktam C:
$az(CP)=\alpha+\gamma$
$az(CQ)=\alpha$

Ar elementārās trigonometrijas palīdzību viegli pārbaudīt, ka $az(AB)=-2\alpha-\gamma$,

$az(BC)=\alpha+2\gamma$, $az(AC)=\alpha-\gamma$. Tāpēc trijstūrī ABC pie virsotnēm veidojas leņķi

$$\angle A = az(AC) - az(AB) = (\alpha-\gamma)-(-2\alpha-\gamma)=3\alpha,$$
$$\angle C = az(BC) - az(AC) = (\alpha+2\gamma)-(\alpha-\gamma)=3\gamma,$$
$$\angle B = 180° - (\angle A + \angle C) = 3(60°-\alpha-\gamma)=3\beta.$$

Tātad $\triangle ABC$ leņķu lielumi ir $3\alpha$, $3\beta$, $3\gamma$. Noskaidrosim, vai P, Q, R ir $\triangle ABC$ trisektrišu krustpunkti. Piemēram, AR un AB veido leņķi $az(AR)-az(AB)=(-\alpha-\gamma)-(-2\alpha-\gamma)=\alpha=\frac{1}{3}<A$. Līdzīgi pārbauda citus gadījumus.

Pieņemsim tagad, ka A, B, C — kāda trijstūra $\triangle$ leņķu lielumi. Cik veidos var atrast $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ tā, lai, ar aprakstīto paņēmienu no PQR iegūstot trijstūri, tas būtu līdzīgs $\triangle$?

Mēs jau redzējām, ka var ņemt $\alpha=\frac{A}{3}$, $\beta=\frac{B}{3}$, $\gamma=\frac{C}{3}$. Tā kā taišņu azimutus mēra ar precizitāti līdz 180°, tad var ņemt $\alpha=\frac{A}{3}+k\cdot 60°$, $\beta=\frac{B}{3}+m\cdot 60°$, $\gamma=\frac{C}{3}+n\cdot 60°$ ($k$, $m$, $n=0$; 1; 2); vienīgais nosacījums, kas jāievēro, — summas $\alpha+\beta+\gamma$ vērtība nedrīkst būt 180° daudzkārtnis (citādi neeksistētu trijstūris PQR). Tāpēc katrai $k$ un $m$ izvēlei viena $n$ vērtība ir nepieļaujama, un mēs iegūstam $3\cdot 3\cdot 2=18$ trijstūrus ar leņķu lielumiem A, B, C.

Papildus var pierādīt, ka visiem iegūtajiem 18 trijstūriem malas ir paralēlas vienām un tām pašām trijām taisnēm. Atstājam to lasītājam kā patstāvīgu vingrinājumu.

Līdz ar to Morlija teorēmas vispārinājums pierādīts.

Nobeigumā vēlreiz atgriezīsimies pie leņķa trisekcijas problēmas.

Raksta pirmajā daļā mēs jau redzējām, ka šī problēma kļūst atrisināma, ja līdz ar cirkuli un lineālu atļauj izmantot arī citus instrumentus. Tagad parādīsim, ka šai nolūkā pietiktu, lai plaknē būtu uzzīmēta viena līnija. Tas ir spēcīgs ierobežojums, jo, vispārīgi ņemot, reiz uzzīmētu līniju nevar pārnest uz citu vietu plaknē, bet instrumentu var izmantot jebkurā plaknes vietā.

Pieņemsim, ka koordinātu asīs Oxy uzzīmēts funkcijas $v=x^2$ grafiks — parabola. Pierādīsim, ka tad, izmantojot cirkuli un lineālu, mēs varētu veikt jebkura dotā leņķa trisekciju.

Kā atceramies no raksta pirmās daļas, dotā leņķa $\alpha$ trisekcijas uzdevums ir ekvivalents ar uzdevumu konstruēt vienādojuma $4t^3-3t=\cos\alpha$ sakni; tad $t=\cos\frac{\alpha}{3}$. Šo vienādojumu var pārveidot (pareizinot abas puses ar $t$) par

$$4t^4-3t^2=t\cdot\cos\alpha.$$

Ievietojot jaunu mainīgo $x$, kur $t=\frac{\sqrt{3}}{2}x$, iegūstam

$$x^4-x^2=\frac{2\sqrt{3}}{9}\cos\alpha\cdot x$$

jeb, apzīmējot $\frac{\sqrt{3}}{9}\cos\alpha=a$,

$$x^4-x^2=2ax.$$

Šo vienādojumu tālāk pārveidojam par

$$x^4-2x^2+1+x^2-2ax+a^2=a^2+1$$

un tālāk par

$$(x^2-1)^2+(x-a)^2=(\sqrt{a^2+1})^2.$$

No šejienes viegli redzēt, ka $x$ ir abscisa tādam punktam, kurā krustojas parabola $y=x^2$ un riņķa līnija ar vienādojumu $(x-a)^2+(y-1)^2=(\sqrt{a^2+1})^2$, t. i., riņķa līnijas, kuras centrs ir $(a; 1)$, bet rādiuss $\sqrt{a^2+1}$.

Ja dots leņķis $\alpha$, tad pakāpeniski var konstruēt skaitļus $\cos\alpha$; $a$; $\sqrt{a^2+1}$, tātad arī minēto riņķa līniju. Atrodam tās krustpunktus ar doto parabolu; vispārīgā gadījumā tādu ir četri. No iegūto krustpunktu abscisām $x$ konstruējam $t=\frac{\sqrt{3}}{2}x$, bet pēc tam — tādu leņķi $\beta$, ka $\cos\beta=t$. Vispārīgā gadījumā iegūstam četras $\beta$ vērtības, tāpēc pārbaudām, kura no tām ir $\frac{\alpha}{3}$. Līdz ar to leņķa $\alpha$ trisekcija paveikta.

Iesakām lasītājam patstāvīgi pārliecināties, ka leņķa trisekciju varētu veikt arī, ja plaknē būtu uzzīmēts hiperbolas $y=\frac{1}{x}$ grafiks.

Jāpiebilst, ka dažādu «fantastisku» palīglīdzekļu ietekme uz konstrukcijas uzdevumu atrisināmību var būt pilnīgi negaidīta; patlaban sistemātiski tā nav pētīta. Šādi pētījumi ļoti bieži parāda negaidītus sakarus starp ģeometriskiem jēdzieniem. Minēsim (bez pierādījuma) šādu rezultātu.

**Teorēma.** (A. Bērziņš.) Pieņemsim, ka mūsu rīcībā ir instruments ar īpašību: ja plaknē dota figūra F un punkts P, tad, novietojot instrumentu punktā P, ar to var novilkt taisni, kas dala F divās daļās ar vienādiem laukumiem un iet caur P. Izmantojot šo instrumentu, kā arī cirkuli un lineālu, var atrisināt visus trīs «klasiskos senatnes uzdevumus»: leņķa trisekciju, kuba divkāršošanu un riņķa kvadratūru.

Šādi negaidīti rezultāti ļauj uzskatīt, ka elementārajā ģeometrijā ir vēl daudz skaistu, pagaidām neatklātu faktu, kurus no pētnieku acīm līdz šim pasargājušas tikai tradīcijas veikt pētījumus «ierastos» un «klasiskos» virzienos.

I. Markusa

# VILCIENA APGRIEŠANAS ALGORITMI, II

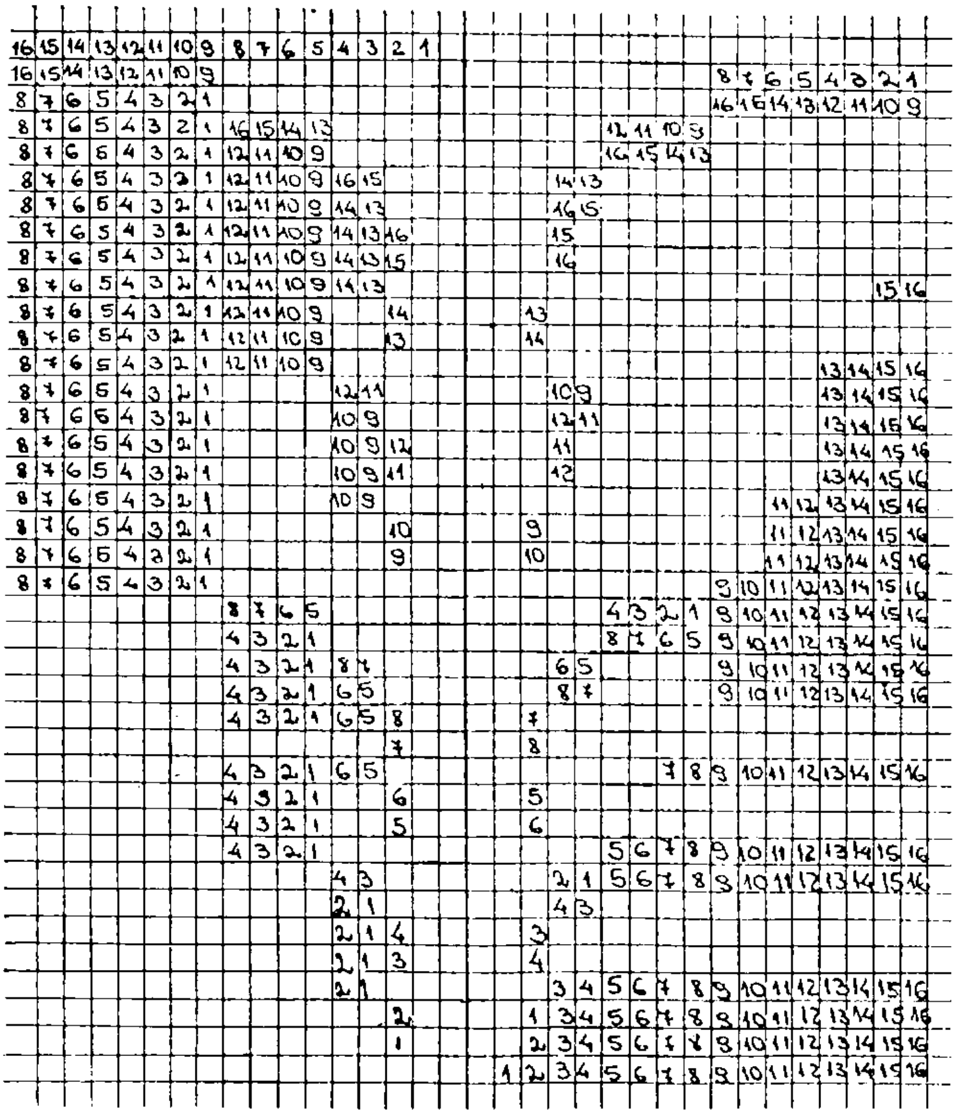
*(Turpinājums. Sākumu sk. 1994. gada vasaras numurā.)*

Jo lielāka pieredze vagonu apgriešanā, jo labāki apgriešanas rezultāti. Ja, vadot astoņus vagonus, sasniegti tādi ievērojami uzlabojumi kurināmā patēriņa samazināšanas jomā, kādi aplūkoti raksta pirmajā daļā, tad, izvēloties vēl lielāku vagonu skaitu, varbūt izdosies atrast vēl labāku algoritmu. Tāpēc droši ķeramies pie sešpadsmit vagonu pārvietošanas, izmantojot citu paņēmienu.

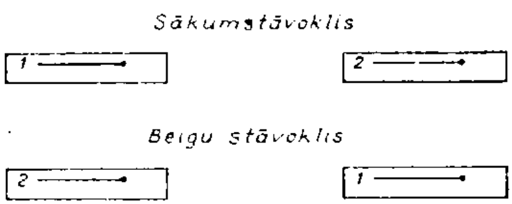
Pieņemot, ka ikviens vagons var pārvietoties bez lokomotīves palīdzības (katram vagonam ir savs motors), var izveidot vilciena apgriešanas algoritmu, kurš sastāv no atsevišķu vagonu grupu apmaiņām (5. tab.). Kā redzams, šis algoritms patiesībā ir cita algoritma — nosauksim to par apakšalgoritmu — lietojums dažāda skaita vagonu grupām. 1. attēlā shematiski parādīts apakšalgoritma darbības rezultāts.

Tātad apakšalgoritms, kuru apzīmēšu ar $Alg^0(n)$, apmaina vietām divus no $\frac{n}{2}$ vagoniem sastāvošus blokus, nemainot vagonu kārtību. Divus $\frac{n}{2}$ vagonu blokus savukārt apmaina pakāpeniski, proti, mainot vietām blokus ar vagonu skaitu $\frac{n}{4}$ utt. Šis process attēlots 6. tabulā. Arī šoreiz pieņemam, ka $n=2^k$. Tabulā redzama vagonu bloku pārvietošanās atsevišķu posmu ietvaros. Blakus norādīts posmā veiktais kopējais ceļš.

Aplūkojam 6. tabulas 1. posmu. 1. bloks un 2. bloks tiek sadalīts divās vienādās daļās, izveidojot 1.′, 1.″, 2.′ un 2.″ bloku. 1.″ un 2.′ bloks tiek pārvietots par $\left(\left(\frac{n}{2}\right)+1-\left(\frac{n}{4}\right)-1\right)$ vienībām. Katrā blokā ir $\frac{n}{4}$ va-

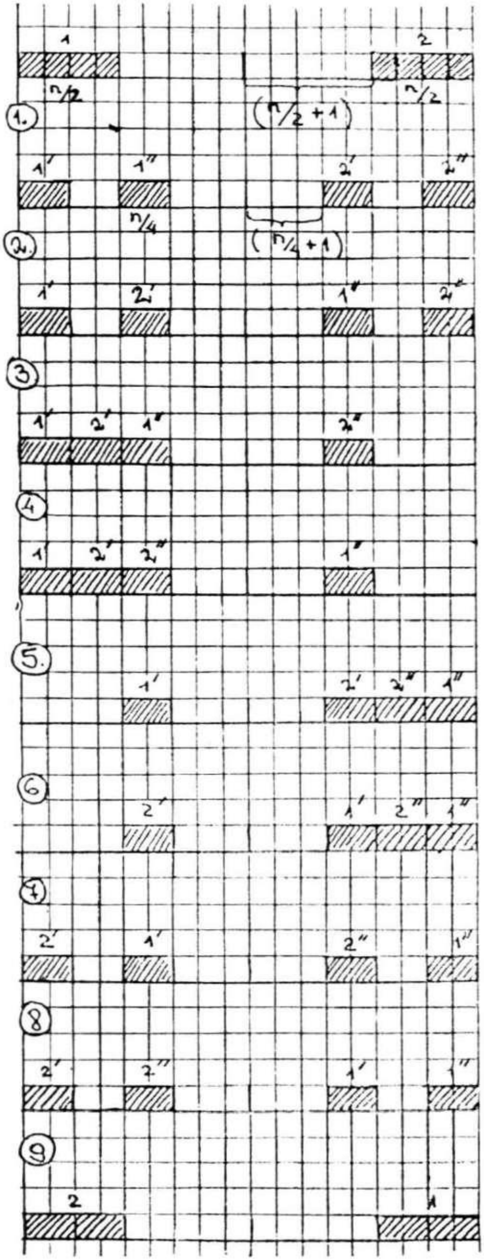


5. tabula




*1. att.*

goni. Tātad abu bloku pārvietošanai veiktais kopējais ceļš ir $2\cdot\left(\frac{n}{4}\right)\cdot\left(\left(\frac{n}{2}\right)+1-\left(\frac{n}{4}\right)-1\right)$ jeb $\frac{n^2}{8}$ vienības. 2. posmā notiek 1.″ un 2.′ bloka apmaiņa. Kopējo veikto




$2\cdot n/4\cdot(n/2+1-n/4-1)=n^2/8$

$Alg^0(n/2)$

$n^2/8+n^2/16+n/4\cdot(2\cdot(n/4+1)+n/4)=$

$=3n^2/8+n/2$

$Alg^0(n/2)$

$n^2/8+n^2/8+n/2\cdot(2(n/4+1)+n/4)=$

$=5n^2/8+n$

$Alg^0(n/2)$

$n/4\cdot n/2+n/4(3n/4+2)+n/4\cdot n/4=$

$=3n^2/8+n/2$

$Alg^0(n/2)$

$2\cdot n/4\cdot n/4=n^2/8$

6. tabula

ceļu var apzīmēt ar $Alg^0\left(\frac{n}{2}\right)$, kas izsaka to vienību skaitu, kurš nepieciešams, lai realizētu $Alg^0$, kad vagonu skaits ir $\frac{n}{2}$. 3. posmā notiek 1.″ un 2.″ bloka sagatavošana apmaiņai (sk. 1.). Tātad 2.′ blokam jāpārvietojas pie 1.′ bloka. Tas prasīs $\frac{n^2}{16}$ vienības. Lai 1.″ bloku novietotu izejas pozīcijā, jāveic $2\cdot\left(\left(\frac{n}{4}\right)+1\right)+\frac{n}{4}$ vienības. Kopējā nobrauktā ceļa iegūšanai šis skaitlis vēl jāpareizina ar vagonu skaitu, kuri piedalījās procesā, tātad ar $\frac{n}{4}$. 2.″ bloka nonākšanai izejas pozīcijā patērētais kopējais ceļš ir $\frac{n^2}{8}$ vienības. Pārējos posmos veiktās darbības sīkāk nekomentēšu.

Saskaitot atsevišķos posmos veikto kopējo ceļu, iegūst, ka

$$L=4Alg^0\left(\frac{n}{2}\right)+\left(\frac{13}{2}\right)\cdot\left(\frac{n}{2}\right)^2+ +4\cdot\left(\frac{n}{2}\right). \tag{15}$$

Tātad

$$Alg^0(2n)\leqslant 4Alg^0(n)+\left(\frac{13}{2}\right)\cdot n^2+4n. \tag{16}$$

Izmantojot jau agrāk lietotu paņēmienu (sk. (5)—(14)), tiks novērtēts $Alg^0(n)$:

$$\begin{aligned}
&4^k Alg^0(2)\leqslant 4^{k+1}Alg^0(1)+6{,}5\cdot 4^k+4^k\cdot 4\cdot 1\\
&4^{k-1}Alg^0(4)\leqslant\\
&\leqslant 4^k Alg^0(2)+6{,}5\cdot 4^{k-1}4+4^{k-1}\cdot 4\cdot 2\\
&4^{k-2}Alg^0(8)\leqslant\\
&\leqslant 4^{k-1}Alg^0(4)+6{,}5\cdot 4^{k-2}\cdot 16+4^{k-2}\cdot 4\cdot 4
\end{aligned} \tag{17}$$

. . . . . . . . . . . . . .

$$\begin{aligned}
&4Alg^0(2^k)\leqslant\\
&\leqslant 4^2 Alg^0(2^{k-1})+6{,}5\cdot 4\cdot 2^{2k-2}+4\cdot 4\cdot 2^{k-1}
\end{aligned}$$

$$Alg^0(2^{k+1})\leqslant 4\cdot Alg^0(2^k)+6{,}5\cdot 2^{2k}+4\cdot 2^k$$

$$\begin{aligned}
Alg^0(2^{k+1})&\leqslant 4^{k+1}\cdot Alg^0(1)+6{,}5\cdot 4^k\cdot 1+\\
&+4^{k+1}\cdot\left(1+\frac{1}{2}+\left(\frac{1}{2}\right)^2+\dots\right.\\
&\left.\dots+\left(\frac{1}{2}\right)^k\right)=I'
\end{aligned} \tag{18}$$

$$A'=S^{A'}{}_{k+1}=\frac{1-\left(\frac{1}{2}\right)^{k+1}}{1-\left(\frac{1}{2}\right)}<2$$

$$Alg^0(1)=0 \tag{19}$$

$$Alg^0(2^{k+1})\leqslant I'<4^k\cdot(6{,}5\cdot(k+1)+8) \tag{20}$$

$$\begin{aligned}
Alg^0(n)&\leqslant Alg^0(2^{k+1})<4^k\cdot(6{,}5\cdot(k+1)+8)\leqslant\\
&\leqslant 4^{\log_2 n}\cdot(6{,}5\cdot(\log_2(n)+1)+8)=\\
&=n^2\cdot 6{,}5\cdot\log_2 n+14{,}5\cdot n^2=\\
&=6{,}5\cdot n^2\cdot\log_2 n+14{,}5n^2.
\end{aligned} \tag{21}$$

Līdz šim spēkā bija pieņēmums, ka ikviens vagons var kustēties patstāvīgi. Patiesībā šādas iespējas nav un būs jāizlīdzas ar lokomotīvi. Lokomotīve var modelēt vagonu patstāvīgo kustību, ja lokomotīves pārvietošanos aplūko noteiktā galīgā apgabalā ap atzarojumu.

Skaidrs, ka vagoniem, lai veiktu savstarpēju apmaiņu, būs jāšķērso šis apgabals. Pa to pārvietosies lokomotīve. Vagoniem atrodoties pie noteiktā apgabala robežas, kustību pa apgabalu, iebraukšanu atzarā un izbraukšanu no tā palīdzēs realizēt lokomotīve. Lokomotīves nobraukto ceļu, kurš nepieciešams, lai pārvietotu vienu vagonu, var ierobežot ar kādu konstanti k. Vienā gadījumā nobrauktais ceļš būs viena vienība, citā — četras, vēl citā būs nepieciešams vairāk vienību, tomēr nobrauktais ceļš nekad nepārsniegs kādu noteiktu konstanti; to garantē izvēlētā apgabala stingri noteiktie izmēri.

Ja ar k apzīmē to reizinātāju, kas apraksta lokomotīves patērēto ceļu, modelējot viena vagona pārvietošanos par vienu vienību, tad algoritma Alg patērētā ceļa novērtējums būs šāds.

$$\mathrm{Alg}(n) < C_1 \cdot (n \cdot k)^2 \cdot \log_2(n \cdot k) + C_2 \cdot (n \cdot k)^2 =$$
$$= C_1 \cdot k^2 \cdot n^2 \cdot \log_2(n) + C_1 \cdot k^2 \cdot n^2 \cdot \log_2(k) +$$
$$+ C_2 \cdot k^2 \cdot n^2 = C_1 \cdot k^2 \cdot n^2 \cdot \log_2(n) +$$
$$+ (C_1 \cdot k^2 \cdot \log_2(k) + C_2 \cdot k^2) \cdot n^2 =$$
$$= C_4 \cdot n^2 \cdot \log_2(n) + C_3 \cdot n^2. \qquad (22)$$

Novērtējot visa nobrauktā ceļa garumu, iegūst

$$L = (2n+1)^2 + C_4 \cdot 4 \cdot n^2 \log_2(2n) + 4 \cdot C_3 \cdot n^2 +$$
$$+ 2(C_4 \cdot n^2 \cdot \log_2 n +$$
$$+ C_4 \cdot \left(\frac{n^2}{4}\right) \cdot \log_2\left(\frac{n}{2}\right) + \ldots +$$
$$+ C_4 \cdot (4n^2/n^2) \cdot \log_2(2n/n) +$$
$$+ 2 \cdot (C_3 \cdot n^2 + C_3 \cdot (1/4) \cdot n^2 + \ldots + C_3 \cdot 4) =$$
$$= 4 \cdot C_4 \cdot n^2 \cdot \log_2 n + 4 \cdot C_5 \cdot n^2 +$$
$$+ 2 \cdot C_4 \cdot n^2 \cdot \log_2(n) \cdot (1 + 1/4 + \ldots + 4/n^2) +$$
$$+ 2C_1 \cdot n^2 \cdot (-1/4 - (1/16) \cdot (-2) - \ldots -$$
$$- (4/n^2) \cdot (k-2)) \leqslant C \cdot n^2 \cdot \log_2 n. \qquad (23)$$

Tātad aplūkotajam apgriešanas algoritmam Alg iegūstam $\mathrm{Alg}(n) \leqslant C \cdot n^2 \cdot \log_2 n$.

Šis rezultāts pēc lieluma kārtas ir daudz mazāks par iepriekšaprakstīto algoritmu patērēto ceļu.

Vai kopējo nobraukto ceļu vēl var samazināt vai ne — šis jautājums paliek atklāts. Lai iegūtu t. s. apakšējos novērtējumus, būtu jānoskaidro, cik vienību liels ceļš noteikti jānobrauc, izmantojot **jebkuru** algoritmu, lai apgrieztu vilciena sastāvu. Šoreiz rīkosimies šādi — noskaidrosim, cik liels ceļš jānobrauc lokomotīvei, apgriežot sastāvu.

Lai sastāvs tiktu apgriezts, katriem diviem vagoniem jāmainās vietām. Tas iespējams tikai tad, ja viens no tiem atrodas atzarojumā un šajā laikā otrs vagons pabrauc garām atzarojumam.

Lai vagons pabrauktu garām atzarojumam, tam jāveic vismaz vienu vienību garš ceļš. Tas nozīmē, ka tādu pašu ceļu veic arī lokomotīve. Tātad katra pāra apmainīšanai nepieciešama viena vienība lokomotīves nobrauktā ceļa. Tā kā vagonu pāru skaits pavisam ir

$$C_n^2 = \frac{n(n-1)}{2} \quad \text{(kombinācijas no } n \text{ pa divi)},$$

tad lokomotīves nobrauktais ceļš $l$ apmierina sakarību

$$l \geqslant \frac{n(n-1)}{2}.$$

Mūs interesēja visa sastāva nobrauktais kopējais ceļš. Tas, protams, būs lielāks par lokomotīves nobraukto ceļu. Tātad šobrīd mums ir zināms, ka kopējo nobraukto ceļu $n$ vagonu sastāva apgriešanai var ierobežot ar

$$\frac{n(n-1)}{2} < L \leqslant Cn^2 \cdot \log_2 n.$$

Tagad var teikt, ka visai veiksmīgi protam tikt galā ar tādu problēmu kā atgriešanās pēc sviestmaizēm, ja gadās tās kur atstāt, vadot ne vairāk, ne mazāk kā $n$ vagonus garu vilciena sastāvu. Protams, šai problēmai ir dziļāka būtība, resp., patiesībā tiek analizēts viens no informācijas kārtošanas algoritmiem. Runājot par praktisko izmantojumu, var teikt, ka sasniegtos rezultātus iespējams lietot darbībās ar datu masīviem un uzdevumu par vilcienu uzskatīt par datu masīvu kārtošanas matemātisko modeli.

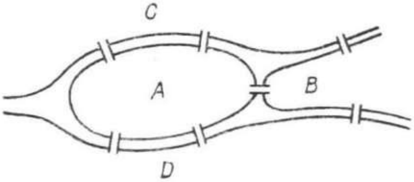
Protams, algoritma novērtēšanā kā galvenos var izvirzīt citus kritērijus. Svarīgs var būt, piemēram, sastāva braukšanas virziena izmaiņu skaits (ņemot vērā darbu, kas jāpatērē bremzēšanai) vai arī pārmiju pārslēgšanu skaits. Ja vilciena vagoni ir tukši un to pārvietošanai nepieciešamo darbu var uzskatīt par salīdzinoši mazu, jāaplūko tikai lokomotīves nobrauktais ceļš. Iesaku patstāvīgi nodarboties ar šo problēmu risināšanu.

I. Kudapa

# PASTAIGAS GRAFOS

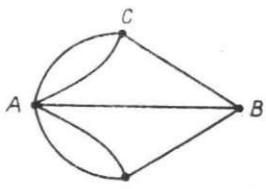
Iepriekšējā žurnāla numurā rakstā «Krāsainā matemātika» runājām par uzdevumiem, kuros tiek izmantots grafa jēdziens, ne vārda neminot, kā un kad šāds jēdziens vispār radies. Mēģināsim šo robu aizpildīt, iepazīstinot lasītājus ar vēl vienu uzdevumu kopu; arī šos uzdevumus risina ar grafu palīdzību.

Var uzskatīt, ka grafu teorijas pamatlicējs ir L. Eilers (1707—1782), kas 1736. gadā atrisināja tolaik plaši pazīstamo uzdevumu par Kēnigsbergas tiltiem. Kēnigsbergā bija divas salas, kuras savā starpā un ar upes pretējiem krastiem savienoja septiņi tilti (1. att.).




*1. att.*

Uzdevuma būtība bija šāda: jāatrod tāds maršruts, kas šķērso visas sauszemes daļas un kas beidzas tajā pašā sauszemes daļā, kurā sācies, turklāt katrs tilts jāpāriet tieši vienu reizi. Eilers pierādīja šāda maršruta neiespējamību. Viņš attēloja uzdevuma nosacījumus grafiski, ar virsotnēm apzīmējot sauszemes daļas, bet ar šķautnēm — tās savienojošos tiltus (2. att.).




*2. att.*

Kāpēc šo grafu nav iespējams apiet, pa katru šķautni ejot tieši vienu reizi, un atgriezties sākumstāvoklī? Ja mēs kādā virsotnē ieejam, tad jābūt citai šķautnei, pa kuru mēs varētu aiziet. Proti, katras virsotnes šķautnēm būtu jāsadalās ieejas—izejas pāros. Tas nozīmē, ka no katras virsotnes jāiziet pāra skaitam šķautņu (to turpmāk sauksim par **virsotnes kārtu**). Tas šajā uzdevumā nav spēkā.

Ieviesīsim dažus jēdzienus.

Par **ceļu** sauksim cita citai sekojošu šķautņu virkni, kurā katra tās šķautne ietilpst vienu reizi. Ja ceļa sākuma un beigu virsotnes sakrīt, sauksim to par **ciklu.** Ņemot vērā šīs definīcijas, par **Eilera ceļu** sauksim ceļu, kurā ietilpst visas grafa šķautnes, bet par **Eilera ciklu** sauksim ciklu, kurā ietilpst visas grafa šķautnes. Grafu, kurā ietilpst Eilera cikls, sauksim par **Eilera grafu**. Grafu sauksim par sakarīgu, ja, ejot pa šķautnēm, no jebkuras tā virsotnes var nokļūt citā.

Būtu interesanti uzzināt nepieciešamos un pietiekamos nosacījumus, lai grafs būtu Eilera grafs vai vismaz lai tajā ietilptu Eilera ceļš. Kā redzēsiet, tad reizēm tas mums ļaus jau pēc attēla pateikt, vai grafā ir meklējamais maršruts.

**Teorēma.** Ja grafā G ietilpst Eilera cikls, tad tas ir sakarīgs grafs un visu tā virsotņu kārtas ir pāra skaitļi.

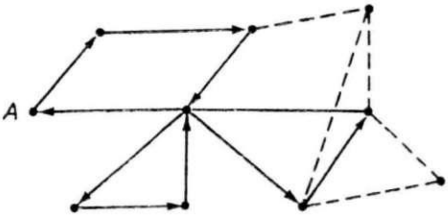
Grafa G sakarīgums izriet no Eilera cikla definīcijas, jo šajā ciklā ietilpst visas šķautnes. Tā kā Eilera ciklā katra šķautne ietilpst tieši vienu reizi, tad, cik reizes cikls ieies kādā virsotnē, tik reizes arī no tās izies, turklāt jau pa citu šķautni. Katras virsotnes kārta ir izejas šķautņu un ieejas šķautņu skaita summa. Tā kā šie skaitļi ir vienādi, tad summa ir pārskaitlis.

Taču praktiski daudz noderīgāka un nozīmīgāka ir šīs teorēmas apgrieztā teorēma.

**Teorēma.** Ja grafs ir sakarīgs un visas tā virsotnes ir ar pāra kārtu, tad grafā ietilpst Eilera cikls.

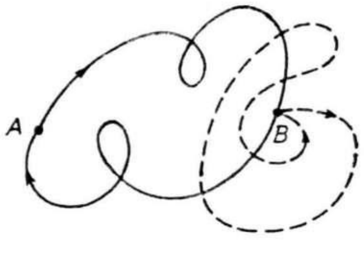
Tā kā grafs G ir sakarīgs, tad no jebkuras virsotnes ir iespējams nokļūt jebkurā citā. Aplūkosim grafa G virsotni A un mēģināsim apiet visas tā šķautnes, turklāt katru reizi ejot tikai pa tādu šķautni, pa kuru vēl neesam gājuši. Tā kā visas virsotnes ir pāra virsotnes (tā saīsināti sauksim virsotni, kura pieder pāra skaitam šķautņu), tad, ja mēs varējām ieiet kādā virsotnē, varēsim no tās arī iziet jau pa citu šķautni. Proti, varam apvienot ieejas un izejas šķautnes vienā pārī. Šādi apstaigājot grafu, katrai virsotnei piederošo vēl neapstaigāto šķautņu skaits paliek pārskaitlis, jo katru reizi, iegriežoties kādā no virsotnēm, tas samazinās par 2. Tā kā visas grafa G virsotnes bija pāra virsotnes, tad, ja kādā virsotnē varējām ieiet, tad varēsim arī no tās iziet. Tā kā grafā G šķautņu skaits ir galīgs, tad mūsu maršrutam agri vai vēlu jābeidzas. Vienīgā virsotne, kurā tas varētu beigties, ir A, jo mēs iesākām ceļu šajā virsotnē, iepriekš tajā neiegājuši. Tātad tā ir vienīgā grafa virsotne, kurai piederošo neizieto šķautņu skaits tieši pirms katras ieiešanas tajā ir nepāra skaitlis.

Ja, šādi ejot, mūsu cikls ir aptvēris visas grafa G šķautnes, tad tas arī ir meklētais Eilera cikls. Taču var gadīties, ka mēs neesam izgājuši visas grafa G šķautnes (sk., piem., 3. attēlu, kur cikls, kas atbilst aprakstītajai grafa apiešanas kārtībai, neiziet visas šķautnes).




3. att.

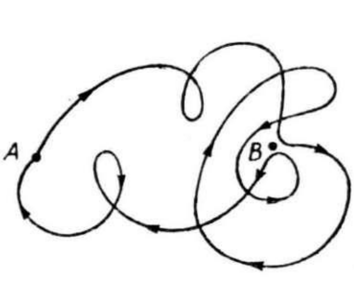
Ja tas ir noticis, tad noteikti eksistē vismaz viena virsotne B, kas pieder pie mūsu izietā ceļa, bet no kuras vēl iziet neizstaigātas šķautnes. (Ja neviena no šīm virsotnēm nepiederētu pie mūsu izietā cikla, grafs nebūtu sakarīgs.) Teiksim, tā ir virsotne B. Tā kā pēc nosacījumiem arī B ir pāra virsotne un tā kā, ciklam beidzoties, katrai virsotnei piederošo neizieto šķautņu skaits samazinājās par pāra skaitli, tad arī tagad virsotnei B pieder vēl pāra skaits neizietu šķautņu. Aplūkosim šo virsotni B un sāksim tajā vēl vienu ciklu, ejot pa neizietajām šķautnēm (4. att.).




4. att.

Tāpat kā pirmajā gadījumā, šis jaunais cikls beigsies virsotnē B, jo arī pēc šā cikla katras virsotnes neizieto šķautņu skaits samazinās par pārskaitli. Tagad apvienosim abus ciklus. Pirmo ciklu sāksim virsotnē A un iesim līdz virsotnei B. Šajā virsotnē sāksim otro ciklu. Kad to būsim izgājuši, turpināsim pirmo ciklu līdz virsotnei A. Ja arī tagad izrādīsies, ka nav apietas visas šķautnes, rīkosimies līdzīgi, kamēr nebūs neizietu šķautņu.

Kā jau minējām, ir grafi, kuros nav Eilera cikla. Tādā gadījumā būtu lietderīgi pārliecināties, vai grafā ir Eilera ceļš. Atbildi uz šo jautājumu dod šāda teorēma.




5. att.

**Teorēma.** Ja grafs ir sakarīgs, bet virsotnes A un B ir šā grafa vienīgās nepāra virsotnes, tad grafā G ietilpst Eilera ceļš ar galapunktiem minētajās virsotnēs.

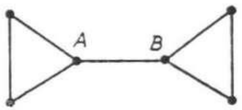
Aplūkosim abas minētās nepāra virsotnes A un B. Pastāv divas iespējas.

1. Grafā G ietilpst šķautne AB. Tā kā A un B ir grafa G vienīgās nepāra virsotnes, tad, noņemot šķautni AB, visas virsotnes būs pāra virsotnes. Saskaņā ar iepriekšējo teorēmu, šajā pārveidotajā grafā ir Eilera cikls. Sāksim to virsotnē A un tur to arī beigsim. Pie-

vienojot ciklam šķautni AB, iegūsim Eilera ceļu no A uz B.

**Uzdevums.** Minētais pierādījums tiešā formā neder, ja pēc šķautnes AB noņemšanas grafs pārstāj būt sakarīgs (sk., piem., 6. att.). Izdomājiet, kā spriedumu papildināt, lai tas aptvertu arī šādu gadījumu.

2. Grafā nav šķautnes AB. Šoreiz pievienosim grafam šķautni AB, visas grafa virsotnes būs pāra, un tātad grafā eksistēs Eilera cikls. Sāksim to virsotnē A, ejot pa šķautni AB. Cikls, protams, beigsies virsotnē A. Ja noņemsim pievienoto šķautni, paliks ceļš no B uz A.




*6. att.*

Kur var praktiski izmantot šos faktus? Dažādos «stūrīšos» atpūtai un vaļasbrīžiem atrodami uzdevumi, kuros kāda figūra jāuzzīmē ar vienu rokas vilcienu, neatraujot zīmuli no papīra. Faktiski tie ir uzdevumi par Eilera ceļa vai Eilera cikla (ja prasīts zīmēšanu sākt un beigt vienā punktā) atrašanu. Iepriekšējās divas teorēmas palīdz mums to izdarīt. Piedāvājam lasītājiem pašiem izmēģināt to 7. attēla redzamajās figūrās.

Bieži vien uzdevumi par Eilera grafiem formulēti kā dažādu maršrutu atrašanas uzdevumi, uzdevumi par labirintiem utt. Piemēram, 8. attēlā parādīts kāds parks, bet mūsu uzdevums ir apstaigāt parku un tā ārpusi, pa katriem vārtiņiem ejot tieši vienu reizi.

Blakus parka shēmai attēlots tai atbilstošais grafs, kur virsotnes atbilst parka daļām, bet šķautnes — parka vārtiņiem. Kā redzams, šajā grafā ir četras nepāra virsotnes, tātad tam nav ne Eilera cikla, ne Eilera ceļa.

Tālāk iepazīstināsim lasītājus ar vēl vienu īpašu uzdevumu veidu — uzdevumiem par Hamiltona grafiem.

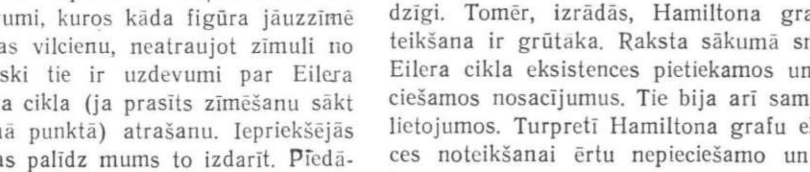
Vispirms nedaudz vēstures. 1857. gadā īru matemātiķis Dž. Hamiltons piedāvāja spēli — «ceļojums pa dodekaedru». Spēles būtība bija šāda — apstaigāt pa šķautnēm visas dodekaedra (daudzskaldnis, kura skaldnes ir 12 regulāri piecstūri) virsotnes, katrā iegriežoties tieši vienu reizi, un atgriezties atpakaļ sākuma virsotnē. Atšķirībā no uzdevuma par Kēnigsbergas tiltiem šis uzdevums ir atrisināms (9. att.). Šajā dodekaedrā, kas attēlots plaknē, ar numuriem parādīta secība, kādā var apiet visas tā virsotnes.

Ceļu, kas iet caur visām virsotnēm, sauksim par **Hamiltona ceļu**, bet attiecīgo ciklu — par **Hamiltona ciklu**. Grafus, kuros ir Hamiltona cikls, sauksim par **Hamiltona grafiem.**

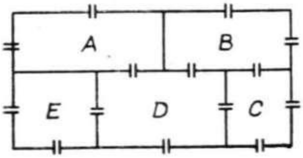
Uzdevumi par Eilera grafiem un Hamiltona grafiem no pirmā acu uzmetiena šķiet ļoti līdzīgi. Tomēr, izrādās, Hamiltona grafu noteikšana ir grūtāka. Raksta sākumā sniedzām Eilera cikla eksistences pietiekamos un nepieciešamos nosacījumus. Tie bija arī samērā ērti lietojumos. Turpretī Hamiltona grafu eksistences noteikšanai ērtu nepieciešamo un pietiekamo nosacījumu vismaz pagaidām nav.

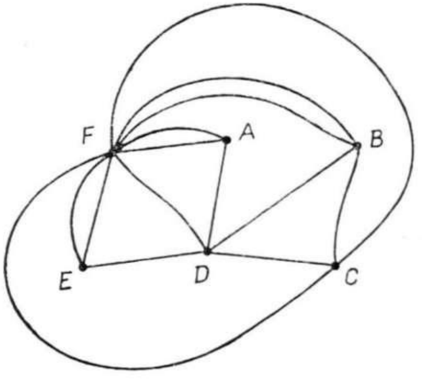
Mēģināsim sniegt dažus paņēmienus, kā noskaidrot, vai konkrētajā grafā ietilpst Hamiltona ceļš vai cikls.

Vispirms izmantosim šādu paņēmienu: katras šķautnes vienu galu nokrāsosim baltu, bet otru — melnu. Pieņemsim, ka esam virsotnes nokrāsojuši (to izdarīt var ne vienmēr). Tā kā ikviena šķautne šajā gadījumā iet no vienas krāsas virsotnes uz otras krāsas virsotni, tad skaidrs, ka Hamiltona cikls neeksistē, ja abu

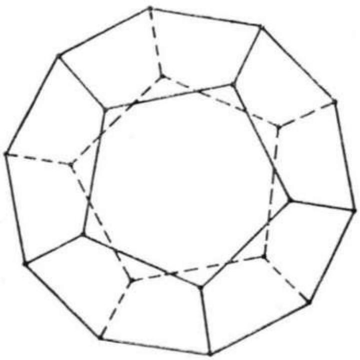
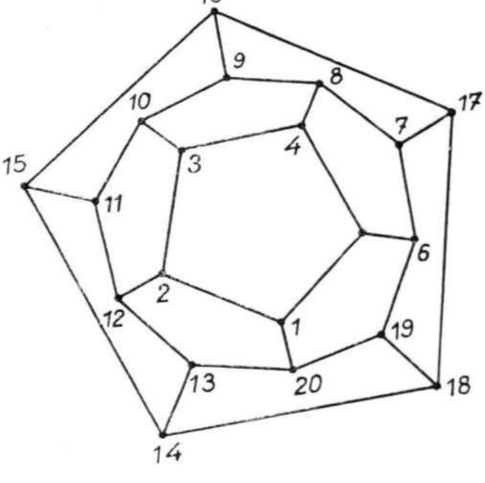


*7. att.*





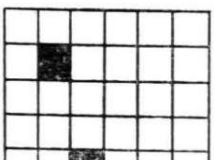

8. att.

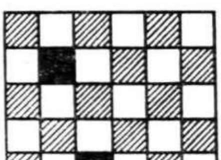




9. att.

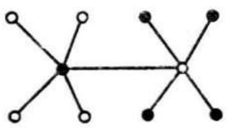
krāsu virsotņu skaits nesakrīt. Tā kā balto un melno virsotņu skaits katrā ceļā atšķiras, augstākais, par 1, tad Hamiltona ceļš neeksistē, ja grafā balto un melno virsotņu skaita starpība ir lielāka par 1.

Piemēram, vai var apiet visas 10.*a* attēlā redzamās tabulas rūtiņas (divas ir izgrieztas), katrā iegriežoties tieši vienu reizi? Ar gājienu var pāriet uz citu rūtiņu, šķērsojot malu (bet ne stūri). Ar atbilstošu krāsojumu iegūstam 16 iekrāsotas un 18 baltas rūtiņas. Tā kā katrs gājiens ved no baltas rūtiņas uz iekrāsotu (un otrādi), tad skaidrs, ka prasīto veikt neizdosies.

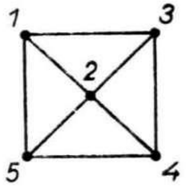

a)


b)

10. att.



*11. att.*



*12. att.*

Te rūtiņas var attēlot ar grafa virsotnēm, bet blakusrūtiņām kopīgo malu — ar šķautni, kas šīs virsotnes savieno.

Kā jau minējām, šī metode diemžēl derēs ne vienmēr. 11. attēlā redzams grafs, kurā melno un balto virsotņu skaits sakrīt, bet grafā tomēr nav Hamiltona cikla. Savukārt 12. attēlā parādītajā grafā nav iespējams veikt minēto krāsojumu, bet Hamiltona cikls tajā tomēr ir.

Tātad tikai tad, ja melno un balto virsotņu skaits nesakrīt, varam apgalvot, ka minētajā grafā nav Hamiltona cikla.

Sniegsim spēcīgāku Hamiltona cikla eksistences pietiekamo nosacījumu. Bet vispirms kāds uzdevums.

**Uzdevums.** 10 cilvēku sabiedrībā katram ir vismaz 5 draugi. Pierādīt, ka cilvēkus var sasēdināt ap apaļu galdu tā, ka katram abās pusēs sēž draugi.

Izveidojot šā uzdevuma modeli ar grafa palīdzību (virsotnes — cilvēki, divas virsotnes savieno šķautne, ja attiecīgie cilvēki ir draugi), iegūsim 10 virsotņu grafu, kur katras virsotnes kārta ir vismaz 5. Ja mēs pierādītu, ka eksistē cikls, kas iet caur katru virsotni tieši vienu reizi, tad būtu uzrādījuši arī secību, kādā cilvēki jāsasēdina ap galdu.

Sanumurēsim visas virsotnes patvaļīgā secībā: $A_1$, $A_2$, $A_3$, ..., $A_9$, $A_{10}$, $A_1$. Iedomāsimies, ka šī secība atbilst ciklam, kādā izejam visas virsotnes, katru vienu reizi. Ja šajā secībā nav neviena «pārrāvuma» (tātad eksistē visas šķautnes $A_i$, $A_{i+1}$, kur $1 \leqslant i \leqslant 10$, un $A_{11} \equiv A_1$), tad meklētais cikls ir atrasts.

Bet ja nu tā tomēr nav? Aplūkosim divas virsotnes, starp kurām ir «pārrāvums». Pieņemsim, ka tās ir $A_i$ un $A_{i+1}$. Pierādīsim, ka starp virsotnēm noteikti atrodamas divas tādas blakusvirsotnes secībā $A_k$, $A_{k+1}$, ka eksistē šķautnes $A_iA_k$ un $A_{i+1}A_{k+1}$ ($1 \leqslant k \leqslant 10$, $A_{11} \equiv A_1$). Pieņemsim pretējo: tādu divu blakusvirsotņu secībā $A_k$, $A_{k+1}$ nav. Tādā gadījumā aplūkosim visas tās virsotnes, kuras ir savienotas ar $A_i$. Saskaņā ar uzdevuma nosacījumiem, tādu ir vismaz piecas. Aplūkosim tās šīs virknes virsotnes, kas atrodas pa labi un blakus tām, kuras ir savienotas ar $A_i$. Tādas, protams, arī ir vismaz piecas. Saskaņā ar mūsu pieņēmumu, neviena no šīm virsotnēm nav savienota ar $A_{i+1}$. Tā kā katras virsotnes kārta var būt, augstākais, 9 (ja visi 9 ir draugi), tad $A_{i+1}$ kārta nevar būt lielāka par $9-5=4$, kas ir pretrunā ar uzdevuma nosacījumiem. Tātad katram šajā secībā nesavienoto virsotņu pārim $A_iA_{i+1}$ kaut kur eksistē blakusvirsotņu pāris $A_kA_{k+1}$ ar šķautnēm $A_iA_k$ un $A_{i+1}A_{k+1}$. Aplūkosim secību un minētos virsotņu pārus:

(1) $A_1$, $A_2$, ..., $A_i$, $A_{i+1}$, ..., $A_k$, $A_{k+1}$, ..., $A_{10}$, $A_1$ un turpmāk aplūkosim šādu secību:

(2) $A_1$, $A_2$, ..., $A_i$, $A_k$, $A_{k-1}$, ..., $A_{i+1}$, $A_{k+1}$, ..., $A_{10}$, $A_1$.

Skaidrs, ka šajā jaunajā secībā (2) nav radušies jauni «pārrāvumi», bet to skaits ir samazinājies vismaz par 1. Kāpēc? Salīdzināsim blakusesošo virsotņu pārus secībās (1) un (2).

Atšķirības ir tikai divās vietās: blakusesošo virsotņu pāris $A_i$, $A_{i+1}$ («pārrāvums» (1) secībā) ir pārtapis par $A_iA_k$ («pārrāvuma» nav), un pāris $A_k$, $A_{k+1}$ (mēs neko nezinām par «pārrāvumu» (1) secībā) ir pārtapis par pāri $A_{i+1}$, $A_{k+1}$ («pārrāvuma» nav). Tātad jaunajā secībā pārrāvumu skaits ir mazāks. Tā kā sākotnējā secībā (1) «pārrāvumu» skaits nevar pārsniegt 10, tad, augstākais, pēc 10 soļiem visi «pārrāvumi» būs likvidēti un būsim ieguvuši ciklu, kas apiet visas virsotnes. Tātad 10 draugus varēs sasēdināt ap apaļu galdu.

Pierādīto faktu varam arī vispārināt. Iesakām lasītājiem patstāvīgi pierādīt šādu rezultātu.

**Diraka teorēma.** Ja $2n$ virsotņu grafā katras virsotnes kārta ir vismaz $n$, tad grafā ir Hamiltona cikls.

I. France

# AMATIERIEM

## SPĀNIJAS AMATIERI MEKLĒ KONTAKTUS AR INTERESENTIEM LATVIJĀ

Par Spāniju mēs zinām maz, vēl mazāk — par astronomijas amatieru aktivitātēm šajā saulainajā zemē. Astronomija Spānijas skolās ir izvēles priekšmets. Lai šim priekšmetam piesaistītu vairāk skolēnu, pasniedzēji daudz domā, kā stundas padarīt interesantākas. Ļoti daudz astronomijas mācīšanā ir veikusi Barselonas Tehniskās universitātes profesore Rosa Marija Rosa-Ferrē. Daudzus gadus viņa māca astronomiju skolā un aktīvi pilnveido astronomijas mācīšanas metodiku. Galvenais viņas darbības motīvs — atrast pēc iespējas vairāk astronomisko novērojumu piemēru, kas neprasa dārgu tehniku, bet noteikti padziļina zināšanas astronomijā. Viņas uzmanības lokā ir tādas tēmas kā «Astronomiskie novērojumi ar fotoaparātu», «Astronomiskie novērojumi ar vienkāršu teleskopu». Ievērību izpelnījusies viņas grāmata «Sekstanta konstruēšana un izmantošana». Šoreiz piedāvājam mūsu lasītājam rakstu «Maiņzvaigžņu pētījumi ar fotogrāfiju palīdzību».

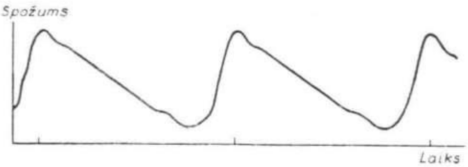
Profesore Rosa Marija Rosa-Ferrē cer, ka viņas raksti ne tikai ieinteresēs mūsu lasītājus, bet vedinās arī uz kopīgām astronomiskām aktivitātēm. Astronomijas mācīšanu bagātina astronomiski novērojumi, kas paralēli vai vienlaicīgi tiek veikti dažādos ģeogrāfiskajos platumos. Piemēram, kādā leņķī zvaigznes parādās pie horizonta Spānijā un Latvijā? To var noteikt, izmantojot fotoaparātu, kas ar līmeņrādi iestādīts stingri horizontāli, vērsts austrumu virzienā un eksponēts vairākus desmitus sekunžu. Tad uz fotofilmas iegūst zvaigznes «ceļu» svītriņu izskatā. Leņķis, kuru veido zvaigznes atstātā svītriņa un horizonts, atkarīgs no ģeogrāfiskā platuma. Par to var uzskatāmi pārliecināties, salīdzinot Spānijā un Latvijā veiktus uzņēmumus. Ja kāds šādu uzņēmumu ir veicis vai labprāt veiktu, atsaucieties! Ne mazāk interesanti droši vien būtu vienlaicīgi Mēness uzņēmumi. Spānijas amatieri ir gatavi šādai sadarbībai. Varbūt arī jums ir interesanti priekšlikumi? Tad atrakstiet mūsu redakcijai.

T. Romanovskis

## MAIŅZVAIGŽŅU PĒTĪŠANA AR FOTOGRĀFIJU PALĪDZĪBU

Zvaigžņu spožumus jeb t. s. lielumus var noteikt vizuāli vai arī ar tālskata palīdzību. Šajā rakstā iepazīstināsim ar pieredzi, kas iegūta, zvaigžņu pētīšanai izmantojot fotogrāfijas. Ar zvaigznēm, kuru mainīgums ir zināms no seniem laikiem, mēs nodarbojamies tādēļ, ka tās ir novērojamas ar neapbruņotu aci un ir vizuāli visiespaidīgākās.

Novērot maiņzvaigznes kopā ar ģimnāzijas vecāko klašu audzēkņiem nav viegli, jo viņiem trūkst pacietības ilgstošām nodarbībām. Tādēļ mēs vēlētos iepazīstināt lasītājus ar mūsu pieredzi, kā izvairīties no šādām grūtībām un kā iespējams kopā ar skolēniem spožās maiņzvaigznes pētīt ātrākā tempā.




*1. att.* Periodiska maiņzvaigzne.

## METODES BŪTĪBA

Skolēnu grupai mēs ierosinām nofotografēt to zvaigznāju, kurā atrodas mūs interesējošā maiņzvaigzne. Ļoti svarīgi ir, lai šīs fotogrāfijas tiktu uzņemtas ārpus pilsētas — laukos, kur tuvākajā apkārtnē nav neviena gaismas avota. Nepieciešams ir tikai fotoaparāts, statīvs un laika aiztures slēdzis.

Lai iegūtu kvalitatīvas fotogrāfijas, ko varētu izmantot tālākai apstrādei, fotoaparāta objektīva atvērumam jābūt maksimālam, fokuss jāiestāda uz bezgalību un katrs uzņēmums jāeksponē 20—30 sekundes. Ar 1000 ASA krāsu filmu var iegūt labus uzņēmumus, kuros iespējams atšķirt zvaigžņu dažādās krāsas un lielumus. Nepieciešams arī atzīmēt katras fotogrāfijas uzņemšanas dienu, stundu un minūtes pasaules laika vienībās.

Tālāk aprakstīsim praktisko darbu, ko veic klase, izmantojot visas skolēnu grupas uzņemtās fotogrāfijas.

Maiņzvaigznes spožuma līknes izveidošanai nepieciešams liels fotogrāfiju skaits, vismaz simt uzņēmumu, bez tam jāpieņem, ka zvaigznes periodiskuma raksturlielumi ir iepriekšzināmi un attēli iegūti pilna spožuma maiņcikla laikā. Taču zvaigznes periods var ilgt tikai pāris dienu, un izsekot spožuma maiņciklam visā pilnībā ir grūti tādēļ, ka novērojumus ietekmē arī laikapstākļi. Šādā gadījumā ar fotogrāfijām, kuru skaits, bez šaubām, nesasniedz simtu, mēs varam tikai pārbaudīt atsevišķus spožuma līknes punktus. Tālāk aprakstīsim šāda eksperimenta rezultātus, par paraugu ņemot δ Cephei un β Persei.

Katram spožuma līknes punktam ir divas komponentes: (m, p), kur m ir maiņzvaigznes vizuālais lielums un p ir dotā stāvokļa fāze (1. att.).

No katras fotogrāfijas mēs nosakām maiņzvaigznes vizuālo lielumu, salīdzinot tās spožumu ar divu salīdzināmo vai atbalsta zvaigžņu — A un B — spožumu. (Salīdzināmās zvaigznes nedrīkst būt maiņzvaigznes.) Atbalsta zvaigžņu redzamie lielumi ir $m_A$ un $m_B$ ($m_A<m_B$),[1] un mēs atzīmējam: AavbB, kur a, b = 1,2,3,4 vai 5 atkarībā no tā, kurš no šeit aprakstītajiem gadījumiem realizējas:

A1 — maiņzvaigznes un atbalsta zvaigznes A spožums ir vienāds, kaut gan mēs par to nedaudz šaubāmies;

A2 — vēl arvien nedaudz šaubīdamies, mēs beigās tomēr secinām, ka A ir spožāka par maiņzvaigzni;

A3 — abu zvaigžņu spožums ir salīdzināms, bet mēs drīz vien pamanām, ka A ir spožāka;

A4 — jau pašā sākumā mēs redzam, ka A ir spožāka;

A5 — nav šaubu, ka A ir spožāka.

1B — maiņzvaigznes un atbalsta zvaigznes B spožums ir vienāds, kaut gan mēs par to nedaudz šaubāmies;

2B — vēl arvien nedaudz šaubīdamies, mēs beigās tomēr secinām, ka B ir vājāka par maiņzvaigzni;

3B — abu zvaigžņu spožums ir salīdzināms, bet mēs drīz vien pamanām, ka B ir vājāka;

[1] Tātad atbalsta zvaigznei A jābūt spožākai par B un atbalsta zvaigznes jāizvēlas tā, lai tās būtu gan spožākas, gan vājākas par pētāmo maņzvaigzni. *(Tulk. piez.)*

4B — jau pašā sākumā mēs redzam, ka B ir vājāka;
5B — nav šaubu, ka B ir vājāka.

Ar šīs informācijas palīdzību mēs varam iegūt a un b un aprēķināt maiņzvaigznes redzamo lielumu pēc formulas:

$$m=\frac{a}{a+b}(m_A-m_B)+m_A=$$

$$=\frac{-b}{a+b}(m_A-m_B)+m_B.$$

Ja zvaigznes spožums mainās ļoti stipri, tad var rasties nepieciešamība izvēlēties vairāk nekā divas atbalsta zvaigznes: A, B, C, D, ..., un aprakstītā procedūra tad ir jāatkārto katram pārim, kas sastāv no šīm atbalsta zvaigznēm un pētāmās maiņzvaigznes. Šā procesa beigās mēs esam ieguvuši pirmo punkta (m, p) komponenti.

Lai iegūtu otru komponenti, mums jāzina efemerīda E[2], maiņzvaigznes spožuma periods P, kā arī jāizsaka Juliāna dienās D fotogrāfijas uzņemšanas diena, stundas un minūtes, pēc tam jāizdala novērotais spožuma maiņu intervāls ar visu periodu, kā rezultātā iegūsim fāzi p:

$$p=\text{decimāldaļa no}\left(\frac{D-E}{P}\right).$$

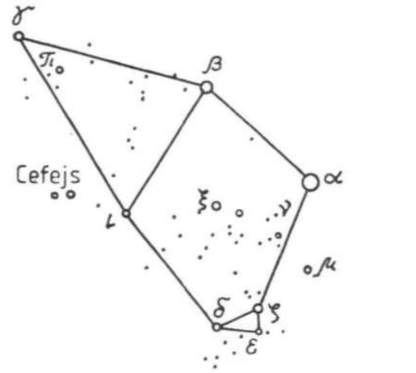
Mēs apstrādājām dažādas maiņzvaigznes un visos eksperimentos ieguvām ļoti labus rezultātus. Iepazīstināsim lasītājus ar rezultātiem, kas iegūti, izmantojot dažus 15—17 gadus vecu skolēnu uzņēmumus.

Katrs skolēns pēc sujbektīviem kritērijiem nosaka izteiksmes AavbB vērtību katram uzņēmumam. Tad viņi var atrast vizuālo lielumu m, kā arī aprēķināt fāzi p. Pēc tam katrs skolēns atzīmē savu punktu (m, p) uz spožuma līknes grafika.

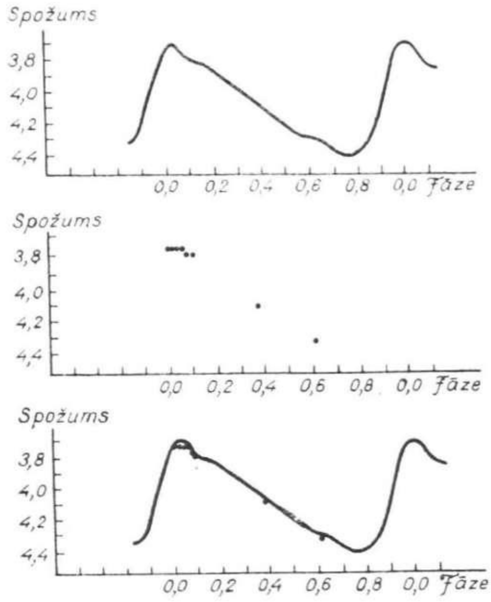
Beidzot mēs salīdzinām visu skolēnu iegūtos dažādos rezultātus un atrodam vidējo.

1. piemērs: δ Cephei.

[2] Ar efemerīdu E šajā rakstā apzīmēts iepriekš aprēķinātais maiņzvaigznes spožuma ekstrēmuma (minimuma vai maksimuma) moments. *(Tulk. piez.)*




*2. att.* Cefeja zvaigznājs un atbalsta zvaigznes A=ξ un B=ν.




*3. att. a* — δ Cephei spožuma līkne; *b* — punkti (m, p) no fotogrāfijām; *c* — līknes un iegūto punktu salīdzinājums.

Šī maiņzvaigzne savu spožumu maina regulāri. Tās efemerīda ir E=2436075.445 Juliāna dienas un periods P=5.366341 diena. Mēs izmantojām divas atbalsta zvaigznes (2. att.), kurām $m_A=3.62$ un $m_B=4.46$; 1. ta-

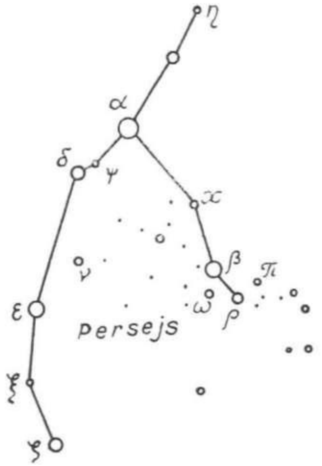
1. tabula

δ Cephei novērojumi

| D | M | Y | H : M | p | AavbB | m |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 10 | 87 | 16:00 | 0.371 | A4v3B | 4.10 |
| 14 | 5 | 89 | 23:30 | 0.004 | A1v5B | 3.75 |
| 15 | 5 | 89 | 0:15 | 0.010 | A1v5B | 3.75 |
| 10 | 6 | 89 | 23:00 | 0.031 | A1v5B | 3.75 |
| 11 | 6 | 89 | 2:00 | 0.055 | A1v5B | 3.75 |
| 11 | 6 | 89 | 3:00 | 0.062 | A1v4B | 3.78 |
| 11 | 6 | 89 | 5:00 | 0.078 | A1v4B | 3.78 |
| 29 | 6 | 90 | 0:55 | 0.603 | A4v1B | 4.29 |

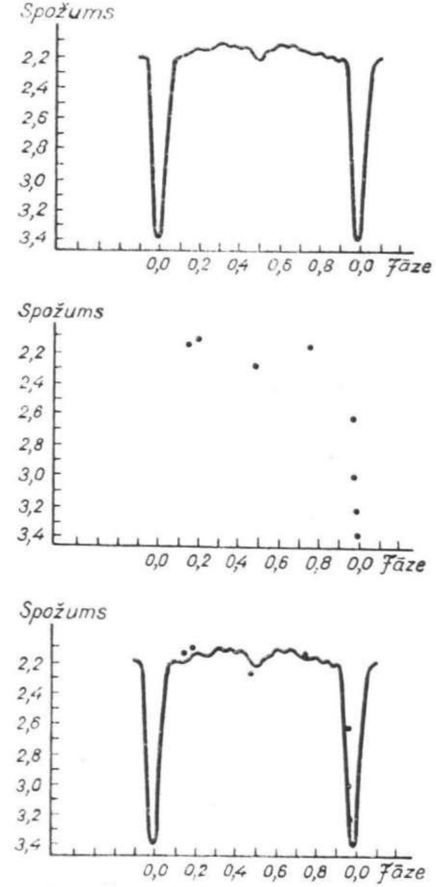
D, M, Y — novērošanas diena, mēnesis un gads; H, M — stunda un minūtes; p — fāze; AavbB — spožuma novērtējums; m — zvaigznes spožums.

bulā doti rezultāti, kurus studenti ir ieguvuši no astoņām fotogrāfijām, bez tam šos rezultātus mēs esam parādījuši arī 3. attēlā, kurā redzama δ Cephei spožuma līkne un no uzņēmumiem iegūtie punkti.




*4. att.* Perseja zvaigznājs un atbalsta zvaigznes A=α, B=ε, C=δ un D=ν.

Lai uzņemtu fotogrāfijas, mums būtībā nav nepieciešams nogaidīt īpašu momentu. Mēs tās varam iegūt jebkurā dienā, tādēļ ka δ Cephei spožuma līkne vairāku stundu garumā ir bez izmaiņām.




*5. att.* *a* — β Persei spožuma līkne; *b* — punkti (m, p) no fotogrāfijām; *c* — līknes un iegūto punktu salīdzinājums.

2. tabula

β Persei novērojumi

| D | M | Y | H : M | p | AavbB | m |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 3 | 88 | 19:13 | 0.748 | A1v3B | 2.17 |
| 28 | 1 | 89 | 20:05 | 0.455 | A2v4B | 2.25 |
| 24 | 2 | 90 | 19:35 | 0.165 | A1v4B | 2.11 |
| 24 | 2 | 90 | 21:25 | 0.187 | A1v3B | 2.17 |
| 4 | 3 | 90 | 19:27 | 0.948 | A2v3B | 2.61 |
| 4 | 3 | 90 | 20:32 | 0.964 | B1v2C | 2.98 |
| 4 | 3 | 90 | 21:30 | 0.978 | C1v4D | 3.21 |
| 4 | 3 | 90 | 22:34 | 0.994 | C1v2D | 3.33 |

2. piemērs: β Persei.

β Persei spožums parasti ir nemainīgs, bet ik pēc pāris dienām tas uz īsu laika sprīdi pēkšņi pavājinās, tad mēs varam novērot asu minimumu, pēc kura spožums atkal palielinās. β Persei spožums ievērojami mainās, un mums vajadzīgas četras dažādas atbalsta zvaigznes (4. att.) ar $m_A=1.90$, $m_B=2.96$, $m_C=3.03$ un $m_D=3.93$. Lai iegūtu fāzi p, mums jāzina efemerīda E=2439479.647 Juliāna dienas un periods P=2.86732442 dienas. Galarezultāti, kurus skolēni ieguvuši no 8 uzņēmumiem, parādīti 2. tabulā un 5. attēlā.

Lai iegūtu β Persei minimuma fotogrāfiju, pirms novērošanas jāaprēķina vajadzīgā diena un stunda. Šā uzdevuma veikšanai mēs varam sagatavot datorprogrammu, kurā jāievada efemerīda, periods un aptuvenā novērošanas diena, un mēs iegūsim vairākas atšķirīgas iespējamās novērošanas dienas un stundas. Tad mēs varam izvēlēties, kam dot priekšroku.

## SECINĀJUMI

Šādā veidā mēs varam izpētīt katru periodisku maiņzvaigzni, kuras spožuma līkne ir zināma, jo mūsu mērķis ir salīdzināt iegūtos rezultātus ar zināmo informāciju.

Tāpat arī ir iespējams iegūt spožuma līkni jebkurai maiņzvaigznei neatkarīgi no tā, vai tā ir vai nav periodiska, ja tikai mēs uzņemam pietiekamu skaitu fotogrāfiju. Taču tas nebija mūsu mērķis, mēs tikai vēlējāmies parādīt, kā iesaistīt vecāko klašu skolēnus maiņzvaigžņu novērošanā.

R. M. Rosa-Ferrē

**JAUNUMI ĪSUMĀ ** JAUNUMI ĪSUMĀ ** JAUNUMI ĪSUMĀ**

**** 1994. gada 24. janvārī, startējot sešdesmit trešo reizi, neveiksmi cieta pasaulē populārākais komerciālais kosmosa transportlīdzeklis — Rietumeiropas nesējraķete «*Ariane*». Tās trešajai pakāpei pārkarsa degvielas sūkņa gultnis, sūknis priekšlaikus apstājās, un pakāpe līdz ar derīgo kravu iedrāzās atmosfēras blīvajos slāņos. Neveiksmes rezultātā gāja bojā pirmais Turcijas sakaru pavadonis un kārtējais Rietumeiropas sakaru pavadonis. Pēc speciālistu prognozēm, šīs avārijas izraisītais «*Ariane*» ekspluatācijas pārtraukums varētu ilgt aptuveni pusgadu.**

# GRĀMATAS

## BEĻĢIJAS KARALISKĀS OBSERVATORIJAS ASTRONOMISKAIS KALENDĀRS


*Pirmais astronomiskais kalendārs 1994. gadam, ko saņēma Radioastrofizikas observatorija, bija Beļģijas Karaliskās observatorijas gadagrāmata. Šā nelielā formāta, ne pārāk biezā (241 lappuse) izdevuma saturs atbilst mūsu «Astronomiskā kalendāra» tabulu daļai, bet ir daudz plašāks. Teksts ir divās valodās — franču un flāmu.*

*Beļģu kalendārā pēc priekšvārda vispirms sniegti daži dati — Karaliskās observatorijas kas atrodas Uklā, un radioastronomijas stacijas Imēnrošforā ģeogrāfiskais garums un platums un augstums virs jūras līmeņa. Seko astronomiskās konstantes, ziņas par planētu masu un rādiusu — dati, kas izmantoti efemerīdu aprēķināšanai.*

*Tad seko ziņas par 1994. gadu dažādās laika skaitīšanas sistēmās, piem., Juliāna periodā, kuru lieto maiņzvaigžņu pētnieki, Gregora un Juliāna kalendārā, dažādu reliģiju — ebreju, muhamedāņu, katoļu, luterāņu, anglikāņu — svinamās dienas, kā arī Beļģijā atzīmējamie valsts svētki.*

*Mums pierastākā kalendāra daļa sākas ar Saules tabulu katram mēnesim, kurā atšķirībā no «Astronomiskā kalendāra» apkopoti visi dati par Sauli, gan lēkts, gan riets, gan krēslas ilgums (Uklā), gan arī Saules koordinātas, laika vienādojums un citi dati. Līdzīgi iekārtota arī Mēness tabula. Abu tabulu sākumā sniegti dati par Sauli resp. Mēnesi kā debess ķermeni.*

*Planētu tabulas savukārt ievada ziņas par planētām un to orbītām, kā arī par to galvenajām redzamajām parādībām: konjunkciju, vislielāko elongāciju, Venēras un Marsa fāzēm, Saturna gredzena redzamību. Tabulās — katram mēnesim ik pa 5, 10 vai 15 dienām planētu (pat Plutona) lēkts, kulminācija, riets, rektascensija, deklinācija, elongācija, spožums.*

*Aplūkojamā gadagrāmatā ir arī diezgan plaša informācija gan teksta, gan tabulu veidā par periodiskajām komētām un to redzamības apstākļiem 1994. gadā. Deviņām paredzami spožākajām komētām dotas koordinātas, lēkts, riets u. c. ziņas labākās redzamības periodā.*

*Beļģijas gadagrāmatā atrodamas arī ziņas par meteoru plūsmām, Saules un Mēness aptumsumiem, Uklā novērojamām zvaigžņu aizklāšanām, Jupitera pavadoņu redzamību. Nelielas palīgtabulas noder Saules lēktu un rietu momentu noteikšanai citās vietās Beļģijā. Ir arī tabulas pārejai no vidējā laika uz zvaigžņu laiku un vēl citas palīgtabulas.*

*Beļģijas Karaliskās observatorijas astronomiskā gadagrāmata noder gan astronomijas amatieriem, gan profesionāliem astronomiem, ģeodēzistiem un mērniekiem, galvenokārt tiem, kas darbojas flāmu un valoņu zemē. Tomēr te interesantas un noderīgas ziņas var atrast arī Latvijas iedzīvotāji, kam nav vienaldzīgi debess spīdekļi.*

A. Alksnis

**JAUNUMI ĪSUMĀ * JAUNUMI ĪSUMĀ * JAUNUMI ĪSUMĀ * JAUNUMI ĪSUMĀ**

**Trešajā tuvo zvaigžņu katalogā, kas iznācis kompaktdiska ierakstā, iekļauti 3803 objekti — visas pašlaik zināmās zvaigznes, kuru attālums no Saules nepārsniedz 25 parsekus jeb 82 gaismas gadus. Vairumam šo zvaigžņu attālums noteikts astrometriski, t. i., ar leņķiskiem mērījumiem, bet citām — fotometriski vai spektroskopiski.**

**Iepriekšējais tuvo zvaigžņu katalogs iznāca 1969. gadā, un tajā ietilpa 1890 zvaigznes, bet to attālums nepārsniedza 20 pc.**

**Tagad ir zināma 61 zvaigzne, kas atrodas tuvāk par 5 pc; 1969. gadā tādu bija 54. 5—10 pc attālumā zināmo zvaigžņu skaits šai pašā laikposmā ir pieaudzis no 207 līdz 265, bet 10—20 pc attālumā zināmo skaits ir gandrīz divkāršojies — no 918 līdz 1795.**

**1091 šā kataloga zvaigzne ietilpst kādā no 552 sistēmām — dubultzvaigznēm vai vairākkārtīgām zvaigznēm; par atsevišķām zvaigznēm nav uzskaitītas sistēmu komponentes, kuras līdz šim nav izdevies attēlā izšķirt, piem., 195 spektroskopiskas dubultzvaigznes.**

# HIPOTĒŽU LOKĀ

## KĀPĒC PULSĒ ZVAIGZNES?

Šķiet, uz šo jautājumu zinātne jau sen ir atbildējusi un daudziem rakstiem par zvaigžņu pulsācijām un to cēloņiem būtu bijis jāparādās arī «Zvaigžņotās Debess» slejās. Zvaigžņu pulsācijas ir pazīstamas jau apmēram četrus gadsimtus, tās ir pētītas sīki jo sīki, tām veltītas daudzas jo daudzas (desmitiem tūkstošu) publikācijas, neskaitāmas disertācijas, monogrāfijas, veikti rūpīgi datoraprēķini (pēdējos gadu desmitos, kopš datori iesaistīti zinātniskajā darbā), konstatēts, ka eksistē gan adiabātiskas, gan neadiabātiskas, gan radiālas, gan neradiālas pulsācijas un tā tālāk, un tā tālāk. Taču pulsāciju pamatcēlonis tik un tā nav skaidrs.

Vai tiešām nav? Tas nevarētu būt. («Tas nevar būt, jo tas nevar būt nekad.» — A. Čehovs, «Vēstule mācītam kaimiņam».)

Iespējams, ka šajā jautājumā autors kļūdās. (Būtu jauki, ja to pierādītu «Zvaigžņotās Debess» visuzinošie lasītāji.) Tomēr iepazīšanās ar vienu no labākajām šīs nozares monogrāfijām, proti, Kolorādo Universitātes astrofizikas profesora Džona P. Koksa «Zvaigžņu pulsāciju teorija»[1], kā arī pārrunas ar kolēģiem liecina, ka tas ir tieši tā: pulsāciju pamatcēlonis nav noskaidrots.

Tiesa, ir novērtēts, ka zvaigžņu dzīlēs strādājošā kodolsintēzes reaktora regulators — sk. arī turpmāk — nespēj ierosināt pulsācijas ar novērojamo amplitūdu. Tāpēc šī ideja palikusi speciālo publikāciju ietvaros.

Par zvaigžņu pulsācijām, gan ekspliciti neformulējot domu, ka tās varētu būt kodolsintēzes reaktora regulators — tas tolaik būtu bijis pāragri —, ir rakstījis jau izcilais astrofiziķis Arturs Edingtons (1882—1944), kurš, izmantodams Einšteina sakarību $E=mc^2$ un to, ka četri ūdeņraža atomi ir krietni vien smagāki par vienu hēlija atomu, pirmais izteica domu par tādu procesu, kurā minēto atomu masas starpība pārveidojas enerģijā. Šī enerģija, kuru viņš nosauca par «subatomu enerģiju», ļauj zvaigznēm «degt» un spīdēt miljardiem gadu, izstarojot pasaules telpā gaismu, siltumu, ultravioleto radiāciju (arī protonus, neitrīno utt.). Kodolsintēzes procesu fineses tika izpētītas daudz vēlāk; A. Edingtona fundamentālais nopelns ir skaidras un fizikāli pamatotas idejas izvirzīšana. Viņš rakstīja, ka gadījumā, ja «subatomu enerģijas» izdalīšanās intensitātes atkarība no temperatūras būtu pārāk krasa, zvaigzne sāktu pulsēt.[2]

Ģeniāla intuīcija! Citēsim A. Edingtona teksta fragmentu pilnībā:

«Nozīmīgs ir vēl šāds zvaigznes stabilitātes nosacījumu analīzes rezultāts. Subatomu enerģijas (subatomic energy) izdalīšanās ātrumam

[1] *Cox J. P.* Theory of Stellar Pulsation. — Princeton: Princeton University Press, 1980. Ir krievu tulkojums ( Теория звездных пульсаций. — Москва: Мир, 1983) — turpmākie citāti un norādes uz šo monogrāfiju — pēc tā.

[2] *Eddington A. S.* Constitution of the Stars // Smithsonian Report for 1937. — Washington: United States Government Printing Office, 1938. — P. 131—144.

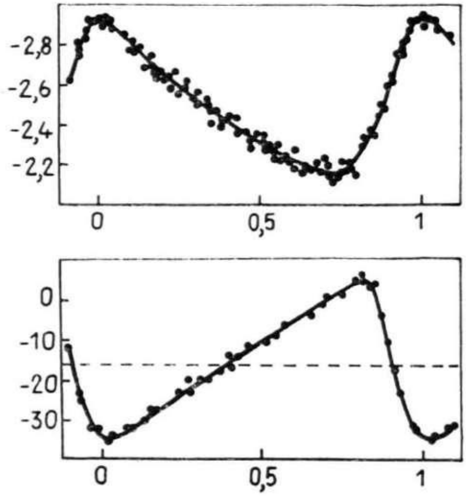
jāpieaug (*must* increase. Kursīvs mans. — *J. B.*), palielinoties temperatūrai, *tomēr ne pārāk strauji* (A. Edingtona kursīvs. — *J. B.*); ja šā pieauguma straujums pārsniegtu noteiktu robežu, zvaigzne sāktu pulsēt. Daudzas zvaigznes, proti, maiņzvaigznes cefeīdas, patiešām pulsē, tomēr to vairums — ne. Droši vien drīkst secināt, ka patiesais ātruma pieaugšanas likums ir visai tuvu (pretty near) robežai, tā ka zvaigžņu vairumam nosacījumi ir tās vienā pusē, turpretī cefeīdām — tūlīt aiz tās.»[3]

Ja šis citāts aprautos ar vārdiem «zvaigzne sāktu pulsēt», tiktu noklusēta A. Edingtona kļūda (ja to tā drīkst saukt). Tomēr tā jāpiedod: tolaik nebija atklāti kodolsintēzes reakciju likumi. Saskaņā ar tiem enerģijas izdalīšanās ātruma atkarība no temperatūras ir pamatos eksponenciāla.

Pārmest A. Edingtonam šo sakarību nezināšanu būtu neglīti, pat absurdi. Protams, var apcerēt jautājumu, kāpēc viņš ir rakstījis «ātrumam jāpieaug» (*must*, nevis *should* increase; *must* nozīmē obligātumu, *should* turpretī varētu tulkot ar *«vajadzētu»*), — acīmredzot sapratis, ka, temperatūrai pieaugot, atomu kodoliem ir vieglāk pārvarēt elektrostatiskās atgrūšanās spēkus. Nav pamata uzskatīt, ka vairumam zvaigžņu šie ļoti vispārīgie likumi ir vieni, turpretī cefeīdām — «nedaudz» citi. Īstais cēlonis zvaigžņu vairuma nepulsēšanai (turklāt *šķietamai* nepulsēšanai) un cefeīdu pulsēšanai, jādomā, ir pavisam cits un turklāt ļoti vienkāršs: pirmajā tuvinājumā var teikt, ka tas ir zvaigznes rādiuss un tātad — pats galvenais — tās masa. (Arī šos abus lielumus viennozīmīgi saistīt var tikai nosacīti, pirmajā tuvinājumā.)

Kopš tā laika pagājuši daudzi gadu desmiti, radīta kodolfizika un kodolenerģētika, atombumba un ūdeņraža bumba un, bez šaubām, rūpīgi jo rūpīgi izpētītas (Nobela prēmiju līmenī) kodolsintēzes reakciju fineses. Tomēr Artura Edingtona ideja šķiet esam aizmirsta. Neticami, bet — acīmredzot — fakts.

[3] *Eddington A. S.* Constitution of the Stars, p. 142.




Cēfeja δ spožuma (*augšā*) un novērojamā virsmas ātruma (*apakšā*) līknes.

Vispirms — īss dažu galveno rezultātu pārskats. Novērtēts (Kokss, 17. lpp.), ka Galaktikā ir ap divi miljoni pulsējošo zvaigžņu un tātad — ik uz $10^5$—$10^6$ zvaigznēm viena pulsē. Noskaidrota (turpat, 27.—32. lpp.) sakarība starp pulsāciju periodu un starjaudu; šie lielumi izrādījušies gandrīz proporcionāli viens otram, un tādējādi pavērusies unikāla iespēja netieši izmērīt lielus attālumus Visumā — attālumus līdz citām galaktikām utt. Atklājies, ka starp pulsējošās zvaigznes rādiusu un tās mainīgo spožumu — abi mainās pēc līknēm, kas tuvākas oscilogrāfu izvērsēs izmantotajam «zāģim» nekā sinusoīdai, bet, bez šaubām, ir stingri periodiskas — pastāv ne gluži skaidra, tomēr precīzi izmērīta fāžu nobīde, kas tuva 90°. Zvaigzne ir visspožākā nevis tad, kad tās rādiuss ir vismazākais, bet gan tās izplešanās laikā. Šīs sakarības ilustrē attēls (turpat, 29. lpp.) ar Cēfeja δ (t. s. klasisko cefeīdu grupas pārstāves) spožuma (augšā) un novērojamā virsmas ātruma (apakšā) līknēm (Koksa grāmatā apakšējā attēlā nav pārtrauktās līnijas, kas atbilst zvaigznes masas centra kustībai attiecībā pret Sauli ar ātrumu — 16 km/s). Uz abscisu ass — svārstību fāze, kuras izmaiņa par vienu atbilst zvaigznes svārstību periodam, vienādam ar 5,366 diennaktīm. Spožumu raksturo zvaigznes redzamais lielums ar patvaļīgu nullpunktu. Zvaigzne ir visspožākā laika intervālos ar fāzi ~0, ~1 utt., kad tās ātrums, vērsts virzienā uz Sauli, ir pēc absolūtās vērtības vislielākais (~ −36 km/s), t. i., kad tās rādiuss pieaug visstraujāk un nosacīti var tikt pieņemts par vienādu ar tās vidējo rādiusu. Tā ir tekstā minētā fāžu nobīde, nosebojums par ~90° starp zvaigznes rādiusa un tās spožuma izmaiņām. Par tādu un tādu nobīdi grādos (vai radiānos), protams, var runāt tikai nosacīti, jo pamatatkarības nav sinusoidālas. Zvaigznes rādiuss ir vismazākais brīžos ar fāzi ~ −0,1, ~ +0,9 utt., t. i., kad tās virsmas ātrums (attiecībā pret vidējo, kas attēlots, kā jau teikts, ar pārtrauktu līniju) ir vienāds ar nulli, un tādos pašos brīžos, tikai ar ātruma izmaiņu pretējā virzienā un fāzi ~0,4 zvaigznes rādiusam ir maksimālā vērtība.

Dž. P. Koksa monogrāfijā attēls reproducēts ar divējādiem, gaišiem un nomelninātiem aplīšiem; šeit vienkāršības labad visi aplīši uzzīmēti nomelnināti.

Tālāk, tā sauktās klasiskās cefeīdas ir krietni vien lielākas un jaudīgākas par Sauli (turpat, 28. lpp.): pēc starjaudas 300—26 000 reižu, pēc rādiusa 14—200, pēc masas 3,7—14 reižu. To pulsāciju periods ir no vienas līdz piecdesmit diennaktīm, turpretī Saulei tas ir 160,00 minūšu. Visos gadījumos šo periodu nosaka zvaigznes blīvums un rādiuss jeb, vienkāršāk izsakoties, skaņas ātrums zvaigznē. Piebildīsim, ka Saules pulsāciju atklāšana ir viens no pēdējo gadu desmitu visspožākajiem notikumiem astronomijā un par to rakstīts arī mūsu izdevumā.[4] Saules rādiusa maiņas amplitūda ir ap 10 km, tātad uz 700 000 km garā rādiusa «fona» ar Doplera nobīdi gandrīz nekonstatējams lielums. Tomēr Krimas astronomi to pamanīja.

[4] Sk., piem.: *Cimahoviča N.* Kāpēc Saule pulsē? // Zvaigžņotā Debess. — 1984. gada rudens. — 28. lpp.; *Dzērvītis U.* Saules dziles zondējot // Zvaigžņotā Debess. — 1987. gada pavasaris. — 6. lpp.

Un beidzamais: visu pulsējošo zvaigžņu periods ir pārsteidzoši stabils; tas nemainās pat daudzu gadsimtu gaitā. (Ja pulsācijas ir zvaigžņu kodolsintēzes reaktora regulators, tad par šādu stabilitāti nebūtu jābrīnās, jo zvaigznes «kodoldegviela» izdeg ļoti lēnām, miljardos gadu, un tāpēc ļoti lēnām mainās arī tās masa un rādiuss.)

Kas tātad ir zvaigžņu pulsācijas?

Tās ir zvaigžņu dzīlēs strādājošā kodolsintēzes reaktora r e g u l a t o r s, turklāt tāds, bez kura šis reaktors strādāt nevar. Tas vai nu eksplodētu (iespējams, ka tā eksplodē supernovas), vai apdzistu.

Tiešām, kodolenerģijas ģenerēšanas ātrums (kodolreaktora jauda) ir atkarīgs no temperatūras pēc eksponentlikuma, turpretī enerģijas aizvadīšanas ātrums (uz zvaigznes virsmas šis ātrums ir ekvivalents starjaudai) ir proporcionāls $T^4$. Eksponente — noteiktā nozīmē — mainās straujāk nekā jebkura pakāpju funkcija, tāpēc šo lielumu statisks līdzsvars nav iespējams. Šāds līdzsvars var būt tikai d i n a m i s k s, un tāds iestājas zvaigznes pulsāciju rezultātā.

Attēlosim šo procesu shematiski. Pieņemsim, ka pulsējošās zvaigznes rādiusam, tās kodolreaktora jaudai un temperatūrai ir to vidējās vērtības. Reaktoram darbojoties, tā jauda pieaug straujāk, nekā starošana spēj aizvadīt. Tāpēc reaktora temperatūra un tā jauda pieaug vēl jo vairāk, process kļūst lavīnveidīgs, zvaigznes centrālais apgabals sakarst un sāk izplesties. Tas izplešas tikmēr, kamēr atdziest — adiabātiski izplešoties, atdziest katra gāze — līdz tādai temperatūrai, kurai atbilst būtiski samazinājusies (salīdzinājumā ar tās vidējo vērtību) reaktora jauda. Pēc tam gravitācijas spēks reaktoru atkal saspiež, temperatūra un kodolsintēzes reaktora jauda sāk pieaugt, sasniedz vidējo vērtību, pēc tam to pārsniedz, zvaigznes centrālais apgabals «pārkarst» utt.

Protams, process jāapraksta, izmantojot gāzu dinamikas, termodinamikas utt. vienādojumus (diferenciālformā, sfēriskai čaulai ar rādiusu $r$ un biezumu $dr$ utt.). Tā nav problēma. Šis uzdevums jau sen ir atrisināts, turklāt daudzos un dažādos variantos. Problēma ir šāda: kāpēc šajā jautājumā nav saskatīts galvenais (ja tas patiešām nav saskatīts) un kāpēc nav izdarīts, piemēram, secinājums, ka pulsē nevis katra simttūkstošā vai miljonā zvaigzne, bet gan ikviena, kuras enerģijas avots ir kvalitatīvi (ja ne arī kvantitatīvi) līdzīgs tādam, kas darbojas, piemēram, Saulē. (Izņēmums šajā ziņā droši vien ir, piemēram, baltie punduri.)

Kodolreaktors, vienalga, kāds, bez regulatora nedarbojas. Enerģētiskajos un zinātniskās pētniecības kodoldalīšanās reaktoros (Salaspilī, Ignalīnā utt.) šādi regulatori ir vadības, regulēšanas un aizsardzības neitronabsorbējošie stieņi, kas var pārvietoties vertikālā virzienā, augšup un lejup, reaktora aktīvajā zonā; jo zemāk ieslīd stienis, jo mazāka kļūst reaktora jauda. Stieņu pārvietošanos vada automātika. Ja reaktora jauda spontāni pieaug, stieņi saņem komandu «lejup» un otrādi. Kvantitatīvi kodolu dalīšanos raksturo t. s. reaktivitātes koeficients *k*, kas vienāds ar neitronu skaita attiecību divās viena otrai sekojošās «paaudzēs». Reaktora automātiskās regulēšanas sistēma nodrošina (ilgākā laikposmā, «statistiskā» pieejā) vidējo *k* vērtību absolūti precīzi (ja nemainās vidējā jauda) vienlīdzīgu vienam. Jebkuras ārkārtējas situācijas gadījumā aizsardzības stieņi paši (jo Zeme tos pievelk) iekrīt zonā un noslāpē ķēdes reakciju; pārējā laikā stieņus paceltus tur kāds visai asprātīgs mehānisms, kas praktiski vienmēr apgādāts ar solenoīdu vai elektromagnētu, kura tinumā visu laiku plūst strāva, u. tml.

Maz laikam ir tādu lasītāju, kuri zina, ka pirms nepilniem diviem miljardiem gadu Rietumāfrikā, Gabonā, kur atrodas Oklo urāna rūdas atradnes (tās apgādā ar urānu Francijas kodolreaktorus), ir darbojies pašas dabas izgudrots kodolreaktors.[5] Tolaik 235. izotopā urāna bija ap četras reizes vairāk nekā tagad (ap 3% tagadējo 0,72% vietā). Senas upes deltā sanests pietiekami daudz urāna rūdas, pastāvējuši visi modernās fizikas atklātie nosacījumi, lai sāktos ķēdes reakcija; tā arī sākusies, bet visapskaužamāko asprātību daba pierādījusi, «izgudrodama» sava reaktora regulatoru. Tas darbojies elementāri vienkārši un droši. Proti, neitronu palēninātāja funkcijas izpildījis gruntsūdens. Pēc neilga laika reaktors darbodamies, protams, sakarsis, ūdens uzvārījies un iztvaikojis, palēninātāja vairs nebijis, reaktors apstājies. Kad tas pietiekami atdzisis un ūdens aktīvajā zonā (pavisam to atklātas sešas!) sasūcies no jauna, reaktors «ieslēdzies» atkal utt.[6] Tā turpinājies apmēram 600 000—800 000 gadu. Reaktora vidējā jauda gan bijusi visai pieticīga — ap 25 kW. Pastāv hipotēze (tās secinājumiem tic arī šo rindu autors), ka tieši šā reaktora apkaimē bijis tāds radiācijas līmenis un kvalitatīvais sastāvs, kas pavēris iespēju ja ne nu gluži tieši rasties dzīvībai, tad tomēr sintezēties tik sarežģītām organiskām molekulām (piemēram, fermentu molekulām), kas bijušas nepieciešamas dzīvības izcelsmei.

Atgriezīsimies pie zvaigznēm. Tātad pulsē tās visas, tikai vairumā gadījumu šīs pulsācijas ir neredzamas, jo notiek zvaigznes iekšienē un zvaigznes virsējie slāņi tās noslēpj. Tie darbojas kā mehānisks, termisks, radiatīvs «ekrāns». Ja zvaigzni vēro no ārienes, nekas neliecina par to, cik jaudīga un ritmiska

[5] *Петров Ю. В.* Естественный ядерный реактор Окло // Успехи физических наук. — 1977. — Т. 123. — Вып. 3. — С. 473—486.

[6] Neiedziļinoties kodolfizikas finesēs, piebildīsim tikai, ka dalīšanās procesā radušies neitroni savas pārāk lielās enerģijas dēļ ķēdes reakciju neierosina; vienkāršoti var teikt, ka tie no aktīvās zonas «aizbēg». Nepieciešams tos palēnināt (to enerģijai jāsamazinās ap $10^8$ reižu), taču ne absorbēt (tie ir pakļauti riskam nokļūt t. s. rezonanses absorbcijas «slazdos»). Tas var notikt parastajā (ne smagajā) ūdenī ja ne gluži ideāli, tad tomēr pietiekami efektīvi. (Smagais ūdens neitronus palēnina labāk un absorbē mazāk nekā parastais, tomēr Dabas rīcībā, kad tā «konstruēja» Oklo reaktoru, šā ūdens nebija.)

Tiek pieļauta doma, ka darbojies vēl viens regulēšanas mehānisms, kas bijis saistīts ar dažu stipri absorbējošu vielu «izdegšanu». Tāds piemaisījums varētu būt bijis bors. Abu mehānismu kopdarbības rezultātā urāns būtu varējis «degt» līdzīgi slapjai malkas pagalei, taču atšķirībā no tās — pamīšus «no abiem galiem»: ķēdes reakcijas zona vairākas reizes būtu «pārstaigājusi» urāna iegulas no viena gala līdz otram.

«sirds» — kodolsintēzes reaktors — pulsē tās centrā. Mūsu Saule arī šajā ziņā ir izņēmums: tās pulsācijas ar modernās astronomijas visjutīgākajām metodēm ir tik tikko pamanāmas no Zemes, taču droši vien nesaskatāmas no kādas planētas, kas riņķotu, teiksim, ap *Proxima Centauri*, ja uz tās dzīvotu tikpat asprātīgi un neatlaidīgi astronomi, kādi ir, piemēram, Krimā. Tātad pasaule ir «radīta pēc cilvēka ģīmja un līdzības», «antropais princips»[7] gūst jaunu apstiprinājumu: mēs dzīvojam uz planētas, kas riņķo ap zvaigzni, kura — varbūt tādēļ, lai rosinātu mūsu zinātkāri, — atrodas tieši uz robežas starp tām zvaigznēm, kuru pulsācijas ir saskatāmas Visumā, ļaujot tajā izmērīt attālumus utt., un tām, kuras savus «sidspukstus» noslēpušas vairākus desmitus miljonu kelvinu karstajās dzīlēs.

Jādomā, ka iepriekšminētās zvaigžņu pulsāciju īpatnības (šeit, bez šaubām, sniegts pārskats tikai par pašām galvenajām) labi izskaidrojamas ar šo pulsāciju fizikālo būtību[8] — tas ir zvaigžņu kodolsintēzes reaktora r e g u l a t o r s. Vispārsteidzošākā to vidū, kā jau minēts, šķiet esam fāžu nobīde jeb nosebojums fāzē par gandrīz 90° starp zvaigznes rādiusa un spožuma izmaiņām: zvaigzne ir visspožākā savā izplešanās stadijā. Acīmredzot tieši šajā stadijā kodolreaktors darbojas visintensīvāk. Protams, nopietnu atbildi uz daudzajiem jautājumiem, kādi šajā sakarā var rasties, spēj sniegt tikai astrofiziķi. Iespējams, ka šī atbilde ir jau daļēji vai pat pilnīgi gatava, sen jau formulēta un atrodama speciālajā literatūrā.

Bet, j a zvaigžņu pulsācijas i r zvaigžņu kodolsintēzes reaktora r e g u l a t o r s un reaktors b e z šāda regulatora darboties n e s p ē j, tad no tā izriet ārkārtīgi pesimistisks secinājums attiecībā uz mūsu nākotnes enerģētiku un tās perspektīvām.

Proti, vairākās attīstītajās valstīs projektējamie (pagaidām tikai skiču un provizorisku eksperimentu līmenī) un plaši izdaudzinātie, stacionāram režīmam paredzētie kodolsintēzes reaktori, tokamaki, stellaratori utt. n e d a r b o s i e s n e k a d, jo tiem šāda regulatora nav un nebūs. Nav iedomājams nekāds fizikāls process, kas varētu savaldīt mikro-, nano- vai pat pikosekundēs sevi ierosinošo deitērija-tritija plazmu — pat ja tā ir «droši» ieslodzīta kādos visai asprātīgos, magnētiskā lauka līniju veidotos «slazdos». Magnētiskais lauks un tā regulēšanas iekārtas ir pārlieku inertas.

Šajā rakstā nav iespējams izklāstīt kodolsintēzes reaktoru uzbūves un darbības principus.

Autors ir mēģinājis šo, viņaprāt, elementāro patiesību — ka zvaigznēs kodolsintēzes reaktora regulatora funkcijas izpilda pulsācijas un ka uz Zemes n a v iespējams reproducēt neko līdzīgu — klāstīt saviem kolēģiem, kuriem, šķiet, vajadzētu to saprast (viņi visi tā vai citādi ir bijuši vai joprojām ir saistīti ar kodolsintēzes reaktoru projektiem). Velti. Viņi t i c, ka, piemēram, tokamaka toroidālajā kamerā ievadītā un vairāku megaampēru stiprās, pa noslēgtu loku cirkulējošās strāvas aizdedzinātā deitērija un tritija plazma «mierīgi degs» vienu, desmit, trīsdesmit m i n ū t e s (tajos simtos kubikmetru plazmas patiešām ir tik daudz atbrīvojamās enerģijas arī tad, ja reaktora jauda ir 5000 MW) kā «lēnā ūdeņraža bumba», kā «Saule Zemes virsū».

Nekas tamlīdzīgs. Jau pāris milisekundēs viss būs galā. Ja kodolsintēzes reakcija sāksies, tā uzturēs pati sevi — lavīnveidīgi. Augot temperatūrai, enerģijas izdalīšanās intensitāte pieaug eksponenciāli, temperatūra palielinās vēl vairāk utt. Milzu gravitācijas spēki, ar kuriem zvaigznes ārējie slāņi spiež uz kodolreaktoru tās centrā, tokamaka konstruktoriem n a v un n e k a d n e b ū s pieejami. Un tokamaks elementāri eksplodēs. Gandrīz kā ūdeņraža bumba.

«Elementāri, dārgo Votson.»

Vai varbūt kļūdās šo rindu autors? Cerēsim, ka tā.

J. B i r z v a l k s

[7] Sk.: *Ozola A.* Antropais princips // Zvaigžņotā Debess. — 1989. gada rudens. — 46. lpp.

[8] Ja, protams, šajā rakstā izklāstītais nav kļūdains.

# NOSTRIFIKĀCIJA

Virsrakstā izmantotais svešvārds «nostrifikācija» jau kopš vairākiem gadiem parādījies Latvijas zinātnes apritē, kaut arī mums parasti pieejamās svešvārdu vārdnīcās to veltīgi meklēt. Gan nebūdams valodnieks, uzdrošinos šo trūkumu aizpildīt ar savu skaidrojumu. (Lai filologi man piedod, ja kļūdīšos!) Esmu pārliecināts, ka vārds «nostrifikācija» veidots no latīņu *noster* — mūsējs, mūsu un *fictio* — tēlojums, veidojums. Tādā gadījumā to varētu latviskot ar jaunvārdu — mūsējošana. Taču aplūkojamā sakarībā iztirzājamā svešvārda vietā dažkārt saka pavisam vienkārši un skaidri — pielīdzināšana.

Runa te ir par agrāk Padomju Savienībā vai ārvalstīs piešķirto zinātnisko grādu pielīdzināšanu Latvijas Republikas zinātniskajiem grādiem, kas ar Ministru Padomes lēmumu ieviesti 1991. gadā. Latvijā izveidotā zinātnisko grādu sistēma, līdzīgi kā bijušajā Padomju Savienībā, Anglijā un Vācijā, ir divpakāpju atšķirībā no pārējās pasaules, kur doktora grādam tikai viena pakāpe. Zinātnisko grādu piešķiršanai un agrāk iegūto grādu pielīdzināšanai jaunizveidotajiem (nostrifikācijai) Latvijā nodibināja dažādās zinātņu nozarēs 85 habilitācijas[1] un promocijas[2] padomes, kuru locekļiem Latvijas Zinātnes padome apstiprināja pirmos jaunos Latvijas Republikas doktoru (*Dr.*) un habilitēto doktoru (*Dr. h.*) zinātniskos grādus.

Lai nodrošinātu augstu Latvijas zinātnisko grādu prestižu, šīm padomēm bija uzdots pārskatīt agrāk iegūto zinātnisko grādu atbilstību vispārējām zinātnes normām, atsijājot konjunktūras un karjerisma ceļā iegūtos. Nostrifikācija paredzēja līdzšinējiem PSRS Augstākās atestācijas komisijas apstiprinātajiem zinātņu kandidātiem piešķirt doktora grādu un agrākajiem zinātņu doktoriem — habilitētā doktora grādu.

Respektējot mūsu izdevuma specifiku, aplūkosim astronomu virzību šajā procesā. 1992. gadā tika radīta Latvijas Universitātes Fizikas zinātņu nozares habilitācijas un promocijas padome ar divām apakšnozarēm: optika un spektroskopija, astronomija. Šīs padomes priekšsēdētājs — prof. *Dr. h. phys.* Māris Jansons, priekšsēdētāja vietnieks — astronomijas goda doktors |Matīss Dīriķis|[3] un padomes loceklis — *Dr. h. phys.* Jurijs Francmanis. Padomes pilnvaru laiks — līdz 1993. gada 31. decembrim.

Pusotra gada laikā padome atbilstoši nolikumam izskatījusi agrāk aizstāvētos zinātniskos darbus un piešķīrusi fizikas doktora (*Dr. phys.*) grādu astronomijas apakšnozarē divdesmit sešiem zinātniekiem, kas savas fizikas un matemātikas zinātņu kandidāta disertācijas agrāk aizstāvējuši astronomiska profila padomēs Maskavas, Ļeņingradas, Tartu un Kazaņas universitātēs vai bij. PSRS ZA

[1] No lat. val. *habilis* — īpašs, teicams.

[2] Promocija (lat. val. *promotio* — virzīšana uz priekšu) — zinātniska grāda piešķiršana.

[3] M. Dīriķim minēto grādu *Dr. honoris causa astronomiae* LZA piešķīrusi 1992. gada janvārī.

struktūrās, piemēram, Pulkovas observatorijā, un zinātniskās pētniecības institūtos. Tādā kārtā par fizikas doktoriem ir kļuvuši:

| | |
|---|---|
| Māris Ābele, | Kazimirs Lapuška, |
| Zenta Alksne, | Linārs Laucenieks, |
| Andrejs Alksnis, | Imants Platais, |
| Arturs Balklavs, | Leonids Roze, |
| Jānis Balodis, | Leonora Roze, |
| Dzintars Blūms, | Antonijs Salītis, |
| Natālija Cimahoviča, | Andrejs Spektors, |
| Uldis Dzērvītis, | Aleksandrs Stoikovs, |
| Ilga Daube (Kurzemniece), | Jānis Imants Straume, |
| Ilgmārs Eglītis, | Ivars Šmelds, |
| Ernests Grasbergs, | Laimons Začs, |
| Elga Kaupuša, | Ansis Zariņš, |
| Drosma Kondratjeva (Kalniņa), | Juris Žagars. |

Bez tam par *Dr. phys.* optikas un spektroskopijas apakšnozarē nostrificēts Māra Ogriņa grāds, kas savā laikā iegūts astronomiska profila zinātniskajā padomē. Diemžēl šajā padomē nebija precedenta agrāk iegūta doktora grāda nostrificēšanai par habilitētā doktora grādu astronomijas apakšnozarē.[4] Var piebilst, ka dažas disertācijas debess mehānikas nozarē izskatītas Matemātikas habilitācijas un promocijas padomē. Atbilstoši matemātikas doktora (*Dr. math.*) grādu ir ieguvušas: Skaidrīte Kroņkalne, Ilga Pogodkina (Zaļkalne) un Ismena Revina.

Diskutējams ir jautājums par to, vai kvalificētiem astronomijas speciālistiem vajadzētu piešķirt zinātniskos grādus fizikā un matemātikā. Ar fizikas—matemātikas jēdzienu cilvēki saprot plašu zinātņu kopu, kurā bez fizikas un matemātikas ietverta arī astronomija un mehānika. Turpretī, mūsuprāt, astronomija ir patstāvīga zinātne, ko nevar uzskatīt ne par fizikas, ne arī par matemātikas apakšnozari.

L e o n i d s  R o z e

[4] J. Francmanim *Dr. h. phys.* grādu piešķīrusi LZA Fizikas institūta habilitācijas un promocijas padome 1992. gada jūnijā.

**JAUNUMI ĪSUMĀ ** JAUNUMI ĪSUMĀ ** JAUNUMI ĪSUMĀ**

**** Japānā 1994. gada 4. februārī lidojumā uz orbītu sekmīgi izmēģināts šīs valsts spēcīgākais kosmiskais transportlīdzeklis — no divām pakāpēm un diviem starta paātrinātājiem veidotā raķete H-2, ar kuru Japāna cer iziet starptautiskajā kosmisko transportpakalpojumu tirgū. Tās pirmajā pakāpē iebūvēts ar ūdeņradi darbināms dzinējs LE-7 — pirmais šo ļoti efektīvo degvielu izmantojošais lieljaudas (vilce ~100 tonnas) raķešdzinējs, kas radīts ārpus abām galvenajām kosmosa lielvalstīm (nelielas vilces ūdeņraža raķešdzinēji ir arī Rietumeiropai un Ķīnai). Raķetes H-2 celtspēja uz Zemei tuvu neliela slīpuma orbītu ir nepilnas 10 tonnas, uz ģeostacionāro orbītu — 2,2 tonnas.**

# IEROSINA LASĪTĀJS

## VĒLREIZ PAR LODVEIDA ZIBENI

Viens no dabas izaicinājumiem mūsdienu fizikai un vispār zinātnei neapšaubāmi ir lodveida zibens — joprojām neizskaidrota, bieži vien visai draudīga dabas parādība. Tai savulaik pievērsusies arī «Zvaigžņotā Debess»,* tomēr šķiet, ka vēlreiz par to pastāstīt nebūtu lieki.

1988. gadā Japānā notika pirmais Starptautiskais simpozijs par lodveida zibeni, kurā zinātnieki apkopoja ārkārtīgi plašu, daudzās valstīs (PSRS, Japānā, Ungārijā utt.) savāktu novērojumu materiālu un aculiecinieku stāstījumus, kā arī mēģināja pavirzīties uz priekšu šīs noslēpumainās parādības teorētiskajā izpratnē. Pavisam zināms ap 150 dažādu hipotēžu, kuru autori centušies, viņuprāt, cik necik ticami izskaidrot lodveida zibens rašanās cēloņus un tajā norisošo fizikālo procesu dabu. Dīvaini, bet pat vispārdrošākās domu piruetes, kuras atļāvušies labi plazmas fizikas, elektrodinamikas, atmosfēras fizikas, klāsteru ķīmijas utt. zinātāji, līdz šim nav devušas iespēju kaut aptuveni nojaust, kas īsti varētu būt lodveida zibens. Tik pretrunīgas un šķietami neiespējamas ir tā īpašības.

* Par zibeni un lodveida zibeni «Zvaigžņotajā Debesī» sk. arī: *Kramiņa I., Mednis J.* Lodveida zibens — anomāla atmosfēras parādība. — 1986. gada pavasaris, 4.—8. lpp., un vasara, 2.—8. lpp.; *Gode H.* Zibens caurules. — 1986./87. gada ziema. — 49., 55. lpp.; *Balklavs A.* Zibens izlāde — mazizpētīts mutagēns faktors. — 1991./92. gada ziema. — 12., 13. lpp.

Sk. arī A. Granta publikācijas «Rīgas Balsī» (7. VIII 92.) un «Atpūtā» (18. nr.).

Redzētam tici, par dzirdēto šaubies.

*Kirgīzu paruna*

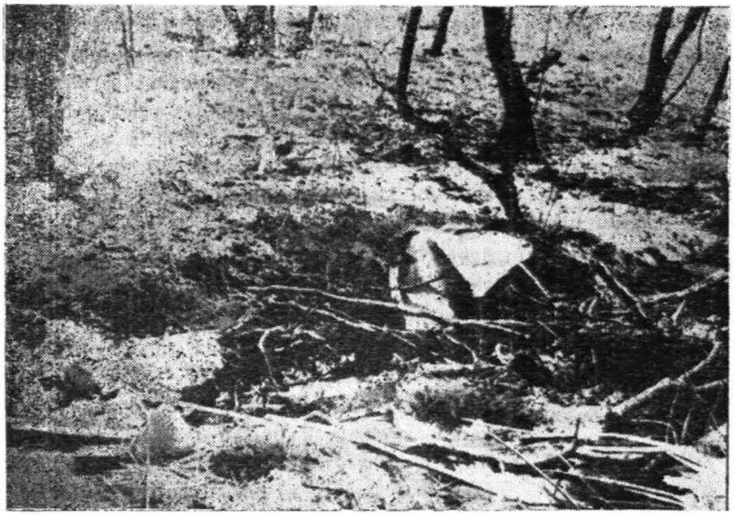
Kā vienu no «neiespējamiem» šajā sakarā var minēt gadījumu, kad lodveida zibens «ielavījies» ap 10 km augstumā lidojošā reaktīvajā pasažieru lidmašīnā cauri hermētiski noslēgtajam pilotu kabīnes priekšstiklam, rāmi (postījumu nav bijis, cietušo arī ne) «izpeldējis» pa salonu no lidmašīnas priekšgala līdz astei un tikpat mistiski, kā ienācis, arī izslīdējis ārā, visai rēnajā atmosfērā, pa neesošu spraugu kaut kur lainera astes galā.

Lodveida zibens atšķirībā no parastā ir reta dabas parādība. Statistika liecina, ka vidēji viens no 150—200 cilvēkiem var cerēt reizi mūžā pamanīt lodveida zibeni.

Šo rindu autors lodveida zibens problēmai pievērsās 1992. gada pavasarī sakarā ar kādu visai traģisku notikumu Daugavpils rajona Lauceses ciema Zvonišķu mājās, kur 14. aprīlī zibens sagrāva daļu dzīvojamās ēkas (1. att.), tomēr to neaizdedzinot. Ir vairāki apstākļi (viens no tiem — agrais gadalaiks, kad negaisi ir reti), kas liecina, ka vaininieks bijis lodveida zibens. Pie mājas aug bērzs, kurā redzama zibens iededzināta svītra, un tam blakus ir zemē «izrakta» ap 30 cm dziļa un plata un ap 2 m gara «tranšeja» (2. att.). Kaimiņos dzīvojošais mācītājs apgalvo, ka negaisa laikā virs Zvonišķiem redzējis zibens izveidotu krustu.

1992. g. 12. jūnijā zibens nelaime piemeklēja Stirnu ielas 21. nama 24. dzīvokli (piec-

*1. att.* Zibens nodarītie postījumi Daugavpils rajona Lauceses ciema "Zvonišķos" 1992. gada 14. aprīlī. *(O. Liepkalnes foto.)*



*2. att.* Zibens izsistā tranšeja (dziļums ≈30 cm, garums ≈2 m) pie Zvonišķu mājas tuvumā augošā bērza pamatnes. *(O. Liepkalnes foto.)*

stāvu mājas ceturtajā stāvā), kurš acumirklī aizdegās. Par laimi, dzīvoklis šajā laikā bija tukšs. 3. attēlā redzama dzīvokļa saimniece Astrīda Streiča, sniedzot interviju «Rīgas Balss» žurnālistam J. Rimšānam. Pastāv aizdomas, ka arī šo postījumu cēlonis ir bijis lodveida zibens. Uz mājas jumta atrodas vairākas televīzijas antenas, kuras zibeni varēja «pievilkt» stiprāk. Ap 100 m uz rietumiem no mājas Stirnu ielā 21 ir divpadsmitstāvu nams (Dzelzavas ielā 42), bet šoreiz zibens neizvēlējās pašu augstāko punktu. Stirnu ielas 21. namam ir slikta slava — tā iemītniecēm bieži dzimst kropli vai nedzīvi bērni, ir bijuši pašnāvību gadījumi, dzīvokļos ir paaugstināts mitrums, pelējums uz sienām, daudz tarakānu un citu parazītu. Mājas būvvietā kādreiz bijis purvs. (Rīkstniecības entuziasti laikam teiktu, ka tā ir īsta āderu māja.)

Varbūt šis materiāls var ieinteresēt lasītājus, it īpaši fiziķus, un būtu iespējams cerēt uz sadarbību lodveida zibens fenomena izpētē vai vismaz datu vākšanas virzienā. Piemēram, līdz šim nevienam pasaulē nav izdevies noskaidrot, kāds ir lodveida zibens starojuma spektrs. (Fotogrāfijās tas taču neatspoguļojas!) Ārkārtīgi maza ir varbūtība, ka brīdī, kad daba jūs «aplaimos» ar iespēju vērot šo reto brīnumu, jums pie rokas būs spektrometrs. Bet ja nu tomēr?

Es domāju, ka šādu fenomenu gadījumos ir jāveic rūpīga notikuma vietas ekspertīze un jāsastāda oficiāls dokuments — protokols, jāpieraksta notikumu aculiecinieku stāstījumi, jāsavāc lietiskie pierādījumi (lietiskie pierādījumi no Zvonišķiem un Stirnu ielas 21—24 glabājas F. Candera Kosmonautikas muzejā Zasulaukā). Līdz ar to lodveida zibens un vispār zibens fizikā ienāktu kriminālistikas elementi. Sarakstītos dokumentus varbūt varētu glabāt LZA. Cik man zināms, nekur pasaulē šāda ideja pagaidām neesot izvirzīta.

Priekšlikumus un ierosinājumus lūdzu sūtīt: A. Grantam, Aizsila ielā 31—2, Rīga, LV 1006, tālr. 552078.

A. Grants

*3. att.* Zibens nodarītie postījumi Rīgā, Stirnu ielā 21—24, 1992. gada jūnijā. *(J. Egļa foto.)*

## JAUNUMI ĪSUMĀ ** JAUNUMI ĪSUMĀ ** JAUNUMI ĪSUMĀ

** Amerikas Savienotajās Valstīs 1994. gada 13. martā lidojumā uz orbītu sekmīgi izmēģināta otrā no relatīvi lētajām nelielas celtspējas kosmiskajām nesējraķetēm — četrpakāpju raķete *«Taurus»*, ko ar ASV militārā resora finansiālu atbalstu uz eksistējošo kaujas un kosmisko raķešu bāzes izstrādājusi firma «Orbital Sciences Corporation». Tā izveidota, no lidmašīnas palaižamajai nesējraķetei *«Pegasus»* pievienojot apakšējo jeb, pēc firmas terminoloģijas, nulles pakāpi, kuras konstrukcijas pamatā ir starpkontinentālās ballistiskās raķetes MX jeb *«Peacekeeper»* pirmā pakāpe. Jaunā kosmiskā transportlīdzekļa celtspēja uz Zemei tuvu neliela slīpuma orbītu ir 1,4 tonnas.

# ZVAIGŽŅOTĀ DEBESS 1994. GADA RUDENĪ

Astronomiskais rudens šogad sāksies 23. septembrī pl. $9^h19^m$, kad Saule atstās debess sfēras ziemeļu puslodi un ieies Svaru zīmē. No šā brīža Zemes dienvidu puslode saņems vairāk gaismas un siltuma nekā ziemeļu puslode un naktis pie mums kļūst garākas nekā dienas.

1994. gadā astronomiskais rudens beigsies 22. decembrī pl. $4^h23^m$, kad Saule ieies Mežāža zīmē.

Septembrī un oktobrī naktis vēl nav stindzinoši aukstas, kā tas ir ziemā. Tāpēc tās ir piemērotas, lai iepazītos ar zvaigžņoto debesi.

Rudens sākumā vakaros dienvidrietumu pusē vēl labi redzami spožām zvaigznēm bagātie Gulbja, Liras un Ērgļa zvaigznāji, kuri ir raksturīgākie vasaras zvaigznāji. Īstie rudens zvaigznāji ieraugāmi austrumu un dienvidaustrumu pusē vai pat vēl nav uzlēkuši, jo pilnībā tie būs skatāmi vēlākajās nakts stundās. Turpretī rudens otrajā pusē jau no paša vakara visi rudens zvaigznāji ir labi redzami debess dienvidu pusē. Pie tiem var pieskaitīt Pegazu, Ūdensvīru, Zivis, Andromedu, Valzivi, Aunu un Trijstūri.

Raksturīgie rudens zvaigznāji nav bagāti ar spožām zvaigznēm, jo tikai nedaudzas sasniedz 2. zvaigžņlielumu, bet ir zvaigznāji, kuros nav pat nevienas 2. lieluma zvaigznes. Visvairāk spožo zvaigžņu ir Pegaza un Andromedas zvaigznājos. Tāpēc pie rudens debesīm visizteiktākais ir Pegaza un Andromedas četrstūris, un tieši šos abus zvaigznājus var uzskatīt par visraksturīgākajiem rudens zvaigznājiem. Turklāt Andromedas zvaigznājā atrodas spožākā ziemeļu puslodes galaktika M 31 un blakus esošajā Trijstūra zvaigznājā — nedaudz vājākā M 33, kuras viegli var saskatīt pat ar binokli.

Novembra otrajā pusē un decembrī austrumos jau parādās ar spožām zvaigznēm bagātie ziemas zvaigznāji — Orions, Vērsis, Vedējs un Dvīņi, kuri pēc pusnakts redzami visā savā krāšņumā.

Uzskatāmu priekšstatu par to, kā mainās zvaigžņotās debess izskats rudens vakaros, var gūt, aplūkojot 1.—3. attēlu.

## PLANĒTAS

Līdz pat novembra vidum **Merkurs** atradīsies Jaunavas zvaigznājā. 26. septembrī tas nonāks maksimālajā austrumu elongācijā (26°). Tomēr novērošanas apstākļi būs slikti, jo tas rietēs gandrīz reizē ar Sauli.

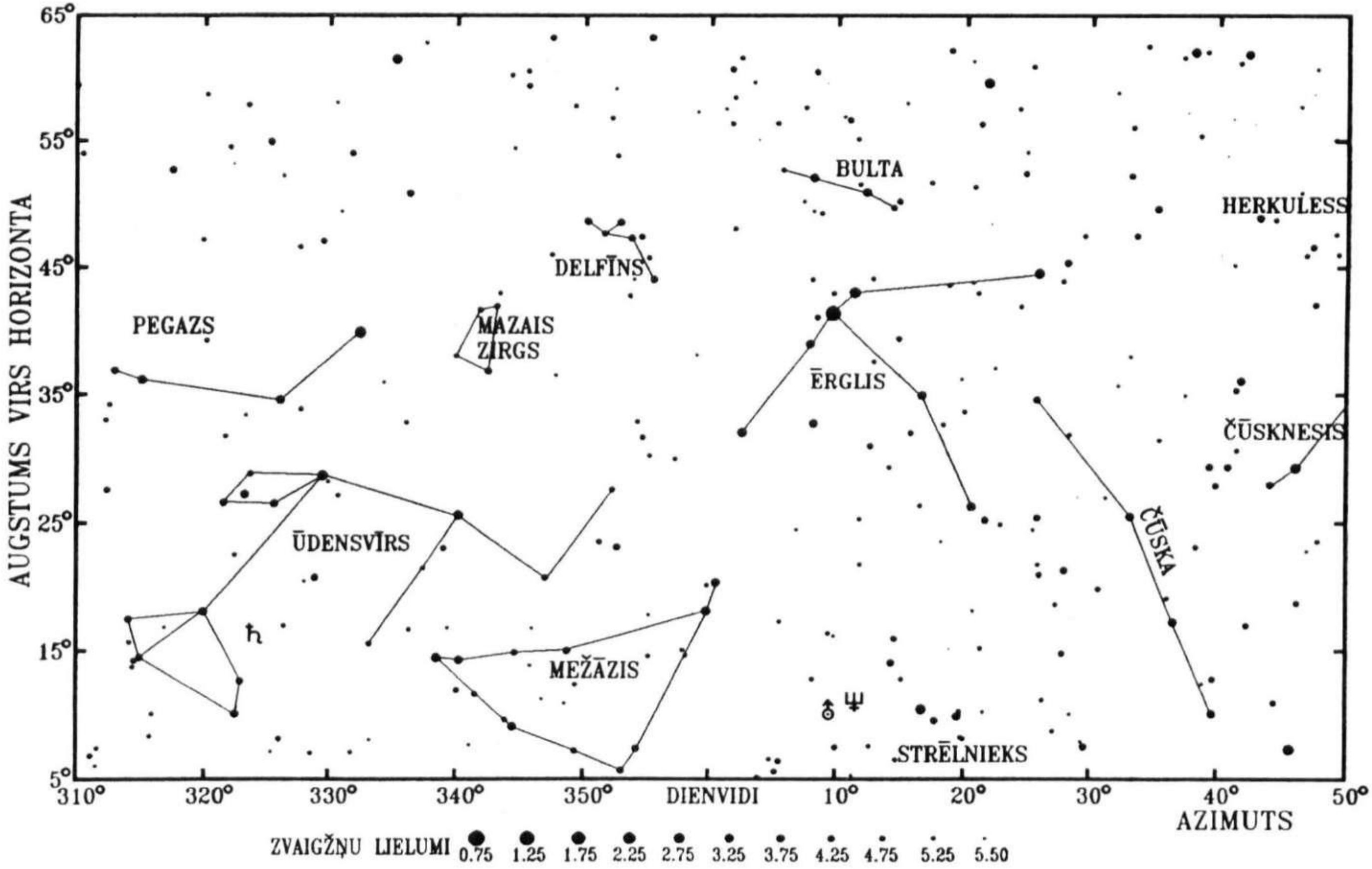
Arī visu oktobri Merkurs nebūs redzams, jo 21. oktobrī tas atradīsies apakšējā konjunkcijā ar Sauli (priekšā tai). 6. novembrī tas nonāks maksimālajā rietumu elongācijā (19°). Tāpēc novembra pirmajā pusē to var mēģināt ieraudzīt austrumos neilgi pirms Saules lēkta.

Novembra otrajā pusē un decembrī to nevarēs novērot, jo 14. decembrī tas būs augšējā konjunkcijā ar Sauli (aiz tās).

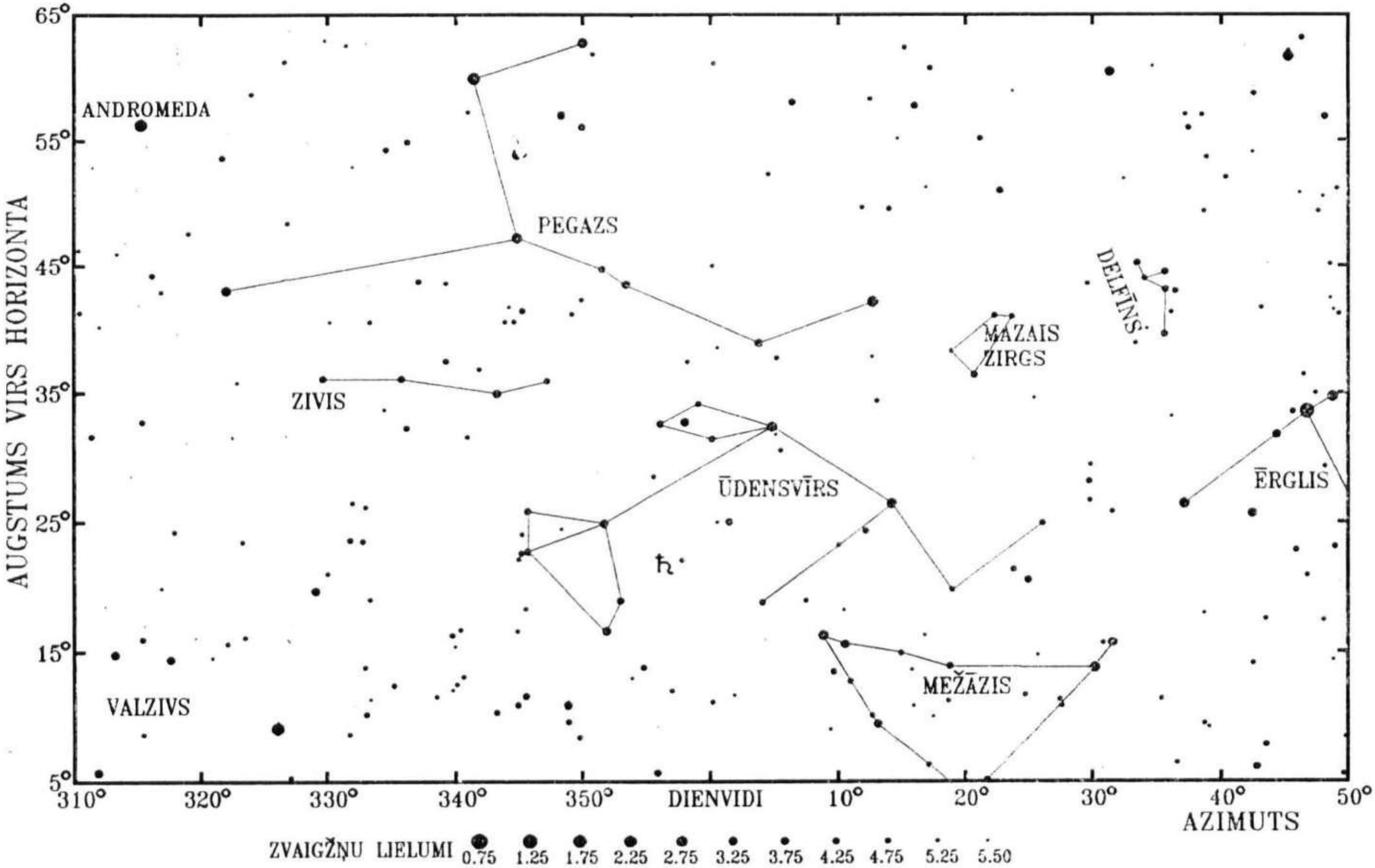
6. oktobrī $20^h$ Mēness paies garām 3° uz augšu, 2. novembrī $12^h$ 4° uz leju un 2. decembrī $14^h$ 2° uz augšu no Merkura.

Septembrī un oktobrī **Venēra** atradīsies Svaru zvaigznājā, bet novembrī un līdz decembra vidum — Jaunavas zvaigznājā. Lai

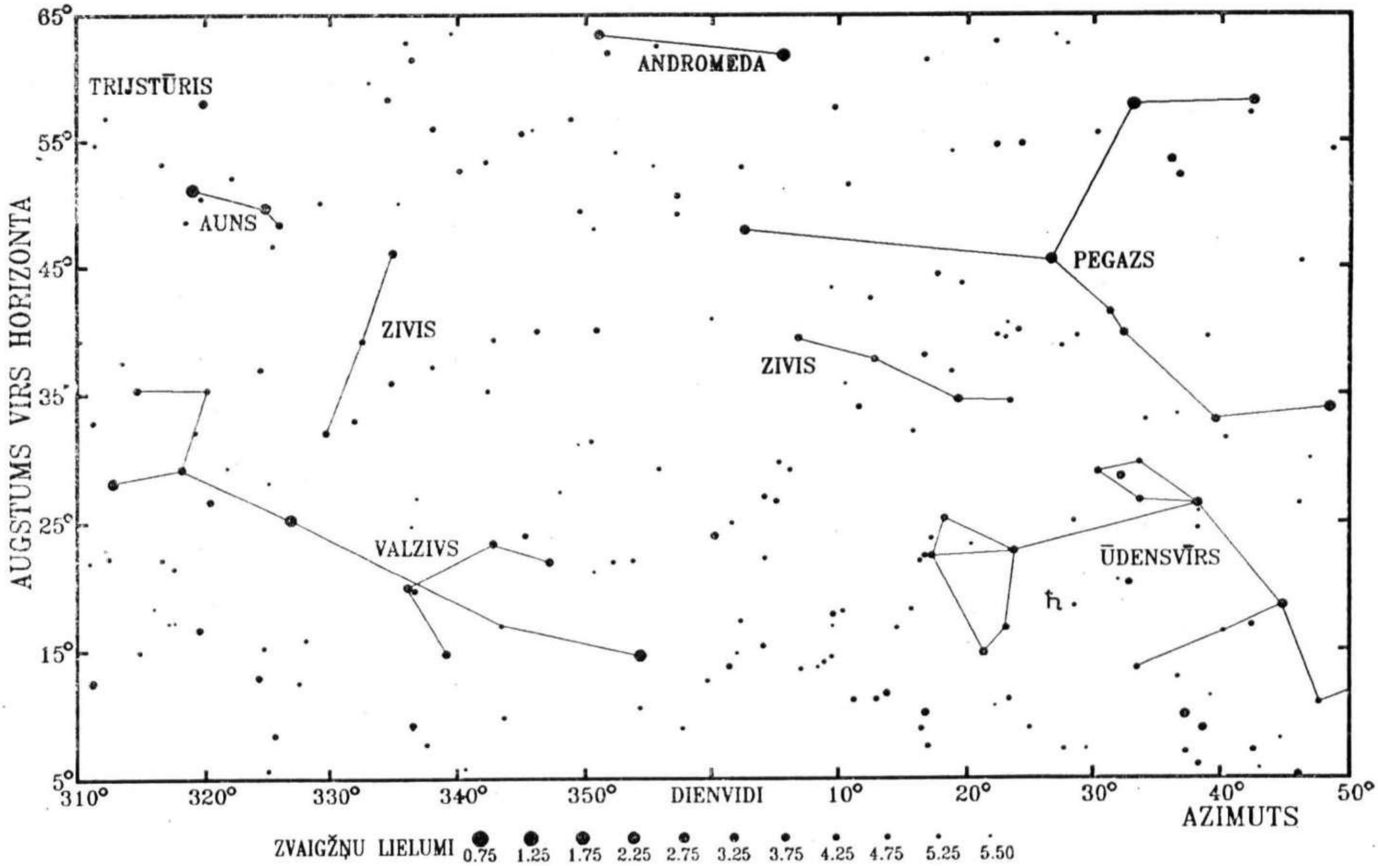
5 — 199




*1. att.* Zvaigžņotā debess dienvidu virzienā Latvijas centrālajā daļā 1. oktobrī pl. $20^h00^m$.




*2. att.* Tas pats 1. novembrī pl. $20^h00^m$.




*3. att.* Tas pats 1. decembrī pl. $20^{h}00^{m}$.

arī septembra beigās un oktobra sākumā Venērai būs liela austrumu elongācija (≈40°) un spožums sasniegs $-4^m,3$, tomēr to nevarēs novērot, jo tā rietēs gandrīz reizē ar Sauli.

2. novembrī Venēra būs apakšējā konjunkcijā ar Sauli (starp Zemi un Sauli). Toties jau novembra otrajā pusē Venēru varēs sākt novērot kā rīta zvaigzni Auseklī īsi pirms Saules lēkta. Decembrī tās novērošanas apstākļi vēl vairāk uzlabosies, kad tā rīta stundās būs redzama kā $-4^m,4$ spožuma objekts.

7. oktobrī $12^h$ Mēness paies garām 7° uz augšu, 3. novembrī $12^h$ 5° uz augšu un 30. novembrī $16^h$ 2° uz leju no Venēras.

Visu oktobri un novembra sākumā **Marss** atradīsies Vēža zvaigznājā un pēc tam pāries Lauvas zvaigznājā, kur atradīsies arī visu decembri. Tā redzamības apstākļi un ilgums arvien uzlabosies. Oktobra sākumā tā spožums būs $+1^m,1$ un tas būs novērojams nakts otrajā pusē. Decembra vidū spožums sasniegs jau $+0^m,2$ un Marsa redzamības periods jau būs gandrīz visa nakts.

30. septembrī $0^h$ Mēness aizies garām 6° uz leju, 28. oktobrī $15^h$ 7° uz leju un 25. novembrī $22^h$ 8° uz leju no Marsa.

**Jupiters** visu rudeni atradīsies Svaru zvaigznājā. Šajā laikā tas nebūs redzams, jo 17. novembrī būs konjunkcijā ar Sauli.

7. oktobrī $14^h$ Mēness paies garām 1° uz leju, 4. novembrī $10^h$ 0°,5 uz leju, un 2. decembrī $7^h$ tas aizklās Jupiteru.

Rudenī **Saturna** novērošanas apstākļi būs labvēlīgi, jo tā redzamības ilgums oktobrī būs gandrīz visa nakts, bet decembrī — nakts pirmā puse. Tas atradīsies Ūdensvīra zvaigznājā, un tā spožums mainīsies no $+0^m,8$ (oktobra sākumā) līdz $+1^m,1$ (decembra vidū).

15. oktobrī $18^h$, 11. novembrī $23^h$ un 9. decembrī $7^h$ Mēness paies garām Saturnam 7° uz augšu no ta.

**Urāns** atradīsies Strēlnieka zvaigznājā, kur to varēs redzet kā $+6^m,1$ spožuma objektu (nepieciešams vismaz binoklis). Rudens sākumā tas novērojams nakts pirmaja pusē. Tomēr tā augstums virs horizonta pat kulminācijā būs tikai ≈11°. Oktobra otrajā pusē un novembrī Urāns būs redzams vakaros, bet decembrī tas vairs nebūs novērojams.

12. oktobrī $6^h$, 8. novembrī $14^h$ un 6. decembrī $2^h$ Mēness aizies garām 5° uz augšu no Urāna.

# KOMĒTAS

### Borelli komēta

Astronomijas interesenti ar nelieliem teleskopiem varēs novērot šo periodisko komētu, jo tās spožums novembrī sasniegs $+8^m,0$ un pie mums tā būs redzama gandrīz visu nakti. Novembra sākumā komēta atradīsies Dvīņu zvaigznājā, mēneša vidū pāries Vēža, beigās — Lūša zvaigznājā un decembra vidū — Lielajā Lācī, kur atradīsies līdz pat gada beigām.

Borelli komētas efemerīda ir šāda ($0^h$U.T.):

| Datums | $\alpha_{2000}$ | $\delta_{2000}$ | Attālums no Zemes, au | Spožums |
|---|---|---|---|---|
| 23.10. | $7^h16^m$ | +9°48′ | 0.785 | 8.3 |
| 2.11. | 7 43 | +15 18 | 0.721 | 8.2 |
| 12.11. | 8 09 | +21 51 | 0.670 | 8.1 |
| 22.11. | 8 34 | +29 21 | 0.635 | 8.0 |
| 2.12. | 8 59 | +37 27 | 0.619 | 8.1 |
| 12.12 | 9 20 | +45 32 | 0.623 | 8.3 |
| 22.12. | 9 38 | +52 58 | 0.648 | 8.5 |

# APTUMSUMI

### Pilns Saules aptumsums 3. novembrī

Pilnā aptumsuma josla šķērsos Dienvidameriku (Peru, Čīli, Bolīviju, Paragvaju un Brazīliju) un pēc tam Atlantijas okeānu. Kā daļējs tas būs redzams visā Dienvidamerikā, Antarktīdā un Āfrikas dienvidu daļā. Sīkāk par šo aptumsumu varat izlasīt A. Balklava rakstā «1994. gada 3. novembra pilnais Saules aptumsums» «Zvaigžņotās Debess» 1993. gada rudens numurā.

Latvijā šis aptumsums nebūs redzams.

### Pusēnas Mēness aptumsums 18. novembrī

Maksimālās fāzes lielums būs 0,88. Pusēna ir gaiša. Tāpēc, tikai tuvojoties maksimālajai fāzei, var ievērot Mēness diska satumsumu. Aptumsums sāksies $6^h26^m$. Rīgā Mēness rietēs $8^h08^m$, bet, tā kā maksimālās fāzes moments būs $8^h44^m$, tad šo aptumsumu Latvijā praktiski nevarēs novērot.

# MĒNESS

### Mēness fāzes

Pēdējais ceturksnis: 28. septembrī $2^h23^m$; 27. oktobrī $18^h44^m$; 26. novembrī $9^h04^m$.

Jauns Mēness: 5. oktobrī $5^h55^m$; 3. novembrī $15^h35^m$; 3. decembrī $1^h54^m$.

Pirmais ceturksnis: 11. oktobrī $21^h17^m$; 10. novembrī $8^h14^m$; 9. decembrī $23^h06^m$.

Pilns Mēness: 19. oktobrī $14^h18^m$; 18. novembrī $8^h57^m$; 18. decembrī $4^h17^m$.

### Mēness perigejā un apogejā

Apogejā: 24. septembrī $15^h$; 22. oktobrī $4^h$; 18. novembrī $7^h$; 15. decembrī $10^h$.

Perigejā: 6. oktobrī $16^h$; 4. novembrī $2^h$; 2. decembrī $15^h$.

# MĒNESS IEIEŠANA ZODIAKA ZĪMĒS

| | | |
|---|---|---|
| 25. septembrī | $5^h$ | Dvīņi (♊) |
| 27. septembrī | $17^h$ | Vēzis (♋) |
| 30. septembrī | $3^h$ | Lauva (♌) |
| 2. oktobrī | $9^h$ | Jaunava (♍) |
| 4. oktobrī | $11^h$ | Svari (♎) |
| 6. oktobrī | $11^h$ | Skorpions (♏) |
| 8. oktobrī | $12^h$ | Strēlnieks (♐) |
| 10. oktobrī | $14^h$ | Mežāzis (♑) |
| 12. oktobrī | $18^h$ | Ūdensvīrs (♒) |
| 15. oktobrī | $1^h$ | Zivis (♓) |
| 17. oktobrī | $11^h$ | Auns (♈) |
| 19. oktobrī | $23^h$ | Vērsis (♉) |
| 22. oktobrī | $11^h$ | Dvīņi |
| 25. oktobrī | $0^h$ | Vēzis |
| 27. oktobrī | $11^h$ | Lauva |
| 29. oktobrī | $18^h$ | Jaunava |
| 31. oktobrī | $22^h$ | Svari |
| 2. novembrī | $22^h$ | Skorpions |
| 4. novembrī | $22^h$ | Strēlnieks |
| 6. novembrī | $22^h$ | Mežāzis |
| 9. novembrī | $1^h$ | Ūdensvīrs |
| 11. novembrī | $7^h$ | Zivis |
| 13. novembrī | $17^h$ | Auns |
| 16. novembrī | $5^h$ | Vērsis |
| 18. novembrī | $18^h$ | Dvīņi |
| 21. novembrī | $6^h$ | Vēzis |
| 23. novembrī | $18^h$ | Lauva |
| 26. novembrī | $2^h$ | Jaunava |
| 28. novembrī | $7^h$ | Svari |
| 30. novembrī | $9^h$ | Skorpions |
| 2. decembrī | $9^h$ | Strēlnieks |
| 4. decembrī | $9^h$ | Mežāzis |
| 6. decembrī | $10^h$ | Ūdensvīrs |
| 8. decembrī | $14^h$ | Zivis |
| 10. decembrī | $23^h$ | Auns |
| 13. decembrī | $11^h$ | Vērsis |
| 16. decembrī | $0^h$ | Dvīņi |
| 18. decembrī | $12^h$ | Vēzis |
| 20. decembrī | $23^h$ | Lauva |

# METEORI

Rudenī var izcelt divas meteoru plūsmas.

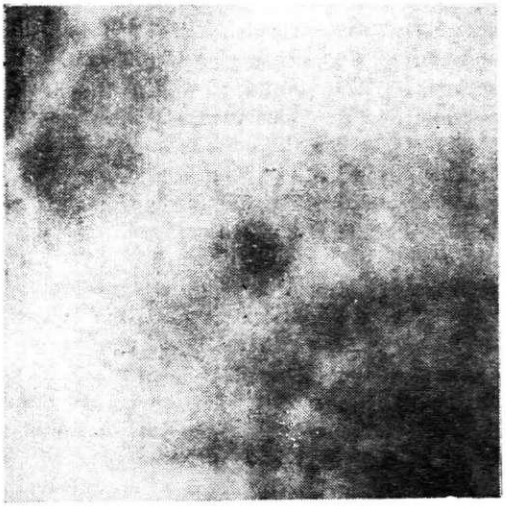
1. Orionīdas. Šī plūsma novērojama no 14. oktobra līdz 26. oktobrim. Maksimums 21.—22. oktobrī, kad meteoru skaits stundā var sasniegt 45.

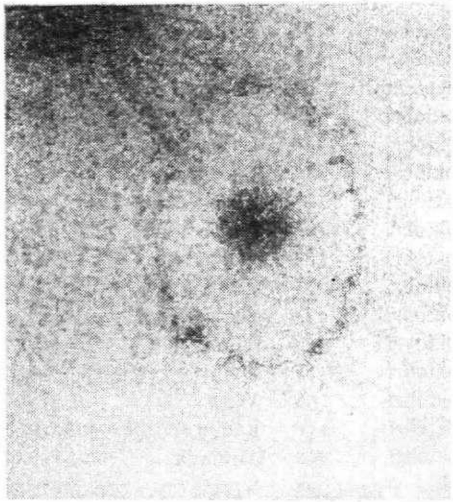
2. Geminīdas. Visintensīvākā meteoru plūsma. Šīs plūsmas meteori redzami no 25. novembra līdz 18. decembrim. Maksimums 13.—14. decembrī (līdz 100 meteoriem stundā).

J. Kauliņš

Habla teleskops dod ļoti labus attēlus. 1993. gada 2. decembrī ar kosmisko pārcēlāju «Endeavour» uz Habla teleskopa orbītu devās remontētāju komanda, lai apkoptu un izlabotu šo vislielāko orbitālo optisko teleskopu. Zinātniski visnozīmīgākais pasākuma uzdevums bija uzmontēt kosmiskajam teleskopam optiskās ierīces, kas izlabotu galvenā spoguļa izgatavošanas tehnisko kļūdu, kuru atklāja tikai pēc teleskopa ievadīšanas orbītā un pirmo astronomisko uzņēmumu izdarīšanas.

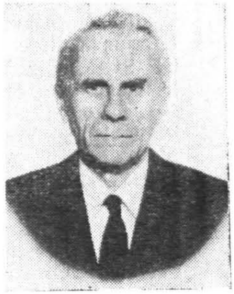
Teleskopa remonta gaitā sekmīgi tika uzstādīta jauna platleņķa planētu kamera un koriģējoša optiska ierīce COSTAR. Pirmie attēli, ko ieguva ar jaunajām ierīcēm 1993. gada 18. un 28. decembrī, izrādījās ļoti labi — asi.





Lielā Magelāna Mākoņa supernovas 1987A uzņēmums, kas izdarīts ar Habla teleskopa vājo objektu kameru pirms remonta 1991. gada decembrī *(pa kreisi)* un pēc tam 1994. gada 8. janvārī *(pa labi)*. Šai attēlā redzamā debess lauka malas garums ir 2,9 loka sekundes. Ar ierīci COSTAR izlabotās vājo objektu kameras uzņēmumā vairs nav traucējošās gaismas, ko agrāk radīja slikti fokusētie divu blakuszvaigžņu attēli, it sevišķi no 1,6 loka sekunžu attālās zvaigznes. Jaunajā attēlā ap supernovu labi redzams gredzens, kas radies eksplozijā no supernovas izmestās vielas.

# PIRMO REIZI «ZVAIGŽŅOTAJĀ DEBESĪ»



JĀNIS DAMBĪTIS — viens no pirmajiem programmētājiem Latvijā. 1955. gadā beidzis LVU Fizikas un matemātikas fakultāti. 60. gadu sākumā vadījis datora LM-3 laboratoriju ZA Elektronikas un skaitļošanas tehnikas institūtā. No 1963. gada līdz 1991. gadam strādājis LVU Skaitļošanas centrā (tagad LU Matemātikas un informātikas institūts). Interesējies un publicējis pāri par 30 darbu grafu teorijas un matemātikas vēstures jautājumos. Fizikas un matemātikas zinātņu kandidāts (1968. g.), tagad matemātikas doktors (1992. g.). Pašreiz nodarbojas ar matemātiķa E. Grinberga zinātniskā mantojuma izpēti un apstrādi.

GEORGS EŅĢELIS — matemātikas doktors. 1940. gadā beidzis LU. Līdz 1986. gadam bijis LVU docētājs. Galvenās zinātniskās intereses — matemātiskā analīze, īpaši ortogonālo polinomu teorija.

ARNIS GRANTS — fizikas zinātņu maģistrs. 1985. gadā beidzis Latvijas Valsts universitātes Fizikas un matemātikas fakultāti. No 1985. gada līdz 1993. gadam strādājis Zinātņu akadēmijas Fizikas institūtā par inženieri. Intereses — Fermā teorēma, Pitagora skaitļi, lodveida zibens fizika u. c.

ROSA MARIJA ROSA-FERRĒ — lietišķās matemātikas profesore Katalonijas Politehniskajā universitātē. 1975. gadā Barselonas Universitāte piešķīrusi doktora grādu matemātikā, 1983. gadā — doktora grādu fizikā. Kopš 1984. gada vada astronomijas seminārus Katalonijas Politehniskajā universitātē. Eiropas Astronomijas biedrības, Spānijas Astronomijas biedrības, kā arī Spānijas un Amerikas Astronautikas biedrības biedre. Intereses — astronomijas un dinamisko sistēmu kursa mācīšanas metodika.

## CONTENTS



## СОДЕРЖАНИЕ



THE STARRY SKY. AUTUMN, 1994

Compiled by *Irena Pundure*
«Zinātne» Publishing House, Riga 1994.
In Latvian

ZVAIGŽŅOTĀ DEBESS. 1994. GADA RUDENS

Sastādītāja *I. Pundure*

Redaktori *V. Stabulniece, E. Liepiņš*

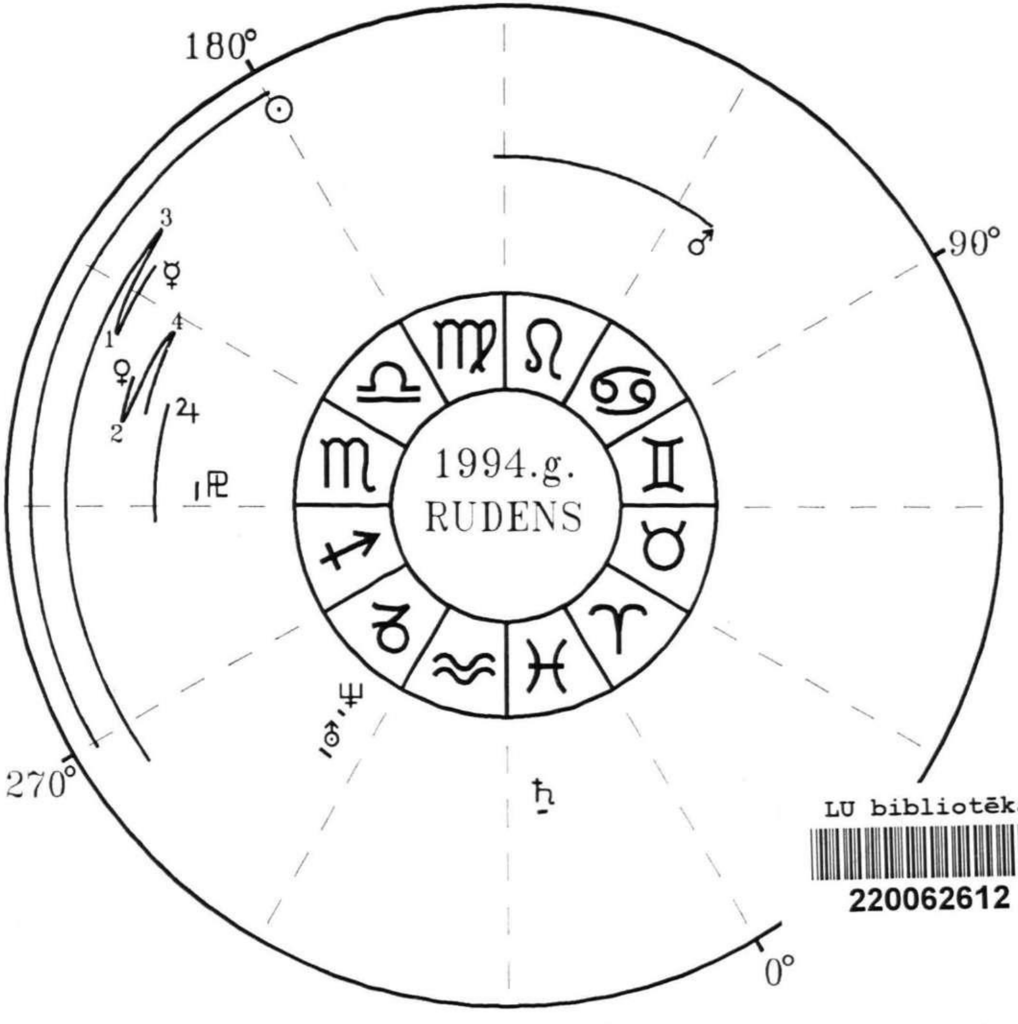
Mākslinieciskais redaktors *G. Krutojs*

Tehniskā redaktore *G. Sļepkova*

Korektore *B. Vārpa*

Nodota salikšanai 94.27.04. Parakstīta iespiešanai 94.06.09. Formāts 70×90/16. Tipogr. papīrs Nr. 1. Literatūras garnitūra. Augstspiedums. 5,56 uzsk. iespiedl.; 7,28 izdevn. l. Pasūt. Nr. 199-2. Izdevniecība «Zinātne», Turgeņeva ielā 19, Rīgā, LV-1530. Reģistrācijas apliecība Nr. 2-0250. Iespiesta tipogrāfijā «Rota», Blaumaņa ielā 38/40, Rīgā, LV-1011.

# SAULES UN PLANĒTU KUSTĪBA ZODIAKA ZĪMĒS






☉ – Saule – sākuma punkts 23.09 $0^h$, beigu punkts 22.12 $0^h$ (šie momenti attiecas arī uz planētām; simbolu novietojums atbilst sākuma punktam).
☿ – Merkurs, ♀ – Venēra, ♂ – Marss, ♃ – Jupiters,
♄ – Saturns, ⛢ – Urāns, ♆ – Neptūns, ♇ – Plutons.
1 – 9.okt. $9^h$; 2 – 13.okt. $8^h$; 3 – 30.okt. $6^h$; 4 – 23.nov. $19^h$.

Kartes programmējis un veidojis Juris Kauliņš.

# ZVAIGŽŅOTĀ DEBESS