

Elis Strömngren

Astronoomilised
miniatüürid



Eesti Kirjanduse Seltsi kirjastus

Elis Strömberg

EESTI KIRJANDUSE SELTSI
KOOLIKIRJANDUSE TOIMKOND

NOORSOO KIRJAVARA NR. 119
POPULAAR-TEADUSLIK SEERIA

Astronoomilised
miniastrid

H. Anvelt 1927

Eesti keelde

J. Peet

Tartu — 1926

Eesti Kirjanduse Seltsi kirjastus

Elis Strömngren

Astronoomilised miniatüürid

Eesti keelde

G. Peet

Tartu — 1926

Eesti Kirjanduse Seltsi kirjastus

Elis Strömberg

Astronoomilised miniatüürid

Esiti keelde

G. Peet

58743785

Tartu — 1926

E. K.-Ü. „Postimehe“ trükk, Tartus 1926.

Inimese seisukoht maailmas.

„Vanul ajal, kui alles aitas soov“, nagu öeldakse muinaslugudes, usti, et maailm on mingi kinnine süsteem ja maakera selle keskpunkt. Tänapäev teame, et meie maakera on kosmoses nagu liivatera meres ja vähemgi veel: liivateri võib lugeda — kui kellelgi selleks aega on — aga ei suuda meie mingit piiri näidata ega kujutella taevakehade arvule.

Kuivõrra mõte maailma lõpmatusest üksikule isikule suudab anda positiivset eluväärtust, on igaühe tundeasi. Mõnele on see mõte kurjast, aga igaüks, kellele tunnetus alati kõrgem tõde on kui isiklik õnnetarve, ja kes seepärast seal, kus need mõlemad näivad kokku pörkavat, uurimustulemuse otsekoheselt õigeks tunnustab, sellel ei ole raske küsimust maailma lõpmatusest nii otsustada, et ta seejuures leiab rahu ja rahuldust.

Mõne aasta eest tuli ühte Ameerika tähetorni ühel ilusal päeval võõrsile tuntud politikamees. See oli Bryan'i ja Tafti vaheliste valimisvõitluste päevil. Külaline laskis tähtede toredust pikksilmas enesest mööda rännata ja kuulas mõttes olles, mis täheteadlane temale sealjuures seletas. Demonstratsiooni lõpul küsis ta: „On siis tõesti kõik need miljonid tähed päikesed, nagu meie oma?“ „Jah,“ vastas täheteadlane. „Ja nendel tähtedel on, nagu meiegi päikesel, omad planeedid, mis nende ümber keerlevad?“ „Jah.“ „Ja nendel elatakse?“ „Meie ei või seda tõendada, aga on väga võimalik, et see nii on.“ Politikamees

jäi silmapilguks vaikselt mõttesse. Siis ütles ta: „On ju lõpuks täiesti ükskõik, kas Bryan või Taft valitakse!“

See väike jutuaajamine on õige kena, ja tema mõte on, et teadmine maailma lõpmatusest meid, inimesi, paljudest raskustest võib üle aidata.

Meie katsume selles väikeses raamatus mitmekülgset valgustada oma teadmisi selle kinnistähedele- ilma osa kohta, mis meile küllalt ligidal, et võimalik on uurimine moodsaate astronoomiliste abinõudega. Suurem jagu, mis meie selle kohta teame, on pärit viimseist aastakümneist. Esimene usaldatav kinnistähe kauguse määramine võeti ette aastal 1830. Alles läinud aastasaja lõpu poole hakkas see astronoomiaharu jõudsasti arenema, samuti ka spektraalanalüüs, mille tarvituselevõtt esile tõi täieliku pöörde astronoomias.

Kuigi astronoomilise probleemi suurus otseses ühenduses ei seisa kauguste ja mõõdetega, milles ta töötab, on ometi silmanähtav astronoomilise vaatepiiri võimas laiendamine, mis seisab moodsas kinnistähedele astronoomilises uurimises. Aastatuhanded oli meie oma päikesesüsteemi kuuluvate taevakehade uurimine astronoomia peaprobleemiks. Aga kes jälgib tänapäeva astronoomilist kirjandust, teab, et nüüdsel ajal etendab astronoomilistes uurimustes peaosa kinnistähedele astronoomia. Asjaarmastajate-astronoomide ringkondades ollakse veel vähe tuttav selle haru, kinnistähedele astronoomiaga. Veel käsitleb suurem osa probleeme, mis võhikuid huvitavad, meie päikesesüsteemi taevakehasid: kuud, Marsi kanaleid, Veenuse faase, võimalusi Merkuuri vaadelda ja sarnaseid küsimusi, mis enam või vähem puutuvad kohalistesse nähtustesse. Aga kindlasti ei ole enam kaugel aeg, mil ka laiemais ringkondades ärkab täielikule elule huvi kinnistähedele- ilma imede vastu.

Meie kõneleme alamal kinnistähedele, Linnuteest ja kaugeist Linnutee-süsteemidest. Moodsa kinnistähedele- uurimise lugematuis tähehulkades, määratuis ajaulatusis ja piirituis

kaugusis peituvad rikkalikud varandused igaühele, kellel võimalik on loodustunne, isegi siis, kui see lahku läheb traditsioonilisest, nõnda-ütelda maisest loodustundest.

Moodsa inimese rõõm looduse ilu üle seisab esteetilisest elujõu, võrmikujunduse ja värvidemängu maitsmises meie maakeral. Loodustunne, mis astronoomilisel pinnal võib kasvada, on teist laadi: kuulmatud aegade ulatused, mille suhtes üksiku inimese kui ka kogu inimkonna elu ja püüe osutub eimillekski, ja kaugused ilmaruumis, millega võrreldes kaob iga maine mõõt.

See kosmiline loodustunne ei ole mitte eilne, aga see võib meie päevil ikka enam võimalust kindlaid kujusid omandada sedamööda, kuidas järjest kindlamale alusele saab meie teadmine astronoomilisest aja- ja ruumimõõteist ja kuna miljonite ning veel kord miljonite uute taevakehade avastamine meile järjest halastamatumalt silmi ette seab maakera relatiivse tähtsusetuse ilmaruumis.

Millise seisukoha inimene siis omandab, kui teda sel viisil vaadelda nii-ütelda väljastpoolt, ruumi ja aja lõpmatusest, on keeruline ja tõsine küsimus, ja ei saa eitada, et inimest, kes vastuvõtlik on tähistaeva iludele ja neid kaunidusi näeb moodsa astronoomia valgusel, kergesti enese väiksuse tunne seevõrra võib vallata, et tal ainult loobumusega tuleb vaadata küsimust inimese tähtsusest ja seisukohast kõiksuses.

Komeedid, nende teed, loomus ja algupära.

Päikese kaugus maakeraast on 12 000 korda suurem kui kogu maakera läbimõõt — teiste sõnadega: maa — päikese vahe on ligikaudu 150 000 000 km.

Kujutleme seda kaugust vähe rohkem kui 200 000-kordselt, siis saame pikkuse, mida tarvitatakse moodsas kinnistähed astronoomias kauguse-ühikuna. Seda ühikut nimetatakse parsekiks. Mispärast ta seda kummalist nime kannab, seletame ühes järgnevas peatükis.

Meie ligem kinnistäht asub meist vähe rohkem kui ühe parseki kaugusel — ja see oleks kõige esimene jaam reisil kinnistähtede-ilma. Meie esimene pilt kujutab kera-sarnast täheparve. Palju seesuguseid täheparvi leidub meie Linnutee - süsteemis. On korda läinud arvutada nende



1. pilt. Kerakujuline täheparv.

kaugust, mis ulatub kümnetuhandete parsekiteni. Ja läheme juba tähekujunditeni — spiraalududeni — mis tõsi-näoliselt on sama liiki süsteemid kui meie Linnutee, siis peame arvutama kõige ligemategi kaugust sadatuhandete parsekitega.

Maakera läbimõõt ühelt ja $2^{1/2}$ miljardit korda suurem parsek teiselt poolt, need kaks mõistet iseloomustavad vahet vana astronoomia vahel, mis teotses peamiselt suuruse-suhete ja kõige pealt päikesesüsteemi liikumistega, ja moodsa kinnistähede-teaduse (stellaarastronoomia) vahel, mis teotseb kinnistähede laadi, kauguse ja liikumise, täheparvede ja kogu Linnuteega.

* * *

Oli aeg, mil usti, et kinnistähed on laiali pillatud kindla kera pinnal, ilma et selle kera suurusest mingit kujutelma oleks olnud.

Ainult päikese, kuu ja planeetide seisukohtade ja liikumiste üle ruumis olid olemas kindlad kujutelmad. Vähehaaval, pärast mitmesuguseid eksiteid viisid need kujutelmad Kopernikuse süsteemi: päike keskkohal, planeedid peaaegu ringikujulistel teedel tema ümber ja kuud peaaegu samasugustel teedel oma planeetide ümber.

Kui Kopernikus üles seadis oma teooria, milles ta näitas, kuidas loodud on meie päikesesüsteem, ei saanud ta seal mingit kohta määrata taevakehadele, mida meie nimetame komeetideks. Ja seda lihtsal põhjusel, et tol ajal usti, et komeedid ei ole üldse taevakehad, vaid ilmuvused maakera õhkkonnas.

Tycho Brahe oli esimene, kes võis tõendada, et komeet, mis ilmus aastal 1577, ei kuulunud maakera õhkkonda, vaid oli maakerast suures kauguses viibiv taevakeha.

Kepler, kes Tycho Brahe vaatluste abil suure täpsusega lõpule viis Kopernikuse süsteemi, ütles kord, et komeete taevast on rohkem kui kalu meres, aga ka tema, kes arvutas nii imestamisväärvalt planeetide liikumist, ei võinud ütelda, kuidas on lugu teedega, mida mööda rändavad komeedid ilmaruumis. Alles siis, kui Newton XVII aastasaja lõpul üles leidis gravitatsiooniseaduse, läks korda näidata, milline on komeetide tee.

* * *

Meie kõneleme allpool komeetidest, nende kujust, liikumisest, arenemisest, ainelisest koosseisust ja kõige pealt nende seisukohast ilmaruumis ning teiste taevakehade suhtes.



2. pilt. Morhouse'i komeet 15. nov. 1908.

Metcalf'i ülesvõtte järele.

Tüübiline komeet koostub teatavasti peast — enam-vähem selgejoonelise tuumaga — ja sabast. Olles avastanud teleskoobilise komeedi nähakse harilikult ainult pead. Saba areneb alles vähehaaval, kasvab maksimaalse suuruseni ja väheneb siis jälle, et viimaks kaduda.

Kuidas käib komeetide liikumine? Millest koostub pea ja saba? Kust tulevad need taevakehad ja kuhu nad lähevad? Kas kuuluvad nad meie päikesesüsteemi või on nad rändlinnud, kes viibivad ainult lühikest aega meie väikese pesa läheduses? Meie vastame igale küsimusele eraldi ja algame komeetide liikumisega.

* * *

Kopernikus on peajoonetes näidanud planeetide liikumise. Planeedid liiguvad ümber päikese oma teedel, mis ringidest vähe lahku lähevad. Kepleril läks korda Tycho Brahe vaatluste põhjal tuletada nende teede täpsam kuju: planeetide teed päikese ümber on ellipsid.

Teatavasti on olemas väga mitmekujulisi ellipseid; niisuguseid, mille kesklahk õige väike, need lähenevad ringile, mis on ainult ellipsi piirjuht, edasi niisuguseid, mis ikka enam ja enam pikaks venitatud kuni teise piirjuhuni, paraboolini, mis kujutab teatud mõõdul lõpmata pikaks venitatud ellipsit. Ja kes tunneb nende kõverate matemaatilist teooriat, teab, et meie neid võime mõelda teispooll parabooli jätkatult hüperboolidena, millel on paraboolitaoliselt lõpmatusse ulatuv haru, ainult veel suurema nurkavausega.

Teed, mida leidis Kepler tol ajal tuntud planeetide jaoks, olid ellipsid väga väikese kesklahuga.

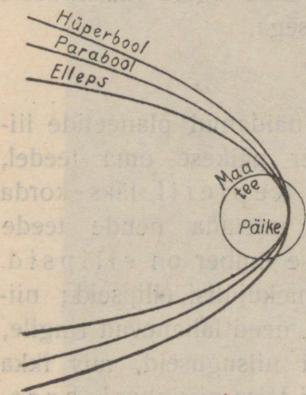
Siis järgnes gravitatsiooniseaduse avastamine Newtoni poolt, mille abil õnnestus kokku võtta kogu planeetide liikumist lühikeseks üldiseks valemiks. Newtoni seaduse sisu võiks populaarselt umbes järgmiselt väljendada: kahe taevakeha vahel on alati olemas külgetõmbe-jõud, mis püüab lähendada neid kaht keha teineteisele. See tõmbe-

jõud on seda suurem, mida suurem nende kehade mass ja (kindla seaduse järele) mida vähem nende kaugus.

Newtonil läks korda näidata, et kui meie oletame säärase tõmbejõu olemasolu, siis võimalik on seletada mitte ainult planeetide kjuu, vaid veel tervet rida teisi vaatluste teel tuttavaks saanud lauseid planeetide liikumisest.

Nüüd ei paku vähemaidki raskusi üsna populaarselt kujutada, kuidas sünnivad kõverad planeetide teed pidevalt päikese poole suunatud raskustungi mõjul. Mõtleme, et

4. joonisel tähendab S päikest ja E mõnd planeeti, näiteks maakera, siis võime maakera teed päikese ümber tuletada ligikaudu järgmiselt. Oletame, et maakeral on teatud silmapilgul seesugune liikumine, mis ta teatud aja järel viiks punkti a_1 . Samal ajal aga tõmbab teda raskustung pikkuse a_1E_1 võrra päikese poole. Sellest tuleb, et maakera pikkuse Ea_1 asemel ära käib pikkuse EE_1 . Järgmisel ajavahemikul jätkaks maakera oma teed $E_1—a_2$, ainult päike tõmbaks teda pikkuse a_2E_2



3. joonis. Mitmesugused teede kujud.

võrra ligemale ja ta joonistaks selle tagajärjel tee E_1E_2 . Samuti võime seda harutust jätkata. Järgmisel ajavahemikul jõuaks maakera E_2 :st E_3 :ni jne.

See harutus on loomulikult väga jäme. Kui me täpsalt tahame jälgida planeedi liikumist päikese külgetõmbe toimel, siis ei tohi me rahulduda nii suurte kolmnurkadega, nagu 4. joonisel. Me peame neid ikka enam ja enam vähendama, et jõuda planeedi tõelise ühtlase liikumiseni. Me peame neid kolmnurki, nagu ütleb matemaatik, lõpmatuseni vähendama. Meil on siin tegemist ülemineku elementaararvutamisest piirita vähenevate suurustega arvutamisele. Ja piirita vähenevate

suurustega arvutamise abil on meil võimalik käsitleda ühtlaselt kõverdatud teed.

* * *

Seame endale küsimuse, kuidas kaks keha, mis mõjuvad Newtoni seaduse järele teineteisele, liiguvad teineteise suhtes (n.-n. kahe keha probleem) ja käsitleme seda küsimust kõrgema matemaatika abinõudega, siis saame tulemuse, mida üldarusaadavalt võiks väljendada järgmiselt: väike keha liigub suure ümber kõveral teel, mis võib olla enam või vähem pikaks venitatud ellips, aga ka, algseisukorra järele, parabool või hüperbool.

Planeetide teedel on ellipsid meie ees. Ja sellega on seletatavad Kepleri ellipsid. Aga teised teekujud? Varsti pärast seda kui Newton oma raskusseadusest lõppotsused oli teinud, võidi näidata, et komeet — see oli aastast 1680 — rändas ümber päikese paraboolil või vähemalt teel, mis väga ligines paraboolile.

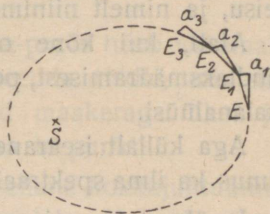
Tollest ajast saadik on välja arvatatud sajad komeetide teed tagajärjega, mida meie käesoleval silmapilgul võime iseloomustada järg-

miste sõnadega. Suurem jagu komeetide teid on seevõrra pikerguse ellipsi taolised, et nad meile võivad paista paraboolitaolistena — vähestel juhtumustel esineb meile nõrgalt hüperboolitaoline liikumine. Seevastu seisab päris väike rühm komeetide teid, mis on ellipsid nii väikese kesklahuga, et nad täiesti jäävad päikesesüsteemi piirkonda, kus suured planeedid päikese ümber rändavad.

Sellele põhjanevale küsimusele komeetideprobleemis tuleme hiljemini tagasi.

* * *

Pärast eelmist on kergesti arusaadav, kuidas komeet areneb. Enamasti tuleb ta päikesest väga kaugel asuvaist



4. joonis. Planeetide ümber päikese liikumise seletamine.

kohtadest. Kui ta aga päikesesüsteemi keskkoha jõuab, langeb ta päikesekiirte tugeva toime alla, mille läbi osa tema koosseisust muutub gaasiks.

Et niiviisi gaasiks muutunud ained, mis lahkuvad komeedipea päikesepoolset küljelt, seejärel ära valguvad päikesele vastupidisesse suuna, sellele asjaolule otsiti seletust päikese eemaletõukavast jõust, olgu see elektrilist laadi või — ühe Arrheniuse idee järele — päikese valgusrõhumisest tekkiv jõud.

Niikaugemale oli asi lihtne. Aga millest koostuvad komeedid? Kas on võimalik seda välja arvata?

Ja muidugi! Teatud määral on tänapäev meie võimuses kindlaks määrata võõraste isehelenduvate taevakehade koosseisu, ja nimelt niinimetatud spektraalanalüüsi abil.

Alati, kui kõne on taevakehade keemilise koosseisu kindlaksmääramisest, peavad astronoomid abiks võtma spektraalanalüüsi.

Aga küllalt iseärane! Komeetide puhul oli juba teatud aimus ka ilma spektraalanalüüsita. Kuidas oli see võimalik?

Igaüks teab, mis on lendtähed. Need ei ole aga mitte langevad tähed, vaid hoopis midagi muud. Need on väga väikesed materiatükikesed, mis ümber eksivad päikesesüsteemis ja mis, kui nad küllalt ligidale tulevad meie maakerale, meie õhkkonda langevad, kus nad hõõrumisest seevõrra kuumaks lähevad, et hõõguma hakkavad ja kas kõrges õhkkonnas gaasistuvad või, kui nad on küllalt suured, kõvade tükkidena maha kukuvad.

See on ammutuntud nähtus. Juba ligikaudu saja aasta eest on lähemalt uuritud seadusi, millele alluvad tähesajud.

Varsti selgus, et tähesajud on kaht liiki, korratud ja perioodilised.

Lendtähti võib vaadelda igal selgel öhtul. Leiti, et tähelepanelik vaatleja võib näha tunnis keskmiselt 5 lendtähte. Nad võivad esile kerkida igal pool taevavõlvil ja liikuda igasuguses suunas.

Aga peale nende üksikute juhuslikkude lendtähtede on veel teisi, mis esinevad salkade viisi teataval ajal. Nii näiteks kuulmata rikkalik tähesadu, mida vaatles Humboldt oma-kuulsal ilmareisil novembris 1799. 1833. aastal esines samal aastaajal sama hiilgav tähesadu, samuti aastal 1866, ja selgus, et meil siin tegemist oli suure perioodiliselt korduva nähtusega.

Samal viisil oli võimalik konstateerida tervet rida teisi perioodiliselt korduvaid tähesadusid.

Kuidas oli see seletatav?

Vastuse andis aastal 1866 Schiaparelli, kellel õnnestus välja arvutada teed, mida mööda rändas kõnealune hulk ilmaruumis. Tuli ilmsiks, et see tee oli sama kui 1866 I komeedil.

Asjalugu selgus nüüd. Lendtähtede-parve tuleb vähemalt paljudel juhtudel käsitleda kui komeetide tükke, mis siis maakera õhkkonda kukuvad, kui nad maakeraga ühel ja samal ajal juhtuvad mingisse maakera teepunkti.

Sealjuures tuleb tähele panna, et sellane kokkujuhtumine pole sugugi nii võimatu, nagu see paistab esimesel silmapilgul. Kujutleme komeeti, mis liigub lühiperioodilises ellipsis, nii et tema tee mõnes kohas jõuab maakera oma ligidusse, siis võib näidata, et on olemas palju võimalusi maakera ja komeedi üksikute osade kokkujuhtumiseks.

Võib kindlasti arvata, et komeedi pea koostub määramata arvust väikestest kehadest, mis rändavad ühiselt päikese ümber.

Alati, kui niisugune üksikute osade kogu ümber päikese pöörleb, on need osakesed harilikult enam-vähem isesuguses kauguses päikesest. See tähendab: nad rändavad pisut isesugustel teedel. Aga üks lause kahe-keha-probleemist ütleb, et kui kaks isesugust keha rändavad lähedalt samataolist teed päikese ümber, kuigi nii, et vähe lahku lähevad nende keskmised kaugused päikesest, on nendel kindlasti ka vähe isesugune ringjooksu kiirus.

Mida ligemal keha päikesele, seda suurem ta kiirus; mida kaugemal tema aga päikesest, seda aeglasem ta liikumine. Aga selle tarvilik järeldus on, et osakesed, millest koostub komeedi pea, vähehaaval teel laiali lagunevad ja pärast mitmekordset ringjooksu kogu tee täidavad.

Nii siis on komeedid alaliselt lagunevas olekus. Nii kaua aga, kui see lagunemine veel liiga kaugele ei ole läinud ja komeet veel kujutab kindlat keha oma teel, võib tulla kokkujuhutumine maakeraga — muidugi eeldades, et mõlemate teed üldse lõikuvad — ainult teatud arvu aastaid kestva vaheaja järel. Kui aga komeedi jäänused täidavad kogu tee, siis on meil igal aastal samal tähtpäeval korduv tähesadu.

Kui see kõik on tõsi, siis on ka võimalik kindlaks määrata, missuguseist aineist koostub komeet.

Kõigist lendtähtedest, mida meie võime vaadelda, gaasistub suurem osa täielikult juba kõrgel õhus. Ainult üks osa, nimelt küllalt suured tükid, langeb maha meteoridena.

Meie ei saa küll tõendada, et leitud meteorid põlvnevad komeetidest. Aga paljud asjaolud räägivad selle poolt, et see sageli nii on.

Uurime neid meteoore, siis leiame sealt rauda, süsinikku... üldse aineid, mis meile maa peal tuttavad.

Ja sellest järeldati, et on kõige tõsinäolisem, et need ained leiduvad ka komeetides.

Ja mis on siis spektraalanalüütiliste komeediuurimuste tulemus? Esimene komeet, mida spektroskoobiliselt uuriti, oli aastast 1864. Spektrum koostus osalt harilikest pidevaist värvijoontest, millest selgus, et komeet (peas) sisaldab kõvu või vedelaid isehelenduvaid aineid, osalt üksikuist heledaist „paeltest“, mis näitasid, et komeet (sabas) sisaldab teatud meie maakeral tuntud elemente, kõige pealt süsinikku. Ja sest saadik saavutati ka teiste komeetide juures alati sama tulemus: peas kõvad või vedelad ained, mille loomust ei saanud tuntud spektroskoobiliste seaduste järele spektris ligemalt kindlaks määrata, ja sabas teatud gaasikujulised süsinikuühendid.

Maakeral, päikesel ja teistel kinnistähedel aga leiti suur hulk teisi elemente: näiteks terve rida metalle: rauda, naatriumi, kaltsiumi jne. Tähtede õhkkonnas on need ained gaasi kujul. Aga kas pole komeetidel kunagi leitud metallgaase? Kaua jäi see küsimus lahtiseks, ehk küll meteoorides, mida vähemalt osalt kui komeedi jäänuseid võime vaadelda, leiti rauda j. m. Aga aastal 1882 leidis Vogel Potsdamis 1882 I komeedi spektris gaasikujulist naatriumi, niisama ka 1882 II komeedis, ja inglise astrofüüsik Copeland arvas leidnud olevat gaasikujulist rauda.

On siis mitmesuguseid komeetide liikisid? Ühtesid metallidega ja teisi ilma? Näis nii olevat, ehk küll spektraalanalüüs muidu alati oli näidanud, et mitmesuguste taevakehade ehitusained alati on ühed ja samad. Seletus oli siiski kerge. Komeedid, milles võidi tõendada metallgaaside olemasolu, erinesid selle poolest, et nad päikesele iseäranis ligidale olid tulnud, ja seega olid selgitatud kõik raskused: Ainult seesugustel komeetidel, mis päikesele väga ligidale tulid, tõusis temperatuur küllalt kõrgele, et gaasikujuliseks muuta nii raskesti auruks muutuvaid aineid, nagu seda on metallid.

* * *

Silmapilgu näis nii, nagu oleks kaht liiki komeete, metallilisi ja metallituid.

Aga pea selgus, et nad kõik kahtlemata on ühesuguse koosseisuga.

Äsja kõnelesime ka teises mõttes kahest liigist komeetidest. Nad jagunesid oma liikumisviiside järele „perioodilisteks“, võrdlemisi väikeste ja lühikeste ellipsteedega, ja peaaegu parabolitaoliste teedega komeetideks.

Kas ei ole need kaks hoopis isesugust taevakehade liiki? Vaatleme neid kord ligemalt.

Meie kõnelesime Newtoni seadusest, jõust, mis on tegevuses, näiteks, maakera ja päikese vahel ja mille järelduseks on, et maakera liigub alaliselt ühes ellipsis päikese

ümber. Samuti võime ka iga teise planeedi jaoks tema ja päikese vahel toimivast raskustungist tuletada Kepleri ellipsi, milles planeet päikese ümber peab keerlema.

Agas meie jätsime siin meelega arvestamata ühe tähtsa asjaolu. Newtoni seadus ütleb: kus iganes leidub kaks taevakeha, on nende vahel tegevuses külgetõmbe-jõud, mis. . . Nii siis ei ole küllalt ütlemisest, et ühest küljest toimivad teineteisele maakera ja päike ja teisest küljest päike ja Jupiter. Ka maakera ja Jupitri, üldse paariviisi kõikide planeetide vahel on olemas külgetõmbe-jõud, mis toimib nii, et ükski planeet ei joonista täpsat Kepleri ellipsit. Kõik planeetide liikumised kannatavad seepärast alati väikeste kõrvalekaldumuste all. Planeet kas ruttab oma Kepleri teest vähe ette või jääb maha, kas liigub vähe seespool või vähe väljaspool Kepleri ellipsit. Neid kõrvalekaldumusi planeetide teedel, mis ikkagi kaunis tühised, sest et planeetide massid on väikesed võrreldes päikese massiga, neid kõrvalekaldumusi nimetatakse häireteks, ja häirete arvutamine raskustungi seaduse põhjal on kogu teoreetilise astronoomia pea-ülesandeid.

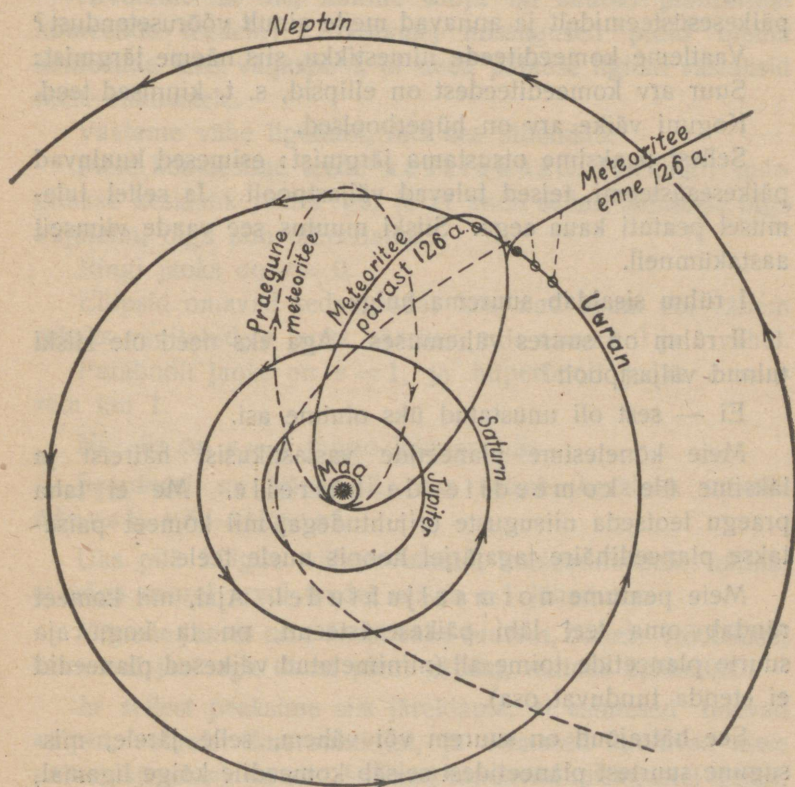
Muidugi maksab see ka komeetide kohta. Veel mõningad aastakümned tagasi oli jäänud tähelepanemata, missugust tähtsat osa etendavad komeetide häired kogu komeetide kujunemisprobleemis. Meie tuleme veel kord sellele tagasi. Siin vaatleme ligemalt ainult üht punkti.

5. joonis kujutab erilise komeeditee arenemislugu Leverrier' järele. Komeet tuli alguses päikese lähedusse parabolitaolisel teel. Aastal 126 meie ajaarvamise algusest jõudis ta — nimetame seda juhuslikult — oma teel punkti, mis väga ligidal Uurani teele, ja ka planeet asus just lõikepunkti otseses läheduses.

Järeldust sellest näeme joonisel. Planeedi ja komeedi suure läheduse tõttu kaalus esimese külgetõmbe-jõud rohkem kui päikese oma (komeedi tõmbejõud ei mänginud tema kahaneva massi pärast planeedi suhtes tähelepandavat osa), ja komeet paisati hoopis teisele teele. Varsti pärast

seada olid komeet ja planeet jälle teineteisest niikaugel, et päikese raskus etendas kaaluvamat osa, ja nii paisati komeet paraboolitaoliselt teelt lühikese perioodiga elliptilisele teele.

Meie teame veel palju sarnaseid juhtusid, ja üldse on põhjust oletada, et see arenemiskäik iseloomustab on lühiperioodiliste komeediteede kohta.



5. joonis. Ühe komeedi- (meteoori-) tee arenemiskäik.

Nii siis näis, et mõlemad rühmad, nii lühiperioodilised kui ka paraboolitaolised komeedid, arvatavasti väga kaugelt tulevad.

Enam jagu kadus jälle kaugemale. Ainult üksikud neist

sattusid vangi mõnele suurele planeedile lähenemise tõttu ja said uued teed, nii et nad jäid päikesesüsteemi sisemistesse osadesse.

* * *

Nii siis tulevad komeedid väljastpoolt. Mida mõtleme sellega? Kas tähendab see, et komeedid tulevad teistelt päikesesüsteemidelt ja annavad meile ainult võõrusetendust?

Vaatleme komeediteede nimestikku, siis näeme järgmist: Suur arv komeediteedest on ellipsid, s. t. kinnised teed. Koguni väike arv on hüperboolsed.

Sellest peaksime otsustama järgmist: esimesed kuuluvad päikesesüsteemi, teised tulevad väljastpoolt. Ja sellel tulemusel peatuti kaua aega. Siiski muutus see vaade viimseil aastakümneil.

I rühm sisaldab suurema hulga.

II rühm on suures vähemuses. Aga eks need ole siiski tulnud väljastpoolt?

Ei — sest oli unustatud üks oluline asi.

Meie kõnelesime planeetide vastastikusist häireist ja läksime üle komeediteede häireile. Me ei taha praegu teotseda niisuguste erijuhtudega, mil komeet paisatakse planeedihäire tagajärjel hoopis uuele teele.

Meie peatume normaaluhtudel. Ajal, mil komeet rändab oma teel läbi päikesesüsteemi, on ta kogu aja suurte planeetide toime all (niinimetatud väikesed planeedid ei etenda tunduvat osa).

See häirejõud on suurem või vähem, selle järele, misugune suurtest planeetidest seisab komeedile kõige ligemal, aga olemas on see häirejõud alati. See tähendab teiste sõnadega, et komeet ei liigu iial puhtellipsil, puhtparaboolil või puhthüperboolil. Tee muutub alaliselt.

Asjaolul, et tee, mida mööda liigub komeet päikesesüsteemis, ei ole täpsalt sarnane

teega, mida mõõda ta esialgu tuli väljast-poolt, on kogu komeetideprobleemis põhjanev tähtsus. Ainus, mida tunneme, ja nimelt otseseist vaatlusist, on väike tükki sisemist teed, millel võime näha komeeti maakeralt. Aga teoreetilise astronoomia valemid võimaldavad vaadeldud teosa põhjal täpi pealt välja arvutada esialgset teed.

Arvutame nii siis, milline mõju on suurtel planeetidel komeetide teedele! Arvutame, missugused pidid olema komeetide teed väljaspool, et need päikese ligidal vastaksid meie vaatlustele.

Vaatame vähe ligemalt, mis see tähendab.

Meie kõnelesime teede kesklahust. Harilikult märgitakse kesklahk täht e :ga, ja et anda sellest mõistest õige kujutelm, olgu siin tähendatud:

Ringi jaoks on $e=0$.

Ellipsid omavad sedamööda, kas nad enam või vähem pikaks venitatud, e jaoks väärtusi, mis asuvad 0 ja 1 vahel.

Parabooli jaoks on $e=1$, ja hüperbooli jaoks e suurem kui 1.

Nii siis on $e=1$ juures lahutav piir.

Seepärast on kõne all: kas seisab kesklahk ühest üleval- või allpool.

Üks pilk kõigile väljaarvutatud komeediteedele näitab, et väga suurel arvul teedel seisab e 1 läheduses.

Mõnede juures on e ühest vähe suurem, näiteks 1,0008000, suuremal jaol aga ühest pisut vähem, näiteks 0,9992000.

Ja sellest peaksime siis järeldama, et esimesed tulevad väljast, võõraist ilmaruumidest, ja viimased kuuluvad meie päikesesüsteemi, ka siis, kui nad rändavad niisugustel teedel, et võivad arvamata kaugele minna planeetidesüsteemi sisemistest osadest.

Nüüd aga selgus, et vaatlustest väljaarvutatud teed kujutavad komeetide liikumist päikese lähedal tõesti hästi, kuid häirete põhjal, mida kutsuvad esile suured planeedid, pidid komeetide teed kaugel väljaspool teissugused olema.

Ja see, mis siin tähtis on ja millele kunagi ei olnud mõelnud sadade komeediteede väljaarvutajad, on see, et jätkub suurte planeetide häireist, et üle viia tee kesklahku ühest kui piirjuhust.

Need arvutused teostati viimseil aastakümneil. Nad olid õige keerulised ja võtsid palju aega. Seejuures tuli ilmsiks, et kui komeetide liikumist jälgiti küllalt kaua ja päikesest küllalt kaugel, ei jäänud järele ühtki hüperbooli. See tähendab, et kõik komeedid kuuluvad meie päikesesüsteemi ja on nähtavasti algaine jäänused, millest on arenenud ka kõik teised päikesesüsteemi kehad.

Ja nii võime anda lõpp-kokkuvõtte oma teadmistest komeetideilma kohta:

Komeedid kuuluvad meie päikesesüsteemi ja koostuvad just samust aineist, millest päike ja maakera.

Meile tuntud komeedid liiguvad äärmiselt pikaks venitatud teedel ümber päikese. Mõned nendest tulid suurtele planeetidele nii lähedale, et nende teed muutusid lühiperioodilisteks ellipsiteks. Aga ei ole mingit kahtlust, et võib juhtuda ka vastupidist, et komeet, mis liigub lühikesel ellipsil, paisatakse ühel päeval mõne planeedi poolt pikaksvenitatud, parabolitaolisele teele.

Mispärast tulevad kõik komeedid päikese lähedusse? Mispärast ei jää nad väljapoole? Jah, pole mingit kahtlust, et kogu päikesesüsteem on täidetud komeetidega. Kahtlemata on komeete kõigi võimalikkude ellipsitega; kahtlemata on tuhandeid, jah, sadatuhandeid komeete, mis ei jõua iial päikese lähedusse — ainult meie ei saa neid kunagi näha. Selles seisabki kõik vahe. Meie näeme ainult väikest osa komeete, mis rändavad pikaksvenitatud teedel ja mis tulevad meie juurde päikesesüsteemi keskele.

Kui meie juba niikaugel oleme, siis võime teha veel viimse sammu ja küsida — mis vahe on üldse komeetide ja planeetide vahel?

Kahtlemata mitte olulisen. kui see, et nad nii isesugustel teedel rändavad. Komeet tuleb kaugelt. Kui ta päikesele ligineb ja satub viimase soojuskiirte toime piirkonda, siis gaasistub tema peal kõik, mis võib gaasistuda. Muutub aga tema tee koguni nõnda, et ta päikesesüsteemi keskele jääb, siis kaotab ta viimaks kõik oma kergestigaasistuvad osad. Pärast mitmekordset ringjooksu päikese ümber sisaldab ta veel ainult kindlaid osasid, ja ainus vahe niisuguste komeetide ja planeetide vahel on nende isesugused teed. Et komeetidel on nii väike mass, ei tähenda midagi. Meie päikesesüsteemis on ka väikesi planeete.

* * *

Meie ei ole aga ainet veel lõpuni käsitelnud.

Peale selle kui jõudsime otsusele, et komeedid kuuluvad meie päikesesüsteemi, peame lisama kahest seisukohast ligema seletuse.

1. See tulemus on õige niipalju, kui ta käib meile tuttavate komeetide kohta. Aga keegi ei vastuta selle eest, et ühel päeval, homme või 10 000 aasta pärast, tõesti mõni komeet võõraist ümbrusist meie päikesesüsteemi ei tule.

2. Kui kõneleme meie päikesesüsteemist, siis on võimalik, et me sellele nimele peame andma laiema ulatusega mõiste kui seda tehakse harilikult.

Meie peatulemust, et seni võimalik ei olnud kindlaks teha ühtki hüperboolset komeediteed, võib väljendada ka veel teisel viisil.

Kui uuritakse seadusi, mille järele liigub päikese külgetõmbe toime all olev keha, siis saadakse muu seas järgmised laused:

1. Ütleme, et leidsime ühe hüperboolse komeedi ja jälgisime tema liikumist suure kauguseni päikesest, siis peaks see komeet, mida enam ta kaugub päikesest, päikesega võrreldes järjest vähenevat kiirust omama, aga häviv-väikeseks ei saaks see kiirus kunagi.

2. Parabooli juures on meil tähelepanuväärt juhus. Newtoni seaduse järele on liikumine paraboolil nii, et mida enam meie kaugume peakehast, seda vähemaks muutub kiirus, ja mida kaugemale läheme, seda rohkem ligineme null-kiirusele, mille siiski saavutame alles lõpmatus kauguses. See tähendab, et komeet, mis rändaks puht-paraboolsel teel, lõpmata kauguks, teatud määral aga siiski meie süsteemi kuuluks.

Kui päikesesüsteem ruumis paigal seisaks, ei huvitaks see tulemus meid palju. Aga päikesesüsteem rändab teatud kiirusega ja kindlas suunas läbi tähtedesüsteemi. Ja selle järele, mis juba teame, võime ütelda, et komeet, mis liigub paraboolselt päikese ümber, järgib päikesesüsteemi liikumisele läbi täheruumi.

Ehk: kui me oleme tõendanud, et hüperboolseid komeediteid ei ole olemas, siis oleme seega ühtlasi näidanud, et kõik komeedid, mille liikumine seni uuritud, järgivad meie päikesesüsteemile samasuguse kiirusega läbi ilmaruumi. Aga nad võivad, kui tee kesklaik on lähedane ühele, sattuda nii kaugetesse vöödesse, et lähenevad seal juba teistele päikestele.

Ei ole aga võimatu, et on olemas teatud arv kinnistähti, mis liiguvad ühes meie päikesega läbi ruumi.

Ja nõnda võime moodsate uurimuste peatulemuse komeetide liikumise kohta kokku võtta järgmiselt:

On selgunud, et komeedid, mille teed välja arvutatud, ei või tulla niisugusest süsteemist, millel oleks tunduv liikumine võrreldes päikesesüsteemi liikumisega.

Enama jao komeetide kohta tähendab see lihtsalt, et nad kuuluvad meie päikesesüsteemi. Aga võib mõelda, et mõned komeedid rändavad peaaegu paraboolsetel teedel nii kaugemale, et meie oma tulemuse õigemini järgmisel viisil peame väljendama: Seni vaadeldud komeedid kuuluvad igatahes kõik üksteise lähedal seisvate kinnistähtede

rühma, mis rändavad läbi ilmaruumi samasuguse kiirusega kui päike.

Kosmogoonilisest seisukohast ei märgi see meie peatulemuse moodustus mingit olulist osa, sest on kindel, et päikesel oleks tähtedega, mil oleks sama liikumine, ka ühine algupära.

* * *

Põhimõtte, millele ehitasime kogu oma uurimuse, oli järgmine: kui tahame teha komeediteedest kosmogooniliselt maksvaid otsuseid, siis ei ole küllalt tunda ainult sisemist, meie vaatlustele kättesaadavat tee-osa. Peab jälgima komeediteed ka päikesest küllalt kaugel, peab uurima, missugune mõju on olnud teekujule suuritel planeetidel.

Iseärasel viisil arvutasid astronoomid ühe komeeditee teise järel — sadade kaupa, ilma et suurte planeetide mõju uurimisi oleksid toime pannud, kuigi juba aastasadu oldi selgusel häirete tähtsuse kohta planeetide teedel.

Ja veel iseärasem oli, et pärast küsimuse täielikku selgitamist rida komeediteede arvutajaid aru ei saanud olulisest selles küsimuses.

Ch. Darwin seletab, et ta kord ühe sõbra kirjale liikide kujunemisteooria üle järgmist vastanud: „Ma ei kahtle mitte selles, et liikide kujunemisteooria aegamööda tunnustust leiab, aga ma kardan väga, et see sama kaua kestab kui liikide areneminegi!“

Nii pahasti ei läinud lugu siiski.

Ja meie probleemis ei ole vajadus arvesse võtta häireid, kui komeediteede järele komeetide algupära tahetakse otsustada, mitte niipalju aega tarvitanud, et ennast maksma panna, kui kestab ringjooks paraboolile lähedasel teel. Aga lühikesel ringjooksu-ajaga komeedid pidid nii mitugi korda

oma tee ümber päikese rändama, enne kui koduseks sai lihtne mõte, mis on meie uurimuste aluspõhjaks.

Seega oleme lõpul:

Komeedid koostuvad samust aineist, millest maakera ja päike. Nende teed näitavad, et nad kuuluvad päikesesüsteemi, eeldusega, et meie vahest mõnede komeetide jaoks laiendama peame mõiste „päikesesüsteem“, juurde arvates mõne meid ümbritseva täheparve, mille liikmed ühes päikesega läbi ruumi rändavad. Ja see tulemus tähendab komeetidele päikesega ühist algupära.

Kaugel meie päikesest ja tähtederühmast on teised tähed ja tähtederühmad, millel arvatavasti samuti on olemas komeedid, väikesed jäänused algainest, millest arenesid need tähed ja tähtederühmad, ajal, mis oli igale üksikule tähterühmale ta sündimistunniks.

Päike.

Astronoomid näevad päikest kõige paremini siis, kui ta on varjutatud.

Oli aeg, mil see väide oli absoluutselt õige. Enne pikk-silma leiutamist ei nähtud mingisuguseid üksikasju intensiivselt helendaval päikesepinnal. Siis oli üksnes täielikkude päikesevarjutuste ajal nähtav kroon ainus nähtus päikesel, millel võidi märgata valgusevarjundeid, heledamalt ja nõrgemalt helenduvaid osi. Nüüdsel ajal teatakse pikksilma, päevapildistuse ja spektraalanalüüsi abil väga palju päikese kujust ja koosseisust. Aga mis puutub kroonisse, siis on meil tänapäevgi soodus võimalus tema uurimiseks ainult täielikkude päikesevarjutuste ajal.

Kõigi taevakehade hulgas, mis rändavad päevast päeva meie peakohal, etendab päike meile, inimestele, kõige tähtsamat osa.

Päikeselt saame valgust ja soojust. Päike annab seda imelikku jõudu, mis paneb taimed kasvama ja on seega ka jõuallikas loomadele ning inimestele. Loodusjõud, mida inimene oma teenistusse paneb, on kõik pärit päikeselt. Meie kivisöe-lademete keemiline jõud, mida kasutame jõuja valguseallikana, ei ole muud midagi kui aastatuhandete jooksul kogutud päikese-energia. Päikeselt on pärit soojus, mis muudab vett jõgedes, järvedes ning meredes auruks ja paneb seda õhku tõusma, et see pärast jälle vihma või lumena maha langeks.

See on päikese külgetõmbe-jõud, mis juhib planeete ja komeete nende teil.

Kui teame juba nii palju tema toimetest, mis teame siis päikesest endast?

Päike on soe, ja päike on hele. Seda teame ja näeme. Seda ei ole palju, ja siiski võime ütelda: enne pikksilma leiutamist ei teatud päikesest pea muud midagi kui seda, et ta on ümmargune, hele ja soe.

Esimesed pikksilmad ehitati a. 1608 või 1609. Varsti pärast seda teati, et päikesel on olemas plekid ja et ketta keskkohal on alati heledam kui ääred. Plekkide kohta tuldi arvamisele, et need on orud välimistes kihtides, mille läbi võib vaadelda sisemist tumedamat massi. See iseärane nähtus, et päike keskel heledamalt kiirgab kui äärtel, on kergesti seletatav, kui eeldame, et päikese helenduv välispind on ümbritsetud tumedama õhkkonnaga, sest äärest tulev valgus peab sel juhul pikema tee õhkkonnas ära käima kui keskelt tulev valgus ja nõrgeneb seetõttu tunduvamalt. Sellega jõuame otsusele, et päike koostub vähemalt kolmest kihist: tuumast, intensiivselt helenduvast kestast ja nõrgemini helenduvast õhkkonnast.

Kui vaatleme päikest täisvarjutuse ajal, siis näeme krooni, kiirtepärga, mis ümbritseb päikest igast küljest, ja protuberantse, tulipunaseid leeke, mis kiirgavad üksikuist päikese äärpunktidest.

See on kõige tähtsam sellest, mis võime näha päikesel harilikkudes oludes ja varjutuste ajal. See on juba midagi, ja sellest oli võimalik teha mõningaid otsuseid päikese seisukorra kohta.

Kuid ainult sel alusel oleks võimatu olnud saavutada päikesest nii laialdasi teadmisi, kui omavad tänapäeva astronoomid.

Selleks oli tarvis hoopis teist abinõu kui lihtne päikese vaatlemine, olgu see varustamata silmaga või pikksilma abil, kas harilikkudes oludes või päikesevarjutuste ajal.

See oli spektraalanalüüs, mis laiendas nii põhjalikult meie teadmisi päikesest.

Mis on spektraalanalüüs?

See on meetod uurida helenduvast kehast voolavat valgust ja selle valguse omaduste järele kindlaks määrata helenduva keha seisukorda ja koosseisu.

Kui lasta valgelthõõguvalt kõvalt või vedelalt kehalt kitsas valgusekimp läbi klaasprisma, siis laiendub ta värviliseks vööks, spektriks, mis sisaldab kõik vikerkaarevärvide nime all tuntud värvivarjundite lugematud astmed sügavpunasest violetteni: punane-oranž-kollane-roheline-sinine-indigo-violetne. Kui laseme ühe valgelthõõguva kõva või vedela keha valguse enne tema prismasse sattumist läbi gaasimassi, siis leiame spektris rea tumedaid jooni, ja hoolsad uurimised on näidanud, et meie võime nende joonte asendite järele spektris kindlaks määrata, missugused ained sisaldab gaasimass, mille läbistas heledalthõõguva keha valgus. Et need seadused maksavad kõigis oludes ja igas kauguses, siis on ilma pikemata selge, et me võime otsustada helenduvate taevakehade seisukorda ja koosseisu seevõrra, kuivõrra meil võimalik on uurida nende spektreid. Pikksilm ja prisma või toime suurenduseks mitu prismat on relvad, millega võidab astronoom oma teadmised taevakehade keemilisest ja füüsilisest seisukorrast.

Laseme päikesevalgust läbi pikksilma ja prisma, siis leiame, et päikese spekter sisaldab kõik värvivarjundid ja hulga tumedaid jooni. Nii siis koostub päike intensiivselt helenduvast kerast, mis ümbritsetud gaasikujulise õhkkonnaga. Joonte arvust ja seisukohast spektris võime kindlaks määrata päikese õhkkonnas leiduvad ained.

Juba 1860. a. ümber tunti päikesespektris mitmed sajad jooned, mis näitasid raua olemasolu päikese õhkkonnas, teised jooned kuulusid titaanile, mõned jälle kaltsiumile jne. Tänapäev on asjaolu umbes järgmine: kindlasti on tõestatud, et päikesel on olemas umbes pool maakeral

tuntud keemilisi elemente, ja tõsinäoliselt on seal veel terve rida teisi.

Kuid vähe sellest, et võidakse teha seda üldist otsust päikese õhkkonna koosseisu kohta. Võib uurida ka ük s i k - a s j u : päikeselaikude, -äärte, -krooni spektrit, ja nende uurimuste tähtsam tulemus kõlab järgmiselt: päikesel on olemas samad ained mis maakeral, ja nimelt leiduvad üldiselt raskemad ained (rasked metallid) alumistes, kergemad (vesinik ja heelium) ülemistes kihtides.

* * *

On küllalt neist lühikestest tähendustest, et tõendada spektraalanalüüsi määratud tähtsust päikese uurimiste puhul. Spektraalanalüüs näitab meile, missugustest kihtidest on ehitatud päike — selle poolest andis uurimine pikksilma abil ainult kõige esimesed mõisted — ja ta näitab meile ka, missuguseist aineist koostub päike, — sellest küsimusest me ei teadnud enne spektraalanalüüsi absoluutselt midagi.

Aga spektraalanalüüs omab tõepoolest veel enam tarvisvõimalusi.

Selgus, et tumedad jooned päikesespektris mitte iga kord täpsalt sinna kohta ei sattunud, kuhu harilikult pidid sattuma: jooned, mis määratud ainele vastavad, on teatud oludes edasi nihkunud kas spektri punasesse või violetsesse otsa. Näidati, et see põhjeneb mitmesuguste ainete liikumisel meile liginevas või meilt kaugavas suunas (Doppleri printsiip) ja leiti, et mitmesugused gaasimassid voolavad päikeselaikude sügavusest välja või vastupidi sissepoole, päikese keskpunkti sihis.

Spektraalanalüüs on meile võimaldanud uurida päikese magnetilist seisukorda. Igaüks tunneb kompassinõela. Nõel asetub meil põhja-lõuna suunas, sest maakera toimib nagu magnet kahe poolusega. Kuulus hollandi füüsik Zeemann näitas, et magnetilised jõud toimivad spektraaljoontele täiesti kindlal viisil. Mount Wilsoni tähe-

tornis Kalifornias pandi tähele, et päikesespektri joontes täiesti vastavad muutused sünnivad, ja seega on tõendatud, et ka päikesel tegevad on magnetilised jõud.

Veel enam: tänapäev tuntakse päikese temperatuuri kaunis põhjalikult. See vana küsimus vastati igal ajal ise moodi. Vastused kõikusid mõnede tuhandete ja mitmete miljonite kraadide vahel. Nüüd on spektraalanalüüs vastuse annud, mis igatahes väga lähedalt tõele vastab. Kui kuumutame metallitükki kuni hõõgavuseni, siis läheb ta esiti punaseks, pärast temperatuuri kasvades kollaseks ja lõpuks kõige suuremas kuumuses valgeks. Kui uurime metallitüki spektrit soendamisel, siis leiame, et ta välimus alatasa muutub, peasjalikult niiviisi, et punaselt hõõgav metall annab spektri, milles esineb ülekaalus punane osa ja puudub violetne. Mida enam kasvab temperatuur, seda enam kerkib esile violetne osa, ja selle printsiibi järele võime ümberpöörduvalt päikesespektri välimuse järele määrata päikese pinna temperatuuri. Tuleb ilmsiks umbes 6000—7000° C. See on temperatuur, mis ületas kõik tuntud maapealsed temperatuurid, kuni mõnede aastate eest Lummeri katsete läbi Breslaus ligikaudu sama temperatuur saavutati.

* * *

Sellega tunneme päikese välimust, tema keemilist koosseisu ja mitmesuguste ainete kihitust. Me võime kindlaks määrata kiirust, millega liiguvad mitmesugused gaasimassid päikesel, võime kindlaks määrata nende temperatuuri ja magnetilised omadused, ja võime ka, nagu me näeme ühes pärastises artiklis, saada üsna kindla pildi päikese arenemisloost.

Olulisemad ja tähtsamad uurimused päikesest on toimetatud juba eespool-nimetatud päikesetornis Mount Wilsonis (*Mount Wilson Solar Observatory*), üks kahest suurest Kalifornia tähetornist, mis asuvad nii kõrgel, et seal pea alati viibid pealpool pilvi. On siis päikese uurimiseks iseärased

tähetornid? Päike on kinnistäht nagu kõik teised, ja kinnistähti teame meie sadasid miljoneid! Kuidas tullakse sellele, ehitada tähetorne, kus päikese uurimine on peaülesandeid.

Asi on küllalt lihtne. Kõik kinnistähed on ühetaolised taevakehad, aga mitmesugustes arenemisjärgkudes. Meie tunneme valgeid tähti (kõige kuumemad), kollaseid (vähema temperatuuriga) — nende hulka kuulub meie päike — ja punaseid tähti (kõige jahedamad). Kõik need mitmesugused tähetüübid on uuritud spektraalanalüütiliselt.

Palju on valge ette toonud tähtede spektraalanalüütiline uurimine, aga päike on täht, mis on meile võrratu palju ligemal kui kõik teised kinnistähed. Päikese pinnal tunneme üksikasju, mida ei saa millalgi vaadelda teistel kinnistähtedel. Päikesespektris leiame tumedaid jooni sada korda suuremal arvul kui tuntud kinnistähtede spektris. Seepärast on selge, et päikese uurimine võimaldab valgust heita kogu kinnistähtede-ilma, mida meile iialgi ei saaks pakkuda teiste kinnistähtede uurimine. Seepärast on kerge aru saada, et päikese uurimine on tähtsamaid ja huvitavamaid astronoomia ülesandeid.

Kalendriprobleem.

Nädalapäevade kindlaksmääramine.

(Väike arvutamis-ülesanne.)

Suur osa kalendrireformi ettepanekuid, mis aeg-ajalt üles kerkivad, võib kergesti eemaletõukavalt mõjuda kõigile neile, kellel tihti on tegemist kalendriküsimustega. Nende ettepanekute suure osa, et mitte ütelda enamuse, pidevus puruneb nimelt selles ainsas punktis, milles meile kalender esitab järjekindlat kinnihoidu kord jäädavalt kindlaks määratud arvamisperioodist: kindlast nädalapäevade järjestikust.

Muutub aasta pikkus, samuti aastasaja pikkus. Suur hulk pühapäevi on igal aastal ise kuupäeval, ja ka alati matemaatilise karvapealsusega korduvad astronoomilised nähtused, nagu kevadine ja sügisene öö-päeva ühepikkus, suvine ja talvine pööripäev, langevad mitmesugustele kuupäevadele. Ainult üks jääb püsima ega muutu iialgi: nädalapäevade arvamine. Meie katsume selles väikeses artiklis näidata, missugune tähtsus on mainitud asjaolul selleks juhuseks, kui tahetakse kindlaks määrata ajalooliste sündmuste või astronoomiliste nähtuste nädalapäevi.

Kui astronoomilistes õperaamatutes tahetakse tutvustada selle probleemiga, nädalapäevade kindlaksmääramisega, tulevikus või minevikus, siis jõutakse enamasti ikka meetodite juurde, mis eeldavad tabelite tundmist — näiteks sellased

pühapäevade kindlaksmääramiseks — ja need on käepärast igatahes ainult harukordseil juhtudel.

Enamikule on kahtlemata tundmata, et see ülesanne on lahendatav igaühel ilma arvude tabelita ja ilma muude eelteadmisteta peale paari lihtsa tõsiasja, mida kunagi ei unustata, kui ainult vaevaks võetakse läbi teha paar-kolm näidet.

Me teame, milline on Gregorianuse kalender. Kolmes üksteisele järgnevas aastas on alati 365 päeva, igas neljandas (niisugused, mille aasta-arv on jagatav 4-ga ilma jäägita) 366 päeva. Erandi sellest moodustavad teatud terved aastasadajad (nagu 1500, 1700, 1800, 1900, 2100...) mille aastaarv, moodustuv kahest esimesest numbrist, ilma jäägita neljaks ei jagune. Neis aastais on samuti ainult 365 päeva, kuna muud täis-aastasade aastad (1600, 2000) on 366 päeva pikad. See on maksev ainult Gregorianuse kalendri maksmapaneku ajast peale. Katoliku maades sündis see 1582. a., kusjuures lugemisel vahele jäeti 10 päeva, nii et 4. oktoobri-le lasti järgneda 5. asemel 15. oktoober. Järgmised arvutamised maksavad ainult maade kohta, kus Gregorianuse kalender vastu võeti juba 1582. a. Kui tahaksime toimetada vastavaid arvutamisi teiste maade kohta, siis tuleks neid aastast 1582 kuni selle ajani, mil seal sisse seati Gregorianuse kalender, veidi muuta.

Meie ajaarvamine algab 1. aasta 1. jaanuariga. Esimene aastasada lõpeb 100. aasta 31. detsembriga jne., ja öeldu abiga võime kohe valmistada tabeli, mis näitab päevade arvu meie ajaarvamises iga üksiku aastasaja kohta, kui ainult silmas peame, et kuni Gregorianuse kalendri vastuvõtmiseni maksis meil Julianuse kalender aastasadadega, mille kohta ilma erandita käis juhis, et igal 4. aastal on 366 päeva, kõigil teistel 365, nii et aastasaja päevade arv on muutumatult $100 \times 365 + 25 = 36\,525$.

Päevade arvu tabel igal aastasajal alates meie ajaarvamise algusest:

Aasta	1	Jaanuar 1. — aasta	100	Dets. 31.	36 525	päeva
"	101	"	"	200	"	36 525
"	201	"	"	300	"	36 525
"	301	"	"	400	"	36 525
"	401	"	"	500	"	36 525
"	501	"	"	600	"	36 525
"	601	"	"	700	"	36 525
"	701	"	"	800	"	36 525
"	801	"	"	900	"	36 525
"	901	"	"	1000	"	36 525
"	1001	"	"	1100	"	36 525
"	1101	"	"	1200	"	36 525
"	1201	"	"	1300	"	36 525
"	1301	"	"	1400	"	36 525
"	1401	"	"	1500	"	36 525
"	1501	"	"	1600	"	36 515 ¹⁾
"	1601	"	"	1700	"	36 524
"	1701	"	"	1800	"	36 524
"	1801	"	"	1900	"	36 524
"	1901	"	"	2000	"	36 525
"	2001	"	"	2100	"	36 524
"	2101	"	"	2200	"	36 524
"	2201	"	"	2300	"	36 524
"	2301	"	"	2400	"	36 525

Järg läheb siis alati nõnda edasi, et kolmele aastasajale 36 524 päevaga järgneb neljas aastasada 36 525 päevaga.

Igaüks, kes tähele pannud mainitud põhijooni meie kalendris, võib peast üles kirjutada selle tabeli, ja kogemus näitab, et kõik, kes vähegi arvudega on harjunud ümber käima, need arvud kergesti meeles peavad.

Ja nii tarvitame oma ülesande jaoks veel ainult üht tõsiasja, ja see on: meie ajaarvamise esimene päev, tähendab

1) A. 1582 jäi 10 päeva vahele.

1. aasta 1. jaanuar, oli laupäev ehk arvutamiseks mõnusa-
samal kujul:

Viimane päev enne meie ajaarvamise
algust oli reede.

* * *

Oletame, meil on täna kesknädal, siis on selge, et meil
7 päeva pärast on jälle kesknädal, samuti 7000 päeva pä-
rast; 7005 päeva pärast, s. t. $7000 + 5$ päeva — esmaspäev.
Seadus kõlab: kui ma lähen teatud arvu päevi edasi või
tagasi, ükskõik kui kaugele, siis võin ma möödunud päe-
vade arvust maha tõmmata kõik, mis on jagatav 7,
ja tarviitsen arvesse võtta ainult jääki.

Nii näeme, et lihtaasta oma 365 päevaga nendes arvu-
tamistes $364 + 1 = 52 \times 7 + 1$ annab 1 päeva ja liigaasta oma
366 päevaga — 2 päeva. See tähendab teiste sõnadega,
et kui meil on täna kesknädal, siis leiame lähema
aasta sama daatumi nädalapäeva, minnes edasi ühe päeva,
kui mitte vahele ei tule liigaasta, ja 2 päeva, kui tegemist
on liigaastaga. Meil oleks esimesel juhul neljapäev, teisel —
reede.

Ja nii läheme edasi. Nagu meie selle arvutamise puhul
lihtaasta võime asendada ühega ja liigaasta kahega, nii
võime samal viisil lühendada kõik arvud tabelis. Me
saame näiteks päevade arvu jaoks Julianuse aastasajas
 $36525 = 7 \times 5217 + 6 = 6$, ja üldiselt võime kõigi arvude
jaoks, millega meil siin tegemist, üles seada järgmise lühi-
kese, kuid siiski küllalt täieliku tabeli.

$$365 = 1 \qquad 36515 = 3$$

$$366 = 2 \qquad 36524 = 5$$

$$36525 = 6$$

1. näide. 1900. a. 31. detsember oli esmaspäev —
missugune nädalapäev oli meil 1921. a. 2. jaanuar?

31. 12. 1900 kuni 31. 12. 1920, viimane päev ühes arvatud,
on möödunud

$$\begin{aligned}
 20 \times 365 &= 20 \times 1 = 20 = 6 \\
 &+ 5 \text{ liigpäeva} = 5 \\
 31. 12. 1920 \text{ kuni } 2. 1. 1921 \\
 &\text{ühes arvatud } 2 \text{ päeva} = 2 \\
 \hline
 &13 = 6
 \end{aligned}$$

Nii siis on meil edasi minna 6 päeva. Et alguspäev oli esmaspäev, saame pühapäeva.

2. näide. 1920. a. 31. detsember oli reede. Missugune nädalapäev oli meil 1921. a. 21. mail?

Kuni 31. jaanuarini	31 = 3
28. veebruarini	0
31. märtsini	3
30. aprillini	2
21. maini	0
	8 = 1

1 päev reedest edasi annab laupäeva.

3. näide. Läheme edasi kuni meie ajaarvamise alguseni. Me teame juba, et viimane päev enne meie ajaarvamise algust oli reede, ja tahame kindlaks määrata 1920. a. 31. detsembri nädalapäeva.

Ühes arvatud	31. 12. 1500	= 15 × 36	525	= 15 × 6	= 1 × 6	= 6
edasi kuni	31. 12. 1600	= 36	515			= 3
„ „	31. 12. 1900	= 3 × 36	524	= 3 × 5	= 15	= 1
„ „	31. 12. 1920	= 20 × 365	+ 5	= 20 × 1	+ 5	
		= 6	+ 5	= 11		= 4
						14 = 0

1920. a. 31. detsember on seejärel reede!

Nii lihtne on asi!

Moodsa kinnistähtede-astronoomia põhimõisted.

I.

Enam kui kaks aastatuhandet oli meie päikesesüsteemi kehade uurimine astronoomia peaprobleemiks. Tänapäev kulub suurem osa astronoomilist tööd kinnistähtede-süsteemi uurimisele, ja on kindel, et astronoomia praegusel ajal oma suuremat arenemisperioodi läbi teeb. Pea iga päev toob uusi meetodeid, uusi vaatepunkte, uusi tulemusi. Enamik, kes, ilma et ta ise osa võtaks teaduslikust tööst, põleva huviga püüab jälgida astronoomia võidukäiku, võib kergesti ära eksida uuesti loodud mõistete ja definitsioonide põlisesse metsa. Astronoomiliste uurimistulemuste populaarsed ülevaated, mis mõne aastakümne eest astronoomia õppimisele hea aluse panid, on tänapäev aga puudulikud, sest et lugeja sealt veel ainult väikese osa põhimõisteid leiab, millele on ehitatud moodis kinnistähtede-astronoomia.

Mõned neist mõisteist toetuvad niisugustele kinnistähtede omadustele, mida võib kindlaks määrata otseste vaatluste teel. Omadusi, mis seisavad ühenduses teistega, võime tuletada ainult kaudsel teel.

Me jaotame seepärast kinnistähtede omadused, mis järgnevas peaosas mängivad, kahte rühma:

A. Omadused, mis järgnevad otseselt vaatlustest. Tähtsamad on:

1. Tähe nähtav seis taevavõlvil. Seda väljendatakse kahe koordinaadi abil, mida nimetatakse kauguseks ja kaldeks ja märgitakse α ja δ -ga.

2. Tähe kaugus meie päikesesüsteemist (päikesest).

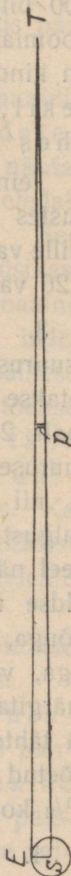
Väljendada võib seda näiteks maakera tee raadiuses kui ühikuis. Et siin tähtede suure kauguse pärast arvutada tuleb suurte ebameeldivate arvudega, võeti tähtede kauguse jaoks juba aegsasti tarvitusele teine väljendusviis. 6. joonises näeme päikest (S), maakera teed ja üht tähte (T).

Tähe kauguse asemel päikesest anname nurga (maakera-täht-päike), mille all nähakse maakera tee pool-läbimõõtu kõnesolevalt tähelt. See nurk on kinnistähtede-astronoomia tähtsamaid mõisteid ja seda nimetatakse parallaxiks. Väljendatakse seda kaaresekundites ja märgitakse järgnevas tähega p . Et see nurk on väljendus selleks, et maakeralt nähakse sama tähte mitmesugustes suunades, selle järele, missugusel teepunktil asub maakera, siis võidakse parallaksi kindlaks määrata sel teel, et vaadeldakse tähe nähtavat seisutaevas mitmesugustel aasta-aegadel. Kõikumised on väga väikesed ja suurim tuntud parallaks on, nagu näeme pärast, mitte rohkem kui $\frac{3}{4}$ kaaresekundit, ja selle tagajärg on, et kinnistähtede parallakside kindlaksmääramine on väga raske ülesanne.

Selle nõndanimetatud aastase parallaksi teel tähtede juures taevavõlvil ilmsikstulevaid edasi-nihkeid on seni korda läinud ainult paarisaja tähe kohta ära mõõta, ja enamasti on needki tulemused väga ebakindlad.

Viimseil aastail läks korda kinnistähtede parallakside kindlaksmääramiseks uusi meetodeid tarvitusele võtta. Nendest meetoditest, mis seisavad hoopis uutel alustel, kõneleme järgnevas osas.

Et saada ülevaadet, määrame siinkohal kindlaks, et parallaks $1''$ (üks kaaresekund) vastab umbes 200 000 maakera-tee raadiusesele, parallaks $0,1''$ — umbes 2 000 000 maa-



6. joonis.
Parallaks.

kera-tee raadiusele ja 0,01" ligikaudu 20 000 000 maakera-tee raadiusele. Tahaksime seda vahet koguni kilomeetrites väljendada, siis saaksime järgmised arvud: 30 biljonit, 300 biljonit, 3000 biljonit kilomeetrit. Kinnistähtede-astro-noomiasse on toodud mitmesugused kauguseühikud, aga on kindel, et kõik astronoomid aja jooksul ühinevad parsekil, see on kaugus, mis vastab parallaksile ühes kaaresekundis.

Teine kauguseühik, mida enamasti populaarsetes kirjeldustes tarvitatakse, on valgus-aasta, see on kaugus, mille valgus ära käib ühe aasta jooksul. Üks parsek sisaldab 3,26 valgusaastat.

3. Tähe nähtav valgusjõud. Seda väljendatakse „suurusejärkudes“ 0, 1, 2... jne. Suurusejärkude all mõistetakse seda, et teatud suuruse täht saadab välja $2^{1/2}$ (täpsamalt 2,512) korda enam valgust kui järgmise kõrgema suurusejärgu täht. „Suurus“ (suurusejärk) märgitakse m :ga, ja nii saadab meile täht 3^m suuruses $2^{1/2}$ korda enam valgust kui täht 4^m suuruses jne. Tähed, mida hea silmaga veel nähakse, on 6^m . Kõige valgusevaesemad tähed, mida üldse uuritud, on 17—18 m , ja nüüdse aja suurema abi-nõuga, aastal 1917 Mount Wilsonis ülesseatud suure reflektoriga, võib pildistada tähti kuni üle 20 m . Suurusejärgud märgitakse murdosades, kümnendikkudes ja sajandikkudes, ja tähtede jaoks, mis on heledamad kui 0,0 m , on tarvitusele võetud negatiivsed suurused. Täht 1,0 suuruses on seega $2^{1/2}$ korda heledam kui täht, mille suurus on 0,0, jne.

4. Tähespekter. Tähespektrid jagatakse üksikuiks peajärkudeks (tüüpideks). Meie käsitleme selles peatükis ainult 3 peatüüpi, tüüp I, tüüp II ja tüüp III, mis vastavad peaaesjalikult valgetele, kollastele ja punastele tähtedele. Selle üle kõneleme vähe põhjalikumalt järgmises osas.

B. Omadused, mida võidakse kindlaks määrata või mis vähemalt seni on kindlaks määratud ainult kaudsel teel. Tähtsamad neist on:

5. Tähe tõeline seis ruumis. Punkt 1. kõnelesime tähe nähtavast seisukohast taevavõlvil, punkt 2. tema kaugusest meilt. On selge, et kui tunneme neid mõlemaid suursi, võime välja arvutada tähe seisukoha ruumis päikese suhtes.

6. Tähe absoluutne valgusjõud. 3. punktis kõnelesime nähtavast valgusjõust, vaadates meie seisukohast. Nüüd on selge, et võime nähtavast valgusjõust ja kaugusest välja arvutada, kui heledalt paistaks meile täht mingisuguses teises kauguses. See on arvutatav äärmiselt lihtsa valemi abil, sest füüsikast teame, et nähtav heledus on vastupidi-proportsionaalne kauguse ruudule. Näiteks võime ära määrata, kui heledalt paistaks meile mingi täht, kui ta oleks meist päikese kaugusel. Teiste sõnadega, me võime ära määrata tõelise valgusjõu — võrreldes päikesega — ja seda mõistet, tähe valgusjõud, väljendatud päikesevalguse ühikutes, nimetame absoluutseks valgusjõuks. Ka siinjuures tarvitame tähe parallaksi. Päris uutest meetoditest tähtede absoluutse valgusjõu kindlaksmääramisel kõneleme järgmises lõikes.

Stellaarastronoomilistes töodes tarvitatakse absoluutse heleduse väljendamiseks enamasti siiski teist meetodit.

Nagu teaduslikkudes käsitlustes alati tähtede „suurusest“ kõneldakse ja mitte kunagi heledusest, siis panakse harilikult ka absoluutse valguse asemele „absoluutne suurus“, mida defineeritakse kui „suurust“, millena paistaks täht, kui see viidaks, jättes muutmata selle tõelise valgusjõu, ühe parseki kaugusele.

Olgu siin kohe toonitatud, et absoluutne valgusjõud ega absoluutne suurus ei ole milgi kombel otsekohene mõõt tähe dimensioonide jaoks. Sest valgusehulk, mida täht välja saadab, oleneb mitte ainult tema pinna suurusest, vaid ka tähe füüsilisest seisukorrast, spektraaltüübist.

* * *

Missugune tähendus on täheparallaksi mõistel astro-
noomias, on eelmises küllalt selgeks tehtud. Me tähenda-
sime juba, et seni tuntakse mõnesuguse kindlusega ainult
väga vähe täheparallakse võrreldes tähtede arvuga, mille
tuntud kaugus ja kalle. Kindlaks on määratud ainult suu-
rimad parallaksid, mis vastavad kõige vähemale kaugu-
sele päikesest, ja need kuuluvad seega meie ligema ümb-
ruse tähtede hulka (vaata allolev tabel).

Ligemate tähtede tabel.

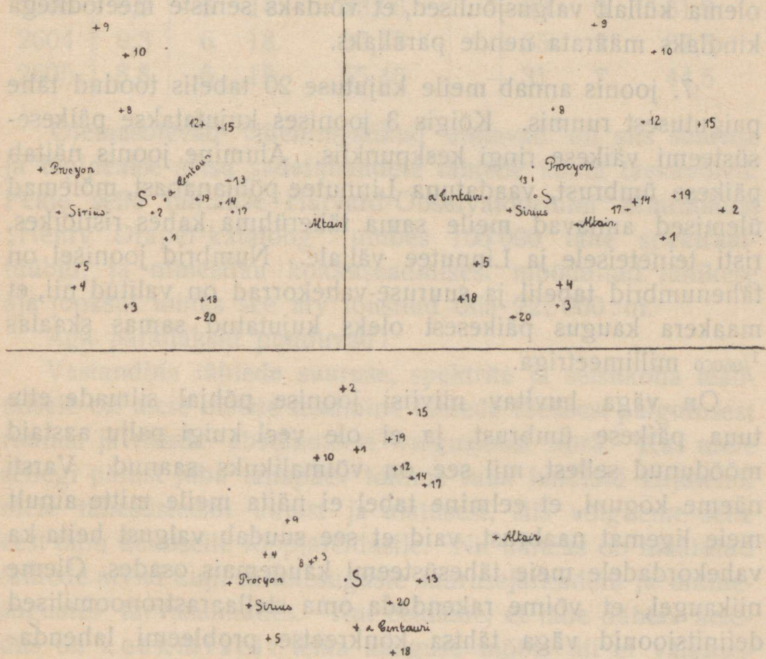
N ^o	N i m i	<i>m</i>	<i>p</i>	<i>L</i>	<i>Sp</i>	Kaugus päikesest kilomeetrites
1	—	8,2	0,28"	0,010	III	110 biljonit
2	η Cassiopejæ	3,6	0,20	1,4	II	154 "
3	τ Ceti	3,6	0,33	0,50	II	93 "
4	ε Eridani . . .	3,3	0,31	0,79	II	99 "
5	—	8,3	0,32	0,007	II	96 "
6	Sirius	-1,6	0,38	48,0	I	81 "
7	Prokyon	0,5	0,32	9,7	II	96 "
8	—	7,6	0,40	0,009	III	77 "
9	—	8,9	0,20	0,011	III	154 "
10	—	9,2	0,20	0,008	—	154 "
11	α Centauri . .	0,3	0,76	2,1	II	40 "
12	—	9,3	0,27	0,004	II	114 "
13	—	9,6	0,50	0,00091	III	61 "
14	—	8,8	0,29	0,006	II	106 "
15	σ Draconis . .	4,8	0,20	0,5	II	154 "
16	α Aquilæ . . .	0,9	0,24	12,3	I	128 "
17	61 Cygni . . .	5,6	0,31	0,10	II	99 "
18	—	4,7	0,28	0,25	II	110 "
19	—	9,2	0,26	0,005	—	118 "
20	—	7,4	0,29	0,019	III	106 "

Mitmesugused lahtrid tabelis tähendavad:

1. Tähe number.
2. Tähe nimi.
3. Tähe suurus suurusejärkudes.

4. Parallaks kaaresekundites.
5. Absoluutne valgusjõud (päike = 1).
6. Spektraaltüüp.
7. Ligikaudne kaugus päikesest kilomeetrites.

Selles tabelis (Eddingtoni järele: *Stellar movements and the structure of the universe*) on antud tähtsamad andmed ligemate kinnistähtede kohta. Tabel sisaldab kõik



7. joonis. Päikesesüsteemi lähem ümbrus.

tuntud tähed, mille parallaks on 0,20" või suurem, s. t. kõik tuntud tähed, mis asuvad kera sees, mille keskpunktiks on päike ja mille raadius võrdub 5 tähekaugusega ehk umbes miljoni maakera-tee raadiusega. 13. täht tuli juurde peale Eddingtoni raamatu ilmumist. Tabel ja teda tõlgitsev 7. joonis on valmistatud mõnede aastate eest ja ei vasta

seepärast mitte igas punktis meie praegustele teadmistele. Siiski ei tähenda see meile siin midagi.

Ei või nõuda, et seda üle 0,20" parallaksiga tähtede nimestikku täielikuks peetaks. Huvitava arvutamise abil, mida aga tema keerulisuse tõttu siin raske edasi anda, tuli Eddington otsusele, et meie keraruumis, mille raadius on miljon maakera-tee pool-läbimõõtu, leidub peale 20 ettetoodud tähe arvatavasti veel 10 teist, mis peaksid olema küllalt valgusjõulised, et võidaks seniste meetoditega kindlaks määrata nende parallaks.

7. joonis annab meile kujutuse 20 tabelis toodud tähe paigutusest ruumis. Kõigis 3 joonises kujutatakse päikesesüsteemi väikese ringi keskpunktis. Alumine joonis näitab päikese ümbrust, vaadatuna Linnutee põhjanabast, mõlemad ülemised annavad meile sama täherühma kahes ristlõikes, risti teineteisele ja Linnutee väljale. Numbrid joonisel on tähenumbrid tabelil ja suuruse-vahekorrad on valitud nii, et maakera kaugus päikesest oleks kujutatud samas skaalas $\frac{1}{25000}$ millimeetriga.

On väga huvitav niiviisi joonise põhjal silmade ette tuua päikese ümbrust, ja ei ole veel kuigi palju aastaid möödunud sellest, mil see on võimalikuks saanud. Varsti näeme koguni, et eelmine tabel ei näita meile mitte ainult meie ligemat naabrust, vaid et see suudab valgust heita ka vahekordadele meie tähesüsteemi kaugemais osades. Oleme niikaugel, et võime rakendada oma stellaarastronoomilised definitsioonid väga tähtsa konkreetse probleemi lahendamiseks.

Meie tabel andis meile ülevaate meie naabrustähtede tähtsamaist arv-väärtusist. Aluseks oli parallakside määramine, s. t. nende tähtede kauguse teadmine meilt.

Nagu juba nimetatud, on parallaksid tuntud ainult häviväikese arvu tähtede jaoks. Tähenimestikus puudub seepärast tähtis suurus: parallaks ja kõik omadused, mis sellest võidakse tuletada.

Järgmine väike tabel on skemaatiline väljavõte tüübilisest tähenimestikust. Toodud nimestik mahutab kõik teatud taevavööli leiduvad tähed kuni 9. suuruseni.

N_2	m	α			δ		
2601	8,5	6 ^k	17 ^m	58,70 ^s	+ 33°	11'	34,8"
2602	7,5	6	18	13,01	+ 34	4	42,3
2603	9,2	6	18	23,06	+ 30	0	51,9
2604	9,3	6	18	30,78	+ 35	2	37,3
2605	8,8	6	18	55,40	+ 31	7	44,5

Olemasolevad tähenimestikud annavad nii siis suuruse ja täpise seisuga sadatuhandete tähtede kohta taevavöölil. Peale selle tuntakse Harvard-Observatooriumi nimestikust „Henry Draper-kataloog“ umbes 105 000 tähe spektraaltüübid, ja nimestiku kokkuseadmisest möödunud lühikese aja jooksul tohiks see arv tõusnud olla 222 000:ni.

Aga parallaksid puuduvad!

Vastandina tähtede suuruse, spektrite ja seisukoha teadmisele on meie otsene teadmine tähtede tõelisest paigutusest ruumis ja nende absoluutsest valgusjõust nõrk. Kui meie sellegi pärast juba tänapäev tohime luua kindlaid kujutelmisid meie tähesüsteemi kujust ja ulatusest, siis võlgname selle eest tänu kaudseile lõppjäreldele. Nii näiteks on määratud tähtede arvud kuni mitmesuguste suurusejärkudeni ja mitmesugustes taevasuunades. Kui eeldame, et tähe nähtav heledus on keskmiselt tema kauguse mõõt, nii et valgusvaesemad tähed on harilikult kõige kaugemad, siis võidakse sel teel luua teatud pilt meie tähesüsteemi kujust ja ulatusest.

Aga me näeme varsti, kui ettevaatlik peab olema säärase üldistamisega.

Oletus, et tähtede nähtav heledus kujutab nende kauguse mõõtu, on küll üldiselt õige seni, kui tegemist teeme väga suure tähtede arvuga, nii et jutt on ainult keskvaartusest. Aga see meetod ütleks täielikult üles, kui tahaksime seda

tarvitada üksikuil juhtudel. Sest tähe nähtav heledus ei olene mitte ainult tema kaugusest meilt, vaid ka tema kogust ja füüsilisest seisukorrast (värv, spektraaltüüp, arenemisjärk).

Ja nii jõuame punktini, milleni võib tulla — ja on varemini tulnudki — tähenimestiku statistiliste keskväär-tuste uurimise põhjal ja kus loodi hoopis vale ettekujutusi meie tähesüsteemi vahekordadest.

See on mitmesugustesse spektraalklassidesse kuuluvate tähtede relatiivse tiheduse küsimus. Kui tähenimestiku järele esitatakse mitmesuguste spektraaltüüpide tiheduse statistika, saadakse tulemus, et III tüübi tähed moodustavad ainult $\frac{1}{15}$ kogu arvust. Sellevastu näitab meie väike ligemate tähtede nimestik umbes $\frac{1}{3}$ kuni $\frac{1}{4}$ III tüübi tähti! Edasi näitavad I tüübi alajaotuse nimestikud, mis ka meie tabelis esitatud, sama arvu kui II tüübi tähed, kuna meie tabel tähtede arvudes näitab vahekorda $1:5\frac{1}{2}$!

Mis see tähendab? On's väikesel tähe kogul meie päikese läheduses teine segamis-vahekord kui harilikult? Ei! Meil ei ole mingit põhjust oletada, et lähemad tähed moodustavad iseärase valiku. Seletus aga on väga lihtne ja põhjeneb tähenimestiku omapärasusel. I tüüp kujutab valgeid ja absoluutselt heledaid tähti, III tüüp punaseid ja keskmiselt absoluutselt nõrku tähti. See tähendab, et esimese tüübi tähti nähakse ka veel suures kauguses, kuna III tüübist märkame keskmiselt ainult üksikuid meile lähedal seisvaid eksemplare. See tähendab teiste sõnadega, kui meie läbi viime tähtede kõrvutamise kuni teatud suuruse järkudeni, siis esinevad valged tähed suuremal, punased — vähemal arvul kui vastab nende tõelisele segamis-vahekorrale ruumis. Tähenimestikud on kõik enam-vähem kõrvutamised kuni ühe teatud suuruse järguni, kuna meie tabel on kokku seatud otseste kaugusemääramiste järele, ja me võime seepärast uskuda, et see tabel ainult oma 20 tähega meie kinnistähtede-süsteemi vahekorrast parema pildi suudab anda kui sadatuhandete tähtedega nimestikud.

Eelmises osas kõnelesime astronoomilisist mõisteist, mis käsitlevad nähtavat kinnistähtede kohta taevavõlvil ja nende tõelist asetust ruumis. Edasi kõnelesime tähtede absoluutsest ja nähtavast heledusest ja puudutasime ka spektraaltüüpide küsimust.

Käesolev peatükk peab käsitlema tähtede nähtavat paigutust taeva all, nende omaliikumist ja nende massi. Tahame tungida vähe sügavamale nende füüsilistesse ning keemilistesse omadustesse ja lühidalt valgustada moodsaid stellaar astronoomilisi meetodeid, mis kaasa aitavad astronoomilise peaprobleemi, kogu meie tähesüsteemi ehitusküsimuse lahendamiseks.

* * *

Vanem meetod, kindlaks määrata tähtede paigutust ruumis, on pärit William Herschelilt. See põhjeneb tähtede lugemisel mitmesuguses heleduses ja mitmesugustes taevaosades.

Oletusel, et tähtede nähtav heledus suures enamuses on nende kauguse mõõt, saame nüüd kindla ettekujutuse tähtede tõelisest paigutusest ruumis. Et seesugune hüpotees üksikjuhtumustel viib vale tulemusteni, teame eelmisest peatükist, aga ei ole mingit kahtlust selle kohta, et teda statistiliselt võib tarvitada, kui on tegemist väga suure tähtede arvuga.

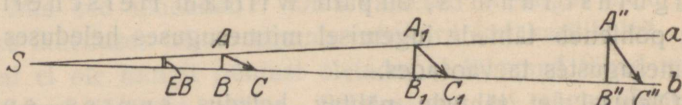
William Herscheli uurimusi jätkasid John Herschel, W. Struve, O. Struve ja teised. Nende vanemate uurimuste peatulemused on kõige esiteks järgmised kaks: 1. Tähed korralduvad Linnutee keskväljale peamiselt sümmeetriliselt. 2. Kiiruse põhjal, millega heleduse kahanemisel tähtede arvud kasvavad, võidi ligikaudu kindlaks määrata meid ümbritseva tähesüsteemi-osa kuju ja ulatust.

Uurimisi jätkasid hiljemini peamiselt v. Seeliger ja Kapteyn, kasutades osalt teisi ja uuemaid vaatlemistulemusi.

Tähtede liikumine.

1. Omaliikumine. Kõik tähed liiguvad ruumis, igaüks talle omase kiirusega. Omaliikumiseks (lühendatult OL) nimetatakse tema nähtavat liikumist taevavõlvil, nii kuidas see meile paistab. See määratakse nõnda kindlaks, et võrreldakse tähe seisukohti (kauguse ja kalde järele) mitmesugustel aegadel. See väljendatakse kaaresekundites aasta kohta. Enamiku tähtede suure kauguse pärast meilt on see paljudel juhtudel nii väike, et selle kindlaksmääramiseks oleks tarvis aastatuhandeid või veel suuremaid ajavahemikke. Suurem tuntud omaliikumine on umbes 10 kaaresekundit (muidugi aastas).

2. Radiaalkiirus. Spektroskoobi abil võime kindlaks määrata tähe liikumist meile liginevas või meilt kaugavas sihis, s. t. tema liikumist vaatejoones.



8. joonis. Vahekord omaliikumise, radiaalkiiruse, kauguse ja liikumissihhi vahel.

Mõõtmine põhjeneb nõndanimetatud Doppleri printsiibil, mis ütleb, et ühe valgusallika liikumine meie poole või meilt ära kutsub esile spektraaljoonte kohaltnihkumise, esimesel juhusel spektri violetsesse, teisel aga punasesse külge. Radiaalkiirust mõõdetakse kilomeeter-sekundites. Liikumine meilt ära arvatakse positiivselt (märk +), meie poole negatiivselt (—). Vaatlused annavad radiaalkiiruse maakeral asuva vaatleja suhtes. Et saada kiirust päikeses suhtes, peab arvutuslikult juurde võtma maakera liikumise, mida meie iga silmapilk teame.

Kui tunneme ühe tähe omaliikumist ja radiaalkiirust, kas on meile siis tuntud ka tema tõeline liikumine ruumis päikesesüsteemi suhtes? Ei!

Vaatleme 8. joonist. S on päike, nurk aSb märgib ära OL (joonisel EB), see tähendab kaare taevavõlvil, mille täht nähtavasti ühe aastaga ära käib. Omaliikumine ütleb ainult, et täht ühe aasta jooksul mõnelt vaatejoone Sa punktilt mõnele joone Sb punktile edasi on liikunud. Oleme nüüd mõõtnud ka radiaalkiiruse (ümber arvatud kilomeeter-aastaise), siis tähendab see, et täht rändab vaatejoones aasta jooksul teatud teosa, näit. teosa BC või B_1C_1 või $B''C''$ või mõne teise osa pikkusest BC . Võtame omaliikumise ja radiaalkiiruse kokku, siis teame ainult, et täht ühe aasta jooksul pikkuse AC või A_1C_1 või $A''C''$ või mõne teise pikkuse joonelt Sa joonele Sb on rännanud, kui ainult vahe BC pikkuse järele muutumatuks jääb. Me näeme, et meil on piiramata arv liikumisvõimalusi niihästi tõelise suuna kui ka tõelise kiiruse jaoks.

Aga kui me peale omaliikumise ja radiaalkiiruse veel tähe kaugust (parallaksi) teame, siis näeme joonisest kohe, et oleme kindlaks määranud tema tõelise liikumise suuna ja suuruse.

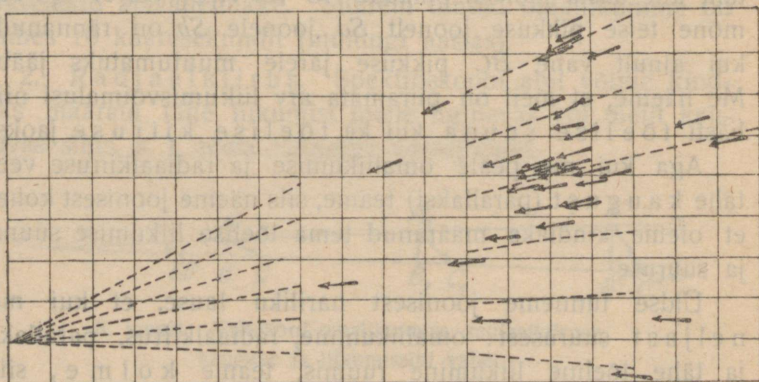
Üldse tunneme joonisest hariliku lause, et kui me neljast suurusest: omaliikumine, radiaalkiirus, parallaks ja tähe tõeline liikumine ruumis, teame kolme, siis võime arvutamise teel leida neljanda.

On juba näidatud selle lause tüübilisem erijuht, kus tuntakse omaliikumist, radiaalkiirust ja parallaksi (mis sagedasti juhtub), siis võib täielikult kindlaks määrata tähe tõelist liikumist. Aga eespool-toodud lausel on veel üks erijuht, mis moodsas stellaarastronoomias äärmiselt tähtsat osa on mänginud.

Täherühmade seas, mis iseäranis huvitavad nüüdse aja stellaarastronoomiat, leidub ka täherühmi ühise liikumisega (*moving clusters*). Need on teatud arvulised täherühmad seesuguse liikumisega, mis ei luba mingit kahtlust selle kohta, et tähed kuidagi viisi orgaaniliselt ühte kuuluvad. Nende rühmade hulgas leiduvad peale teiste Hüaadid.

Ameerika astronoom Lewis Boss näitas a. 1908, et suur arv Hüaadtähti on ühise süstemaatilise liikumisega. 9. joonis kujutab seda olukorda.

Nooled annavad 41 Hüaadtähe jaoks vaadeldavad oma liikumised, ja üks pilk joonisele näitab, et need nooled on sihitud ühte ja samasse punkti. Seda Hüaadtähtede korrapärase nähtavat liikumist võidi seletada kahel viisil. Kas valguvad tähed tõesti ühte punkti ruumis või on neil rööbasliikumine ruumis (matemaatiliselt on viimane ainult esimese erijuht, sest rööbasliikumise puhul kohtavad



9. joonis. Hüaadide omaliikumine.

kõik tähed ühes punktis, mis asub lõpmata kaugel). Et sellane tähtedele omane rööbasliikumine just säärase mulje peab esile kutsuma — nähtav rändamine ühise punkti poole taevavõlvil (mingi lõpmata kauge punkti poole ruumis) — järgneb otsekohe analoogiast raudtee-rööbastega, mis näivad kokku jooksvat kuskil kaugel punktis. Oletust, et kõik ühe rühma tähed tõesti peaksid kokku jooksuma ühte punkti lõpmatuses, peab muidugi võtma kui äärmiselt eba-tõsinäolist ja nii jääb tõepoolest ainult võimalus, et Hüaadrühma tähed omavad ruumis ühetaolist ja rööbiku liikumist. Sellest järgneb aga ka, et me tunneme Hüaadide

tõelist liikumissuuna. Oletame, et vaatleme mõnel täheselgel õhtul helendavat Hüaadide rühma. Tüki maad selle eemal taevavõlvil asub punkt, kus nende omaliikumised kokku jooksevad. - Kujutame nüüd meie silmist selle punkti tõmmatud joont, siis peaks see olema rööbik Hüaadtähtede liikumisele. Nüüd oleme sihil ja tunneme Hüaadide tõelist liikumissuuna. Aga me tunneme ka nende omaliikumist ja osalt on mõõdetud ka radiaalkiirused, ja seega võime siis kindlaks määrata nende parallaksid. See on uuemaid parallaksmeetodeid, teistes kõneleme veel pärast.

Päikesesüsteemi liikumine kinnistähtede hulgas.

Et mõista, kuidas võib kinnistähtede omaliikumise järele otsustada päikesesüsteemi liikumist nende hulgas, kaalume kõige esiteks kaht kujuteldud erijuhtu.

Oletame, et kõik kinnistähed on võrreldes üksteisega paigal ja liigub ainult päike nende hulgas. Kuidas esineksid tähtede omaliikumised taeva all? Loomulikult järgmisel viisil: täht, mis asub meilt suunas, mille poole liigub päike (päikesesüsteemi a p e k s), peaks silmanähtavalt taevavõlvil paigal seisma. Samuti ka täht, mis asuks talle diametraalselt vastupidi (a n t i a p e k s i s), s. t. suunas, kust päike tuleb. Kõik teised tähed peaksid taeval aja kestes nähtavasti a p e k s i s t ä r a a n t i a p e k s i poole liikuma, muidugi isesuguses suuruses „omaliikumisega“, selle järele, kas nad asuvad meilt vähemas või suuremas kauguses.

Kujutleme vastupidist juhtu: päike seisaks kogu oma süsteemiga kinnistähtede suhtes paigal ja kõik teised tähed liiguksid, igaüks oma teatud suunas ja oma kiirusega, ilma mingisuguse tuntava seaduspärasuseta. Selle tulemus oleks meil: järgneksid tähtede omaliikumised täiesti korratult läbi-segi kõigis suunades.

Tõepoolest on aga seisukord järgmine: Meie süsteemi kinnistähed liiguvad kõik, ja ka päike ei ole ses suhtes erand.

Tulemus on siis järgmine:

1. Tähed näitavad omaliikumist kõikides võimalikkudes suunades taeval, aga:

2. On olemas ühine kogutee apeksist antiapeksini. On ilma pikemata selge, et sellest süstemaatilisest tähtedeteest võib ära määrata apeksi ja antiapeksi seisukoha.

On teada, et päikese liikumise sihtpunkt on Herkulese tähtkujus. Aga eelöeldust järgneb ka, et apeksi seisukoht oleneb tähtedest, mille omaliikumisi kasutati, ja ei ole imeks panna, et mitmesuguste vaatlemisainete tarvitamisel saadakse apeksväärtused, mis tunduvalt üksteisest lahku lähivad (kõik liikumine on relatiivne).

Edasi on selge, et saadakse päikesesüsteemi kiirus (kilomeeter-sekundites), kui võetakse arvutamise aluseks tähtede radiaalkiirus omaliikumiste asemel.

Tähtede massid.

Meie teadmised tähtede massidest (väljendatud enamalt jaolt päikese massis kui ühikus) põhjenevad lõplikult kahekeha-probleemi seaduste tarvitamisel kaksitähtede-süsteemi liikumises. Üks praeguse aja astronoomia peatulemusist on lause, et kinnistähete massid on suurel määral samasugusest suurusejärgust. Eddingtoni poolt selle lause kohta antud seletuse üle, mis oli kaua aega suureks mõistatuseks, loetagu peatükki Scyllast ja Charybdisest selles raamatus.

Kinnistähete spektrid.

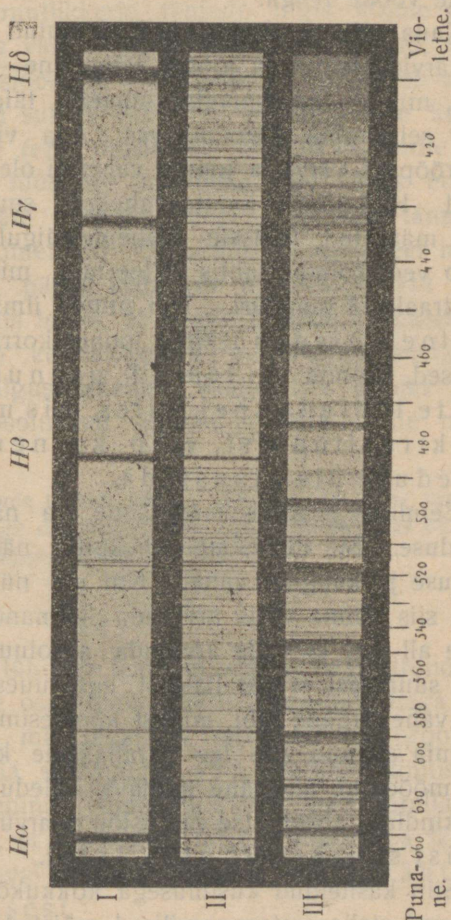
10. pildil on antud Secchi spektraalklasside jaotusest kolm peatüüpi. I tüüp vastab umbkaudu valgetele, II kollastele, III punastele tähtedele.

Spektri all antud arvurida tähendab valguslainete pikust miljondikkudes millimeetrites vastavail kohtadel spektris.

Neid kolme tüüpi iseloomustavad peamiselt kaks momenti:

1. Värvide jaotus spektris: III tüübi juures on sinine osa väga nõrk, II juures esineb see juba tugevamini ja I tüübi juures on kõik värvid tugevasti esitatud. Seega on loomulikult ühenduses ka nähtav tähtede värv (punane, kollane, valge). Joonises ei olnud võimalik edasi anda värve, võis märkida ainult valgusjõu varjundeid.

2. Tumedate spektraaljoontevälimus ja nende paigutus spektris. I tüübi juures valitsevad eeskätt vesinikujooned: $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$, $H\delta$ joonte seeria, mida sünnitab vesinik ja mis järgnevad üksteisele (punasest violetse poole) järjest väheneva kaugusega. Joonises toodud spektrid annavad pildi sellest, mis näeme oma silmaga visuaalses pikksilmas. Kui tähtede spektrid päevapildistada, siis puudub platil harilikult äärmine punane, seevastu jätkub spekter sealpool sinist-violetset. Nii puudub siis $H\alpha$, siiski tulevad



10. pilt. Kinnistähtede spektrite tüübid.

siia juurde edasised vesinikujooned $H\epsilon$, $H\zeta$ jne. II tüübi juures on vesinikujooned vähem selged ja juurde tuleb suur arv teisi jooni (kõige pealt raua ja kaltsiumi). III tüüp näitab niisuguse hulga tihedaid jooni, et spekter sarnaneb laiade vööde reaga.

Kaua usti, et punkt 1 ja 2 all antud mõlemad momendid — värvide jaotus ja joonte esinemine — käivad täiesti käsi-käes, nii et iga omadus omaette täielikult iseloomustab tähe seisukohta arenemisreas. Aga viimasel ajal leiti, et see rööpsus värvi ja joonte vahel ei ole mitte täielikult tõestatud. Küll järgib joonte vahekord suures enamuses värvi läbi määratud üldisele arenemiskäigule, aga siia juurde tuleb veel kolmas tähtis kriteerium, mis iseloomustab tähe spektraalseid omadusi. Tuli nimelt ilmsiks, et tähe absoluutne heledus tekitab joonte korralduses teatud muudatused, nõnda et teatud peenustest mitmesuguste tähtede spektrites, mis muidu on samast spektraaltüübist, võib ka nende absoluutse heleduse üle otsustada.

Eelmises peatükis määrasime ära nähtava ja absoluutse heleduse. Me näitasime vahekorda nähtava ja absoluutse suuruse ja kauguse vahel. Kui me nüüd teame kaks suurust, siis võime välja arvutada kolmanda. Enne oli alati kõne all see, et välja arvutada absoluutset suurust nähtavast suurusest ja parallaksist, aga uuesti ülesleitud spektraal-vahekordade läbi, millest kõnelesime praegu, on astronoomia avanud uue tee parallakside kindlaksmääramiseks. Me mõõdame ühe tähe nähtava heleduse, määrame spektrist kindlaks absoluutse valgusjõu ja arvutame neist mõlemaist suurustest parallaksi.

Siin käsitletud küsimusega kokkukõlas seisavad mitmesugused stellaarastronoomilised mõisted, mis aga selles raamatus mingit osa ei mängi: tähe päevapiltlik suurus ja vahe selle ning nähtava suuruse vahel, s. t. nõnda nimetatud tähe värvidenäitaja, edasi tõeline ja minimaalne lainepikkus. Nende asjade uurimiseks

võime soovitada näit. Newcomb-Engelmanni „Populäre Astronomie“, 6. trükk.

Muutlikud tähed.

Mitmesuguste muutlikkude tähtede liigis võime vahet teha kahe pearühma vahel: subjektiivselt muutuvad, mille juures valgusevariatsioon on ainult nähtav ja oleneb ainult tähe seisust vaateleja suhtes (katmine kaksiktähtede korral) ja objektiivselt (ehk füüsiliselt) muutuvad, mille valgusevahetus tekib füüsiliste muutuste läbi tähes eneses. Füüsiliselt muutuvate tähtede hulka arvatakse tänapäev enam jagu nõndanimetatud Cepheid'isid, mis veel hiljuti suurt osa mängisid, pärast seda kui Miss Leavitt Harvard-observatooriumis leidis, et nende tähtede valgusevahetuse periood seisab kokkukõlas absoluutse valgusjõuga, nii et valgusevahetuse vaatlemiste põhjal võidi määrata tähtede absoluutset suurust ja sellest jälle nende kaugust.

Kirjandus muutlikkude tähtede kohta: Guthnick, Die veränderlichen Sterne. Sonderheft des Sirius, 1916. Guthnick, Das δ -Cephei-Problem. Naturwissenschaften 1918, Heft 49.

* * *

Lõpetame selle lühikese teate moodsa stellaarastronoomia tähtsamate mõistete osa kohta kokkuvõtliku ülevaatega tähtsamaist meetodeist, mis tänapäev tarvitusel on probleemi lahendamiseks, mida silmapilgul võib märkida kinnistäheteaduse peaprobleemina: võimalikult suure arvu parallakside kindlaksmääramine, et ühenduses meie teadmistega tähtede nähtavast seisust taeval luua pilti meie kinnistähete süsteemi ehitusest.

Tähtsamad parallakside meetodid võime jagada viide pearühma:

1. Otsekohene — nõndanimetatud trigonomeetriline — meetod, s. o. tähe nähtava aastase edasinihke otsene mõõt-

mine, võrreldes nähtavalt lähedalseisvate tähtedega, mille kohta igal juhtumusel ligikaudu eeldatakse, et nad on nii kaugel, et asuvad tegelikult kogu aasta ühel kohal taevavõlvil (võrreldagu sellega eelmist osa). Seda aastast edasinihet võib mõõta kas otseselt nurgamõõtmis-abinõudega või aastas mitmel puhul korratud sama taevaosa pildistamisega. Sel teel on seni korda läinud kindlaks määrata ainult mõnedsajad parallaksid, ja on vähe lootust, et seda meetodit tõesti suurel määral võidakse tarvitada.

2. Statistiline meetod, et kindlaks määrata teatud suurema rühma tähtede kaugust nende nähtavast heledusest (võrdle lehekülge 47).

3. Meetod, kusjuures abiks võetakse ühe tähevoolu tähtede ühine liikumine (võrdle Hiiadide probleemi). See meetod võimaldab väga täpsaid individuaalseid parallaxse ja töötab tulevikus laialist rakendus-ala leida.

4. Statistiline meetod omaliikumise põhjal. Meie kõnelesime mõjust, mida avaldab päikese liikumine kinnistähtede omaliikumisele. Päikese liikumine peegeldus talle vastusuunatud teel meile lähedalseisvate tähtede juures. Seda teed nimetatakse tähtede parallaktiliseks liikumiseks. Et päikese kiirus tuntud, võime tähtede jaoks, mille kaugust teada, välja arvutada nende parallaktilise liikumise suuruse. Ümberpöördult võiksime muidugi, kui tähed paigal seisaksid ja ainult päike liiguks, vaadeldavast omaliikumisest, mis siin oleks identne parallaktilise liikumisega, otsekohe kaugust leida. Tõepoolest on meie probleem keerulisem, sest kõik tähed liiguvad ka isekeski, ja seepärast koostuvad omaliikumised tähtede liikumiste ümberasetustest ja parallaktilistest liikumistest.

Aga me teame, et parallaktiline liikumine peab suurema arvu tähtede omaliikumises väljendama süstemaatilist teed, ja seepärast ei ole mõttehüpe mitte suur, kui ümberpöördult vaadeldava tee järele otsustatakse keskmist parallaktilist liikumist ja seega ka parallaxsi ning kaugust.

5. Meetodid, kusjuures mujal ilmutatud absoluutsest valgusjõust parallaks välja arvutatakse. Me tunneme vahekordi, mis on absoluutse valgusjõu, nähtava valgusjõu ja kauguse vahel, ja absoluutse valgusjõu väljaarvutamine nähtavast heledusest ja kaugusest on astronoomias ammutuntud tehe. Selle mõttekäigu ümberpööramine on parallaksprobleemi Kolumbuse-muna: kui me teame nähtava ja absoluutse heleduse, siis on meil käes parallaks.

Me kõnelesime eespool selle väliselt lihtsa printsiibi kahest tarvitamisest. See oli spektraaltüüpide ja muutlikude tähtede δ -Cepheitüübi puhul. Sama meetodit tarvitati ka veel mitmesugustel teistel juhtudel.

Alles nende uute meetoditega oli võimalik jõuda teatud määral kindlate tulemusteni meie Linnutee-süsteemi kaugemate tähtede ja täheparvede kaugusest ja koguni nende tähtkujude kaugusest, mis meil tuntud spiraaludude nime all, ja mida sageli käsitletakse kui võõraid Linnutee-süsteeme. Seal jõutakse veel vägevamate arvudeni.

Michelsoni meetod väikeste nurk-kauguste mõõtmiseks taevavõlvil.

Eelmises peatükis kõnelesime moodsatest meetoditest nende võõraste taevakehade kauguste mõõtmiseks või vähemalt hindamiseks, mis on seevõrra kaugel, et otsene parallakside mõõtmine seni tuntud meetodite järele läbi viimatu näib olevat.

Viimasel ajal on Mount Wilsoni tähetornis Kalifornias teine astronoomiline mõõtmine ette võetud, mis kujutab teatud analoogiat parallakside probleemiga, niipalju kui seda ka siin selleks käsitletakse, et mõõta äärmiselt väikesi nurki taeval. Vahe on aga selles: kuna parallakside mõõtmise puhul praegusel ajal, silmas pidades võimatust rõhuda nurgamõõtmisi veel allapoole kättesaadud piiri, vähemalt sunnitud ollakse tarvitama kaudseid mõõtmismeetodeid, siis on probleem, millest praegu kõneleme, leitud otsene tee, kuidas mõõta teatud juhtudel oluliselt väiksemaid nurki kui seni oli võimalik.

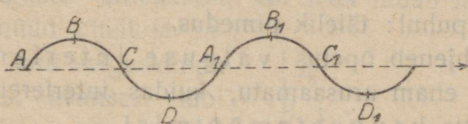
Kõne all on siin kaks erijuhtu. 1. Mõõta nähtavat kaugust kaksiktähe osade vahel, mis seisavad nii lähedal teineteisele, et meie ei saa neid lahutada kõige suuremate pikk-silmadega. 2. Mõõta nähtavat kinnistähtede läbimõõtu. Siin on kõne sajandikest kaaresekundeist või veel vähemaist nurkadest.

Uuele meetodile juhtis tähelepanu kuulus Chicago ülikooli eksperimentaalfüüsika professor A. A. Michelson,

kelle nimi ja tööd on tuntud nõndanimetatud Michelsoni katsest, mis kujutab Einsteini relatiivsusteoorias tähtsamat lähtepunkti.

Michelsoni astronoomiline meetod põhjeneb füüsilisel nähtusel, mis tuntud valguse interferentsi nime all. Et meetodit mõista, on tarvis, et peatuksime silmapilgu sellel mõistel.

On üldiselt teada, et valgust käsitletakse kui lainete liikumist. Meie ei mõtle siin asuda selle laineteliikumise seisukorra lähemale kirjeldusele, vaid rahuldume eeldusega, et valgus on mingi laineline liikumine, ja võime seepärast valguse jaoks tarvitada tuntud seadusi, mis igasuguse laineteliikumise kohta peaksid maksma.



11. joonis. Laineline liikumine.

11. joonis peab illustreerima teatud laineteliikumise kuju. Nool näitab suuna, milles meie kujutame lainet liikumas. Punktid BB_1 märgivad kõige suuremaid võnkeid ülespoole, nõndanimetatud laineharju, DD_1 kõige suuremaid võnkeid allapoole — laineorgusid. Kaugust AA_1 (ehk BB_1 , CC_1 , DD_1) nimetatakse lainepikkuseks; kaugus AC on seega pool lainepikkust. Lainepikkus määrab laine liikumisviisi, hääle puhul heli kõrguse, valguse puhul värvi, nii et teatud lainepikkus vastab teatud helile või teatud värvile. Punkt B kaugust kesksirgest nimetatakse laine amplituudiks ja see on laine liikumise intensiteedi väljenduseks.

Mis puutub valgusesse, siis teame, et selle lainepikkused on äärmiselt väikesed. Seda väljendatakse kas milljondikutes millimeetrites ($\mu\mu$) ehk nõndanimetatud Ångström-ühikuis ($1/10 \mu\mu$). 10. pildil (lk. 53) märgivad kolme

tähespektri all olevad arvud lainepikkusi vastavais spektri kohtades $\mu\mu$ -ites.

Kui nüüd endale tahame selgeks teha interferentsi mõiste, siis peame kujutama, et vaheollusesse, milles laine liigub, toimivad kaks jõudu, millest kumbki võib tekitada omaette laineliikumise ja nimelt mõlemad ühe pikkusedained. Kui mõlemad laine jooned niiviisi kohtavad, et ühe laine hari kokku langeb teise laine harjaga, siis kõvenevad mõjud mõlemal pool vastastikku. Säärase valgusliikumise puhul on meil: kõvenenud heledus. Liiguvad seevastu kaks lainet niiviisi, et ühe laine hari kokku langeb teise laine oruga, siis nõrgenevad mõlemad lained, ja kui nad peale selle on ühesuguse amplituudiga, siis kustutavad nad üksteise täiesti. Valguse juures on meil sel puhul: täielik pimedus.

Sellel põhjened õpetus valguse interferentsist, ja nii ei ole enam arusaamatu, kuidas interferentside abil võib ette võtta kaugustemõõtmisi.

Kujutame valgusekiirt (nii siis üht laineliikumise laadi); oletame, et jaotame selle valgusekiire kaheks (umbes niiviisi, et selle osalt läbi klaasi laseme, osalt klaasi pinnalt tagasi peegeldame). Viime need kiired nüüd jälle mitmesugustel teedel kokku, siis teame, millised nähtused seejuures tekivad. Juhtuvad nad nii kokku, et ühe kiirepoole lainehari kokku langeb teise poole laineharjaga (öeldakse, käiguvahes sisaldab paaris-arvu pool-lainepikkusi), siis kõvenevad mõlemad kiired, ja meie saame, kui valgust teel pole kaduma läinud, sama valgus-intensiteedi, mis oli enne jaotamist. Ei sisalda aga seevastu käiguvahes paaris-arvu pool-lainepikkusi (siis langeb ühe kiire hari kokku teise kiire oruga), nõrgenevad mõlemad kiired ja, kui nad on ühesuguse jõuga, kustuvad täiesti.

Kahe kiire ühtimise tulemus oleneb seega täielikult faaside differententsist, nii siis kaugustest, mis on samast suusejärgust kui lainepikkused ise. Ja ümberpöörduvalt: interferentskujuuurimise teel me võime kind-

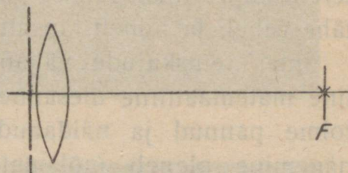
laks määrata pikkusi, mis on lainepikkuse suurusejärgust, s. t. kui meie valgusega opereerime, pikused erakordselt väikeste dimensioonidega.

Nüüd oleme tundma õppinud kõik, mis on tarvis Michelsoni meetodi mõistmiseks.

* * *

12. joonisel näeme astronoomilist objektiivi (läätst) ja tema optilist telge. Tulipunkt asub punktis F (fookus) ja ristjoon punktis F näitab põletispinda. Michelson paneb nüüd objektiivi ette (nii siis tähe ja klaasi vahele) vahe-
seina, millesse ta on teinud kaks avaust ja nimelt nii suures kauguses teineteisest, kui seda lubab läätse suurus.

Kujutame nüüd ühelt ja samalt tähelt kaht valguskimpu teine teisest avausest läbi minevat, siis kohtavad nad põletispinnas. Mõlemad kiired kõvenevad nüüd teatud kohtades põletispinnal, nimelt seal, kus nad on ära käinud ühepikkused teed või teed, mis erinevad terve lainepikkuse võrra.



12. joonis. Michelsoni katsekorraldus interferentskujude saamiseks.

Ligidalolevais punktides lähevad aga teed pikkused teineteisest $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$ ehk $\frac{5}{2}$ jne. lainepikkuse võrra lahku, ja me näeme põletispinnal tähtkujut, mis koostub reast lühikesist heledaist ja tumedaist joontest. Eespool toodud joonises pidid need jooned asetsema risti joonistusväljale.

Nüüd jõuame peasja juurde Michelsoni meetodis. Me kujutleme liht-tähe asemel kaksiktähte, ja langetame mõlemate kaksiktähe-osade ühendusjoon kokku mõlemate vaheseina avauste ühendusjoonega. Lihtsuse mõttes kujutame tähti ühevärvilistena. Asuvad nad mõlemad suures kauguses teineteisest, on kaks heledate ja tumedate

joonte süsteemi teineteisest täiesti lahutatud. Seisavad aga tähed teineteise ligidal, langevad mõlemad joontesüsteemid osalt kokku. On mõlemate tähtede kaugus taevavõlvil just nii suur, et ta vastab $\frac{1}{2}$ lainepikkusele käiguvahele põletispinnal (valguseliigile, mis valitseb tähtedel), siis langevad ühe süsteemi heledad jooned teise süsteemi tumedaisse vahe ruumesse. See peab loomulikult muutma interferentskuju väljanägemist ja kui mõlemad tähed veel koguni ühesuguse heledusega on, siis kaovad jooned peaaegu täielikult ja terve kujuke on ühetaoliselt valgustatud.

Teiste sõnadega: Tähtkujukese väljanägemine sõltub tähepaari nurk-kaugusest ja valguse lainepikkuse vahekorra-
rast. Võtame selle mõtte ümberpöörduvalt, siis võime interferentskuju väljanägemise põhjal otsustada nurk-kaugust kahe tähe vahel, ja nimelt täpsalt, kui kaugus on äärmiselt väike.

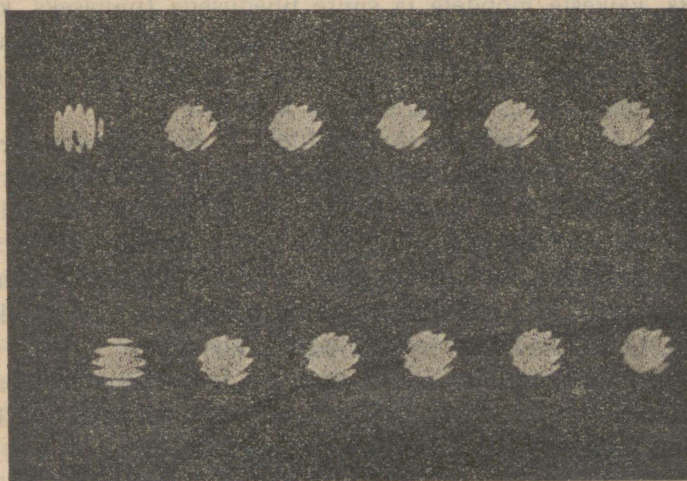
Interferentskujude väljanägemiste arvutamine on keeruline matemaatiline ülesanne. Michelson on arvutamise toime pannud ja näidanud, kuidas interferentskuju väljanägemine oleneb mõlemate tähtede kaugusest ja nende valgusjõu vahekorra-
rast, samuti ka tähepaari ja vaheseina avauste ühendusjoonte vahel olevast nurgast, ja ümberpöörduvalt, kuidas interferentskuju uurimiste abil võib mõõta niihästi kahe tähe nurga kaugust (distanti) kui ka nende ühendusjoonte suuna (positsioon-nurka) ja lõpuks ka nende valgusjõu vastastikust vahekorda.

Kuigi me ei saa tungida üksikasjusse, anname (13. pilt), et luua lugejale ettekujutust praktilisest meetodi rakendusest, rea interferentsüsteemi kujusid nende heledate ja tumedate joontega mitmesugustes o'ukordades.

1919.—1920. a. talvel katsus seda meetodit Mount Wilsoni tähetornis dr. Anderson. Aparaatide korraldus ei olnud mitte just nii, nagu see edasi antud meie skemaatilises joonises, oli aga siiski sama põhimõttega.

Uurimisaineks oli spektroskoobiline kaksiktäht Capella, mille kaks osa teineteisele nii lähedal seisavad (umbes $0,05''$),

et neid veel kõige suuremaski pikksilmas lahutatult ei ole
võidud näha. Uurimuste tulemus oli paljutõotav, ja dis-
tantsmõõtmiste võimalik viga tõusis ainult umbes 0,0001%.



13. pilt. Kaksiktähtede interferentskujud
Michelsoni järel.

See meetod võib aga korda saata veel rohkem. Teooria näitab, et tähe interferentskujule põletispinnal, kui tema läbimõõt läheb üle teatud piiri, tunduvalt võib mõju avaldada selle läbimõõdu suurus.

Ja juba mõne aja eest tuli Mount Wilsonist teade esimesest katsest kindlaks määrata kinnistähe läbimõõtu Michelsoni meetodi järele, ja uurimisesemeks võeti tuntud täht Beteigeuze (α Orionis). Läbimõõt andis 0,045". Me teame aga ka selle tähe parallaksi ja võime kaugusest ning nähtavast läbimõõdust kindlaks määrata tõelise läbimõõdu. Beteigeuze'i uurides tuli nüüd ilmsiks, et ta on nii tugevate mõõdetega täht, et ta, asetatuna päikese asemele päikesesüsteemi, ulatuks umbes Marsi teeni.

Viimane peatükk selles raamatus käsitleb tähtede arenemislugu. Me näitame, kuidas kujutatakse tänapäev tähe arenemist. Kinnistäht algab oma arenemisteed udustaadiumis kui tugevate dimensioonidega taevakeha (punane hiigeltäht). Ta areneb aja jooksul kokku tõmbudes kollaseks ja valgeks täheks ja hiljemini uuesti kollaseks ja punaseks, väikeste mõõdetega ja suure tihedusega (punaseks kääbustäheks). Et Beteigeuze on hiigeltäht, teati juba ammu, ja Michelsoni meetodi tarvitamine andis meie tähtede arenemistooriale ainult hiilgava kinnituse.

Nii siis on Beteigeuze hiigeltäht ja asub tõusvas arenemisjärgus. Ta muutub tulevasil aegadel kokkutõmbumise teel kollaseks ja valgeks — siis edasikestva tihenemise läbi kollaseks ja jälle punaseks, kuni lõpuks kustub.

Meie päike on juba kääbus. Seda teame tema suurest tihedusest. Ta asub langevas arenemisjärgus. Ta on kollane, läheb punaseks ja ühel päeval kustub.

Ja kunas? Seda küsimust ei saa teooria mitte vastata, aga kaua see kestab, väga kaua, nii kaua, et meie sellele võime mõelda rahulikult, ilma külmavärinata.

Scylla ja Charybdis.

Tähtede arenemisloost.

Sest saadik, kui üles seati kinnistähtede mitmesugused spektraaltüübid, näis olevat endastmõistetav, et need spektraaltüübid esindavad teataval määral ka tähtede arenemislugu.

Secchi-Vogeli jaotus opereeris 3 tüübiga: valgete (I), kollaste (II) ja punaste (III) tähtedega. Enam üksikasjaline Harvardi-liigitus, mis praegu üldiselt käsitatav, tarvitab vastavas järjekorras märke O B A F G K M. Mõlemad süsteemid algavad valgetest (kuumemaist) ja lõpevad punaste (jahedamate) tähtedega.

* * *

Kuidas mõeldakse selle arenemise seletust? Siin, nagu kõigis kosmogoonilistes probleemides, on nõndanimetatud „nebulaarhüpotees“ aluspõhja pannud meie kujutelmadele tähtede arenemisest. Arvatakse, et nad on alguse saanud gaas-udust ja soojuskiirgamise ning sellest järgneva tihenemise läbi väga kõrge temperatuurini kuumutatud, et nad selles staadiumis (valgete tähtedena) kestva soojuskiirgamise läbi temperatuuri jälle vähendavad, et siis järk-järgult läbi käia kõik jahtumise staadiumid valgetest punaste taevakehadeni, et lõpuks kustuda.

Ühe teadusliku toe on see käsitus saanud füüsik Lane'i kuulsates uurimustes, kes tõendas, et gaasikujuline taeva-

keha tihenemise läbi soojust sünnitab ja et see soojuse-sünnitus vähema tihedusega kehal ületab soojuse väljakiirgamise, mis tihenemise põhjustas, nii et keha oma soojuse väljakiirgamise tagajärjel ikka soemaks ja soemaks läheb. S. t. kuni teatud piirini: Kui aga keha seevõrra on kokku tõmbunud, et ta jõuab teatud, lähemalt määratava piirini, siis jääb tihenemisega sünnitatud soojus vähemaks kui soojusehulk, mis oli kokkutõmbumise põhjuseks, ja seepärast peab edasist arenemist paratamatult nii kujutama: kestev tihenemine ja alaline jahtumine, kuni viimaks jõutakse lõppstaadiumi, mis on tume ja külm keha. Kogu arenemise kestes on temperatuur tähe keskkohas kõige kõrgem ja pinnal kõige madalam.

Lane'i teoorias on selge õieti kogu arenemiskäik. Aga nüüd järgneb tähelepanu-väärt asjaolu. Kõigis väitlustes tähtede arenemisloost, mis põhjenesid spektraaltüüpide tundmaõpil, jätsid astrofüüsikud ses arenemisloos ühe astme koguni tähelepanemata. Valged tähed tähendasid neil alati algus-, punased lõppstaadiumi.

lialgi ei olnud juttu muust kui jahtumisprotsessist. Mitmete aastakümnete kestes mõeldi järgmiselt: valged tähed, kollased tähed, punased tähed. Kunagi ei küsitud, mis on sealpool valget staadiumi.

Meie praegusest seisukohast paistab see koguni arusaamatu. Ja ometi oli see nii. Ainult üks teadusemees, inglane Norman-Lockyer, püüdis kord algatada mõttevahetusi valgete tähtede eel-ajaloo üle. Aga teda ei kuuldud. Hiljemini puudutas Ludentorff Potsdamis jälle seda küsimust, aga alles viimaseil aastail on selles tulnud otsustav pööre.

Hertzsprungi ja Russelli avastus, et tähtede hulgas on olemas kaks isesugust liiki, hiiglased ja kääbused, tähtsa lisaga, et vahe nende mõlemate liikide vahel läheb järjest suuremaks, mida enam läheneme spektraalseerias punastele tähtedele, on võidule aidanud õige äratundmise. Selle avastuse sisu võib iseloomustada peajasjalikult järg-

miselt. Mitmesuguste spektraaltüüpide — iseäranis punaste tähtede juures — on kaks rühma väga mitmesuguste mõõdetega. Üks rühm vähese tiheduse ja määratumõõteliste tähtedega, teine suure tiheduse ja vähese suurusega. Nii siis põhjeneb vahe tihedusel ja mitte massil.

See avastus sobib küll iseäranis hästi tähtede arenemislooga, nagu see ilmsiks tuleb Lane'i teooria järjekindlal läbiviimisel. Tähe arenemine algab äärmiselt väikese tihedusega, aga hiigelmõõtelise udustaadiumiga. Kestva väljakiirgamisega tõuseb temperatuur tihenemise tagajärjel, ja täht läheb valgemaks. See arenemine edeneb kuni punkti, kus täht saavutab niisuguse tiheduse, et tihenemisel sünnitatud soojus mitte enam sammu ei pea väljakiirgamisega. Arenemine pöörduv ümber ja täht käib läbi teine kord needsamad spektraalastmed — ainult ümberpööratud järjekorras.

Nii tõusu- kui langemisjärgus leiame kõik spektraalklassid uuesti; iga spektraaltüüp tõusvas järgus esindab vähese tihedusega, langevas järgus suure tihedusega tähte. Mida enam me läheneme punasele staadiumile, seda suurem on tähtede vahe mõlemal arenemisjärgudel.

* * *

Lane'i teooria on viimasel ajal kuulsa inglise astronoomi prof. Eddingtoni poolt Cambridge'is revideerimisele võetud. Ei ole võimalik anda täielikku kujutlust sellest Eddingtoni uurimusest populaarsel kujul. Teooria on füüsilisest kui ka matemaatilisest küljest seevõrra keeruline, et sellane katse kohe alguses ebaõnnestuks. Teisest küljest on järeldused, millele viib Eddingtoni teooria, äärmiselt huvitavad, nii et sellest vaatepunktist moodsas astronoomias vaevalt on olemas temaga võrdset. Me püüame seepärast järgnevas anda lugejale kujutlus selle teooria peapunktidest.

Vana teooria moodustuste hulgas, mis osutusid tarvilikuks Eddingtoni uurimustes, on iseäranis üks, mis

mängib otsustavat osa. Põhimõtted, millele ehitati teooria tähtede seisukorrast, olid peamiselt järgmised: seadused valguse- ja soojusekiirgamise kohta tähe sees ja väljakiirgamine tema pinnalt, edasi füüsikast tuntud vahekord gaasimassi rõhu, tiheduse ja temperatuuri vahel — ja viimaks seadus rõhumise kohta, mida avaldavad oma raskusega tähe välimised kihid nende all olevaile kihtidele.

Uurimiste ajal tuli ilmsiks tarvidus teoriasse sisse tuua täiesti uus tegur. Moodsast füüsikast on teada, et iga kiirgamine avaldab teatud rõhku materiale, millele ta satub. See n. n. kiirgamisrõhk on seda suurem, mida tugevam kiirgamine.

Tuli ilmsiks, et see kiirgamisrõhk tähe sees saavutab seesuguse tugevuse, et peab muutma kogu teooriat algusest peale.

Nii siis leidsime muu seas, et tähtede sees peale keskpunkti juhitud raskustungi igal pool on olemas teine jõud, kiirgamisrõhk, mis raskustungile vastu toimib. Meie tuleme hiljemini tagasi tähtsate üldiste otsustuste juurde, mida võime teha selle raskustungile vastutöötava jõu olemasolust tähtede sees.

Ka teisest vaatepunktist tähendab Eddingtoni töö vanade põhimõtete kokkuvarisemist. Vana teooria järele nähti k o k k u t õ m b u m i s e s ainukest soojusallikat tähtede arenemisreale. Mitmesugustel põhjustel võib kindlaks pidada, et sellest soojusallikast ei jätku ligikaudseltki, et seletada tähtede arenemist, ja Eddington toob seepärast oma matemaatilistesse arendustesse uue soojustsünnitava teguri, mis sõltub tähe massist, aga mille füüsilise põhjuse ta jätab määramata. Ja edasi oli tarvilik selleks, et vaatlusi võiks rakendada ka tähtede hilisemaile arenemisstaadiumidele (langev järk suure tihedusega), teooriat teisestki vaatepunktist ümber ehitada. Niikaua, kui täht viibib esimeses arenemisstaadiumis (vähese tihedusega), võidi tarvitada üldisi „ideaalseid“ gaasiseadusi, mis väljendavad vahekorda rõhu, tiheduse ja temperatuuri vahel äär-

miselt lihtsal viisil. Hilisema arenemise uurimiseks esitati keerulisemad valemid.

Kogu teooria on, nagu juba öeldud, väga keerulist laadi, ja üks osa konstante (muutumata suurusi), mis probleemisse sisse tulid, pidi kindlaks määratama kaudsel teel, nimelt teooria ja viimaste aastate astronoomiliste vaatlemistulemuste võrdlemisega.

Aga tasuks selle eest me võime sest saadik tuletada valmis teooriast lõppjäreldusi, mis äärmiselt tähtsal viisil kokkukõlas terve rea moodsate vaatlustega.

Et anda konkreetset näidet, toome Eddingtoni järele mõned tulemused, mis ta on saanud tähe jaoks, millel oli poolteist korda nii suur mass kui päikesel ja mille keskmine tihedus oli $1/500$ vee tihedusest.

Kõrgeim temperat. (tähe keskpunktis) = 4 700 000° C.

Suurim tihedus (tähe keskpunktis) = $1/9$ vee tihedusest.

Suurim rõhk (tähe keskpunktis) = 21 miljonit atmosfääri.

Pooltel teel keskpunktist on temperat. = 1 300 000° C.

Pinnatemperatuur = 6 500° C.

Üldisist teooria tulemusist toome järgmised:

1. Kõrgem pinnatemperatuur, mille täht võib saavutada, oleneb ainult tema massist. Mida suurem mass, seda kõrgema temperatuurini võib jõuda täht. Maksimaalne temperatuur saavutatakse, kui tihedus moodustab 0,1 kuni 0,5 veetihedusest.

2. Täht, mille mass on vähem kui $1/7$ päikese massist, ei saavuta oma pinnal kunagi 3000° temperatuuri, mis on umbes piiriks, kus täht üldse võib nähtavaks saada.

3. Niikaua, kui täht asub arenemisrea tõusvas järgus, muutub tema kogu (absoluutne) heledus väga vähe, sest et kasvav pinnahaledus pea täpi pealt väheneva mõõte tasa teeb.

4. Pärast seda, kui täht üle tipu jõudnud, väheneb tema valgusjõud võrdlemisi kiiresti, sest väheneb niihästi tähe mõõde kui pinna heledus.

5. Hiigeltähtedel on keskmiselt valgusjõud, mis päikese omast umbes 100 korda suurem.

6. Päikese välistemperatuur oli kord 9000° ; praegu on see 6000° ja väheneb järjest.

7. Et saavutada B-tähtede temperatuuri (15000°), on tarvilik umbes $2^{1/2}$ -kordne päikesemass.

8. M-tüübi hiigel- ja kääbustähtede absoluutse heleduse vahe on umbes 9 suurusejärku.

2. punktis toodud lause on iseäranis huvitav. Teooria näitas, et taevakehal peab olema teatud minimaalmass, et jõuda oma arenemisajal kunagi temperatuurini, mis ta teeb nähtavaks täheks.

Mis meie tänapäev teame tähemasside vaatlemisest, kinnitab seda tulemust. Aga me teame veel enam. Moodstate uurimiste huvitavamaid tulemusi on see: vana kujutelm, et tuntud tähtede all esinevad kõik võimalikud massväärtused, on osutunud täiesti valeks. Kui me näeme taeval äärmiselt mitmesuguse nähtava valgusjõuga tähti, siis põhjeneb see osalt sellel, et need tähed asuvad meilt väga mitmesuguses kauguses, ja osalt sellel, et nad on mitmesugustes arenemisjärgkudes. Tähe massid seevastu paistavad kogu meie tähesüsteemis tähelepanu-väärt ühtaolise suurusega. See on silmapaistev lause, ja on palju järele mõeldud selle üle, kuidas seda seletada.

Üht oleme eelmisest tähele pannud: Kui taevakehal on mass, mis vähem teatud piirist, siis ei saavuta ta pindial temperatuuri, mis teda kui tähte laseks nähtavaks saada. Ja nii võime mõista, millest tuleb, et tähemasside jaoks on olemas alam piir, kuigi see piir on lõpuks ainult näiline. Meile jääb muidugi vabadus kujutada tumedaid tähti nii väikestena kui aga tahame.

Aga kuidas on lugu tähemasside ülemise piiriga?

Eddingtoni teooria annab siin vastuse, et see ülemine piir mitte ainult paratamatult ei pea olemas olema, vaid et ta ka, vastupidi alampiirile, tõeliselt olemas on. Tähti,

mille mass oleks tuhat korda suurem kui päikese oma, ei ole olemas — ja ei saagi olemas olla!

Me nägime eelmisest, et uues tähtedefüüsika teoorias on meil tegemist kiirgamisrõhuga, jõuga, mis igal pool tähe sees raskusele vastu töötab.

Rakendades valemid tõusva arenemisjärgu jaoks — ja sellesse puutub siin asi — on Eddington toime pannud uurimise selle jõu tugevuse kohta võrreldes raskustungiga. Tema arvutab jõu suuruse „tähe“ jaoks, mille mass on ainult 10 g, ja leiab, et kiirgamisrõhk võrreldes raskustungiga täiesti kaob. Ta kordab arvutamist massi jaoks 100 g, 1000 g — ehk nagu öeldakse matemaatiliselt — 10^2 g, 10^3 g jne.

Alles masside juures 10^{33} g on kiirgamisrõhk nii suur, et ta moodustab $\frac{1}{10}$ raskustungist. Läheme aga 10^{35} g juurde, siis on kiirgamisrõhk nii suur, et ta tõuseb $\frac{4}{5}$ raskustungist. See tähendab aga teiste sõnadega: niisuguse suurusega täht on väga vähe kindel. Gravitatsiooni vastu töötab jõud, mis taotleb tähte tükkideks purustada. Nii siis on tarvis ainult väikest jõudu — näiteks keerlemise läbi sünnitatud tsentrifugaaljõudu —, et tähte tõesti purustada. Ja nüüd tuleb kõige tähtsam: Massid 10^{34} g kuni 10^{35} g on seesugused massid, mis on 5 kuni 50 korda suuremad päikese massist. Siin läheneme ülemisele piirile!

Nii siis, ühelt poolt: et me mingit tähte võiksim näha, peab tal olema mass, mis vastab vähemalt $\frac{1}{7}$ päikese massist, ja teiselt poolt, kui me jõuame massideni, mis on mitu, mitu korda suuremad päikese massist, ei saa niisugused tähed enam olemas olla. See tähendab teiste sõnadega, kui Eddingtoni teooria on õige, peaksid nähtavate tähtede massid suletud olema kahe piirväärtuse vahele, mis ühel pool on teatud murdosa päikese massist ja teisel pool teatud mitmekordne päikese mass. Esinemisruum nende mõlemate piiride vahel ei ole just

suur, ja kõik see sobib täiesti sellega, mis me teame uue-
mate vaatluste põhjal nähtavate tähtede massidest.

Teeme lõpuks veel väikese mõttelise katse.

Oletame, et need mõlemad tähemasside piirid — üks, mis piirab nähtavate tähtede masse altpoolt, ja teine, mis annab kõige suurema massi, mille puhul täht üldse võib olemas olla, — teineteisele lähedal seisaksid — ehk koguni, et need mõlemad piirid kokku langeksid!

Siis oleks meie taevaalaotus pimedaks jäänud. Meid, inimesi, ei oleks see mitte seganud, sest meid poleks siis muidugi olemaski olnud. Aga tähtede jaoks rippus see juuksekarva otsas, et neil õnnestus taeva all läbi loovida selle Scylla ja Charybdise vahelt.

A

4532

i 181743785

Hind 90 marka.