



TÄHTITIEDETTÄ

HARRASTAJILLE III

URSAN JULKAISUJA IV

wsoy



TÄHTITIEDETTÄ
HARRASTAJILLE

III



Alvar Bunsdorf

URSAN JULKAISUJA IV

TÄHTI-
TIEDETTÄ
HARRASTAJILLE

III

PORVOO * HELSINKI

WERNER SÖDERSTRÖM OSAKEYHTIÖ

ILMARI BONSDORFF

Ursan kunniajäsen

In memoriam

Kirj. UUNO PESONEN

Lokakuun 17. pnä 1950 sammui Ursan kunniajäsenen, Geodeettisen laitoksen täysinpalvelleen johtajan, professori TOIVO ILMARI BONSDORFFIN palava henki.

ILMARI BONSDORFF syntyi suomalaisessa — SNELLMANIN aatteiden johdosta suomenkieliseksi muuttuneessa — kulttuurikodissa Hämeenlinnassa helmik. 15. pnä 1879. Hänen isänsä — hänkin aikoinaan Ursan kunniajäsen — oli siellä suomalaisen normaalilyseon matematiikan ja luonnontieteiden yliopettajana. Perhe muutti normaalilyseon mukana Helsinkiin v. 1887.

Ylioppilaaksi tultuaan ILMARI BONSDORFF ryhtyi isänsä jälkiä seuraten opiskelemaan matemaattisia aineita. Jo ylioppilasaikanaan hän silloisen tavan mukaan kesäisin kierteli maaseudulla pitämässä esitelmää tähtitieteestä, johon hänellä oli erikoinen veto. Ottaen huomioon BONSDORFFIN vilkkaan luonteen voi päätellä, että ne esitelmät olivat eloisia ja mukaansa tempaavia; onpa tämän kirjoittaja tavannut vanhoja henkilöitä, jotka ovat kertoneet saaneensa niistä alkusäyksen tähtiharrastukselleen.

Mutta jo tällöin, ylioppilasaikana, alkaa myös BONSDORFFIN tieteellinen työkentely tähtitieteen ja geodesian alalla; hän suorittaa painovoiman- ja tähtitieteellisiä paikanmäärityksiä eri osissa Suomea. Heti kandidaatiksi tultuaan v. 1903 hän pääsi Pulkovan maailmankuulun tähtitornin assistentiksi ja myöhemmin astronomiksi, missä toimestaan hän oli vuoteen 1917 asti. Tänä aikana hän suoritti havaintoja ja tutkimuksia sekä mittaavan tähtitieteen että geodesian eri aloilta tutustuen siten tarkoin näiden alojen peruskysymyksiin. Tutkimustensa ansiosta hän pian kohosi aikansa nuoremman astronomipolven eturiviin. Niinpä hänelle v. 1913 tarjottiin argentalaisen Cordoban tähtitornin johtajan toimi, jota hän ei kuitenkaan ottanut vastaan. — Samana vuonna hän julkaisi toimittamansa ja Suomen oloihin sovittamansa NEWCOMBIN oivallisen kansantajuisen *Tähtitieteen* poistaen täten suomenkielisen oppikirjan puutteen tältä alalta.

Kun sitten Suomen karttalaitoksen kaipaama Geodeettinen laitos v. 1918 perustettiin, nimitettiin BONSDORFF sen ensimmäiseksi johtajaksi. Nyt olivat tar-

Werner Söderström Osakeyhtiön

kirjapainossa Porvoossa

1954

peen ja tulivat käytäntöön hänen Pulkovassa hankkimansa tiedot ja taidot, sillä Suomessa oli siihen mennessä suoritettu vain joitakin harvoja ja hajanaisia geodeettisia mittauksia, nekin suureksi osaksi juuri BONSDORFFin tekemiä, eikä muita alaan perehtyneitä henkilöitä ollut. Mutta BONSDORFF oli myös aloiterikas: hänen ansiostaan uuden laitoksen havaintotöissä kokeiltiin ja otettiin käytäntöön uusiakin menettelytapoja, joita sitten on hyväksytty käytettäväksi muissakin maissa. Näistä ansaitsee tähtitieteen kannalta erityisen maininnan täydellisten auringonpimennysten käyttäminen pitkien — valtamerien yli ulottuvien — matkojen mittaamiseen maapallolla sen muodon tutkimista varten; suurten merien ylihän ei edes kolmiomittauksella päästä. Keinon idea, pimennyksen alku- ja loppuhetkien ja samaan aikaan radiolla annettujen aikamerkkien äänielokuvaaminen, oli kyllä jo aikaisemmin esitetty, mutta Geodeettisessa laitoksessa se kehitettiin käyttökelpoiseksi ja kokeiltiin vuoden 1945 täydellisessä auringonpimennyksessä. — BONSDORFFin pitkän johtajakauden aikana — hän erosi täysin palvelleena v. 1949 — Geodeettisen laitoksen toiminta oli ripeätä ja se saavutti huomattavan kansainvälisen arvonannon.

BONSDORFFin geodeettinen toiminta suuntautui myös kotimaan rajojen ulkopuolelle: hänen aloitteestaan perustettiin v. 1924 Helsingissä Balttilainen geodeettinen komissio suorittamaan yhtenäistä astemittausta ja muita geodeettisia tutkimuksia kaikissa Itämereen rajoittuvissa maissa, jotka liittyivät komission jäseniksi. BONSDORFF oli koko komission toiminta-ajan sen pääsihteeri ja sydän sekä toimitti sen runsassisältöiset vuosikirjat ja erikoisjulkaisut, yhteensä 23 nidettä. BONSDORFFilla oli ilo nähdä komission saavan työnsä — sodasta huolimatta — valmiiksi v. 1948, jolloin se hajosi.

Myös kansainvälisessä geodeettis-geofysikaalisessa Unionissa BONSDORFF oli keskeisimpiä henkilöitä. Siellä kuten kaikkialla, missä hän vain liikkui, hän intelligenssillään ja puoleensa vetävällä ystävällisyydellään hankki itselleen ja maalleen monia ystäviä maailman eri puolilta.

Nuoruuden rakkauttaan, tähtitieteen harrastuksen edistämistä ja sen levittämistä kansan keskuuteen BONSDORFF ei hylännyt vanhemmillakaan päivillään. Sen näkyvinä todisteina ovat hänen monet Ursassa ja Yleisradiossa pitämänsä esitelmät tältä alalta sekä hänen toimintansa Ursan puheenjohtajana v. 1927—1937. Mutta hänen ulospäin näkymätön vaikutuksensa etenkin Ursan toimintaan on vielä suurempi; Geodeettisen laitoksen jokapäiväisillä kahvitunneilla, jotka oikeastaan olivat vapaita, enemmän tai vähemmän tieteellisiä keskustelutilaisuuksia, siellä ne Ursankin toiminnan virikkeet ja suuntaviivat, varsinkin Ursan alkuaikoina, tulivat esille. Olivathan Ursan hallituksen toimivimmat jäsenet juuri Geodeettisesta laitoksesta: paitsi BONSDORFFia, YRJÖ VÄISÄLÄ, HEISKANEN, KALAJA, HIRVONEN ja pieneltä osaltaan tämän kirjoittajakin. Mutta BONSDORFFin, vanhimman ja aloiterikkaimman vaikutus oli tietysti suurin. Näin Ursalla onkin sen alusta alkaen ollut ja on yhä edelleen läheinen ja hedelmällinen yhteys Geodeettiseen laitokseen.

BONSDORFF valittiin Ursan kunniajäseneksi v. 1938. Sen lisäksi hän oli Suoma-

laisen Tiedeakatemian ja Suomen Kulttuurirahaston kunniajäsen sekä useiden koti- ja ulkomaalaisten tieteellisten seurojen jäsen.

Edellä hahmoitellun toimintansa ohella BONSDORFFilta riitti aikaa ja voimia moniin muihinkin yleisiin tehtäviin. Näistä mainittakoon hänen taitava toimintansa useiden Suomen ja Venäjän välisten rajankäyntikomissioiden puheenjohtajana, alkaen Petsamon rajankäynnistä v. 1921 viimeisten sotien jälkeisiin rajankäynteihin saakka. Edelleen hän vakuutusmatematiikan erikoistuntijana laski Pohja-yhtiön ensimmäiset henkivakuutus-maksutaulut samoin kuin lukuisain eläkekassojen maksutaulut. Hän toimi myös jonkin aikaa Pohja-yhtiön päämatematiikkona ja hallintoneuvoston jäsenenä.

Sekä laitoksensa johtajana että yksityisihmisenä BONSDORFF oli vaatimaton, muodoista piittaamaton, mutta älykäs, vilkas ja puoleensa vetävä. Sopeutuvana ja luonnollisena hän liikkui yhtä hyvin sekä koti- että ulkomaiden korkeimmissa piireissä kuin vähäisimpäinkin mökkien asukkaiden parissa, jonne hän usein havaintomatkoiillaan joutui. Kaikista, joiden kanssa hän tuli tekemisiin, hän teki ystäviä.

Synnynäisten lahjojensa ja toimintatarmonsä ansiosta BONSDORFF pitkän ikänsä aikana ennätti suorittaa harvinaisen tulosrikkaan elämäntyön tähtitieteen ja varsinkin siihen läheisesti liittyvän geodesian alalla.

Ajan mittaamisen ongelma

Ajan mittaaminen perustuu aina johonkin jaksolliseen ilmiöön. Varsinaisen ajanlaskun perustana on kaksi tähtitaivaalta saamaamme tällaista jaksoa, vuorokausi ja vuosi. Ajan mittaaminen kiintotähtien näennäisistä liikkeistä on käytännöllisintä ja antaa suurimman tarkkuuden; tästä syystä tieteellisen ajanmäärityksen perustana ei käytetä tavallista keskiaurinkovuorokautamme, vaan tähtivuorokautta, joka määritellään sinä aikavälinä, joka kuluu Oinaspisteen kahden peräkkäisen yläkulminaation välillä. Tuokaan aikaväli ei ole aivan vakio, sillä toisten taivaankappaleitten, eniten Kuun häiritsevän vaikutuksen vuoksi Maa ei pyöri tasaisesti, vaan sekunnin suuruisia eroja puoleen ja toiseen keskiarvosta sattuu, ja niin ollen on pakko vuorokauden mittana pitää keskittähtivuorokautta.

Tämä ajanmitta on jo koko hyvä, mutta aivan vakio sekään ei ole. On todettu, että vuorokausi pitenee jatkuvasti, pääasiassa ilmeisesti vuoksi- ja luodeilmiön pyörimistä jarruttavan vaikutuksen takia. Muutos on tosin vain noin puolitoista tuhannesosasekuntia sadan vuoden kuluessa, mutta kun sadassa vuodessa on vuorokausia jo paljon, vaikuttaa pienikin muutos vuorokauden pituudessa.

Keskittähtivuorokauden pituudessa on muitakin, epäsäännöllisempiä muutoksia. Lyhytaikaisimmat niistä voidaan todeta nykyaikaisilla kvartsikidekelloilla, mutta hiemankin pitempiäaikaiset on laskettavissa parhaiten Kuun liikkeistä. Jos nimittäin vuorokauden pituus muuttuu, näyttää Kuu poikkeavan sille laskeutusta »aikataulusta». Pienet poikkeukset johtuvat osaksi ilmatieteellisistä seikoista, sellaisista kuin tuulen paineesta vuoristoketjuja vastaan, sateitten, lumipeitteen ja jäätiköitten syntymisen ja sulamisen aiheuttamista massansiirroista, mutta myöskin epäillään näihin poikkeamiin syypäiksi Maan sisustassa tapahtuneita massan siirtymisiä.

Keskittähtivuorokaudesta tieteellisenä ajanmittana aiotaankin lähitulevaisuudessa tähtitieteessä siirtyä uuteen aikamittaan, jota nimitetään *dynamisiksi ajaksi* (engl. *ephemeris time*). Asiantuntijat pitävät parhaiten todellisuudessa tasaisena aikana dynaamista aikaa, joka saadaan lisäämällä keskiaurinkoaikaan allaolevasta kaavasta laskettavissa oleva korjaus Δt .

$$\Delta t = 24^s 349 + 72^s 3165 T + 29^s 949 T^2 + 1.821 B$$

Kaavassa T on aika lausuttuna juliaanisen kalenterin vuosisatoina ja laskettuna vuoden 1900 tammikuun 0 päivän (31. 12. 1899) Greenwichin ajan keskiaurinkoajan mukaisesta puolipäivästä. B on erotus joka saadaan kun havaitusta Kuun pituudesta (longitudista) vähennetään BROWNIN taulujen mukainen Kuun pituus.

Kolmen ensimmäisen termin summa antaa vuorokauden tasaisesta pitenemisestä aiheutuvan korjauksen, ja B -termi, joka on täysin kokemukseräinen, korjaa parhaalla mahdollisella tavalla satunnaiset poikkeamat.

PALOMAR-VUOREN OBSERVATORIO

Kirj. SIGURD VON NUMERS

Kirjoitukseen liittyvät kuvat ovat kuvatauluissa I—VI

Vuonna 1919, kun Mount Wilsonin iso HOOKER-reflektori oli saatettu lopulliseen, käyttökelpoiseen kuntoon, oli sen luomiseen aktiivisimmin osallistunut tähtitieteilijä, GEORGE ELLERY HALE, jo kauan haaveillut ja hahmotellut uutta, vielä suurempaa kaukoputkea.

Ensimmäinen pääpulma suunnitelman toteuttamisessa oli kysymys hankkeen rahoittamisesta. Pitkien, monta vuotta kestäneiden neuvottelujen jälkeen ROCKEFELLER-säätiö myönsi 6 milj. dollaria tähän tarkoitukseen. Myöhemmin on samasta lähteestä saatu varoja lisää.

Toinen seikka, joka oli ratkaistava jo alussa, oli kysymys rakennettavan tähtitornin sijoituspaikasta. Paikkaa ryhdyttiinkin etsimään heti rahoituskysymyksen tultua ratkaistuksi. Observatorio ei saanut olla liian lähellä suurkaupunkeja, joiden valot häiritsisivät havaintotyötä. Se ei toiselta puolen saanut olla liian kaukana asutuskeskuksesta, josta käsin laitosta voisi helposti huoltaa ja jossa tähtitieteilijät voisivat asua ja työskennellä, käyden tähtitornilla vain valokuvausym. tehtäviään suorittamassa. Kaikkein tärkeintä oli kuitenkin, että tähtitorni rakennettaisiin paikalle, jossa on mahdollisimman monta selkeätä vuorokautta ympäri vuoden, jossa ilma on mahdollisimman läpikuultavaa ja jota eivät vahvat ilmavirrat eivätkä liian suuret lämmönvaihtelut päivän ja yön, kesän ja talven välillä häiritse. Lopuksi päädyttiin siihen, että sopiva paikka oli löydettävissä Lounais-Yhdysvalloista, jossa on melko korkealla sijaitsevia, kaikki nämä edellytykset täyttäviä ylätasankoja. Ja niin ryhdyttiin etsimään sopivaa paikkaa. Viiden vuoden aikana tutkittiin satakunta eri kohtaa kunnes oltiin vakuuttuneita siitä, että paras niistä oli 1700 m korkuinen Mount Palomarin ylätasanko, jolla kaiken edellä mainitun lisäksi on se etu, ettei se kuulu Kalifornian maajärjestysalueeseen.

Tämän kirjoittaja kävi Palomarin vuorella eräänä kauniina elokuun päivänä 1948. Läksimme matkalle Pasadenasta, kaupungista, jossa on Mount Wilsonin ja Mount Palomarin tähtitornien yhteinen hallintokeskus ja josta käsin näiden observatorioiden tiedemiehet työskentelevät. Sieltä on Palomarille matkaa suorinta tietä parisensataa kilometriä. Kukkulainen etumaasto alkaa jo rannikon läheisyydessä ja nousee nopeasti; Palomarilta on vain viitisenkymmentä kilo-

1 b — Tähtitiedettä harrastajille

metriä Tyynelle valtamerelle. Tie Palomarin vuoren juurelta kiertää vuorten sivuja loivissa, helposti ajettavissa kaarteissa. Vaistomaisesti tulee mieleen Mount Wilsonin vanhempi tie, joka on autoilijoille paljon vaivalloisempi.

Ylhäällä tasangolla on kokonainen pieni yhteiskunta. Paitsi mahtavaa tähtitornia on kaksi pienempää, jossa kummassakin on Schmidt-tyyppinen kaukoputki. Muista rakennuksista mainittakoon nk. »Monasteri», jossa paikalla käyvät tiedemiehet saavat työskennellä ja levätä, hallintorakennuksia, huviloita vakinaiselle teknilliselle ym. henkilökunnalle ja heidän perheilleen, voimalaitos, vesijohtolaitos, pieni museo ym. Vuorella käytetään myös talouskaasua, kuljetettavista säiliöistä, jotka toimitetaan alas täytettäväksi sitä mukaa kuin ne tyhjenevät.

Saavuimme Palomarille otolliseen aikaan. Tähtitornin vihkiäiset olivat olleet 3. 6. 1948, jolloin myös reflektorille oli annettu se nimi, jolla se nykyään tunnetaan: Hale-kaukoputki. Peili oli siis jo paikoillaan, mutta kun se vielä kaipasi tarkistusta ja korjansta, oli kupu jätetty avoimeksi päiväsaajaksikin. Sitä paitsi eräs insinööri suostui ohjaamaan meidät tornin eri osiin, joten meidän ei tarvinnut jäädä katselemaan laitteita pelkästään lasiseinän läpi yleisölle varatusta katsomosta.

Tähtitornin mittasuhteet ovat valtavat. Lieriömuotoisen rakennuksen läpimitta on 42 m ja sen korkeus 41 m eli sama kuin 10—12 kerroksisen talon. Mitat ovat kuitenkin suhteellisesti pienemmät kuin yleensä muiden tähtitornien, johdun peilin varsin lyhyestä polttovälisestä.

Tornissa on kolme kerrosta. Kahdessa ensimmäisessä on toimistohuoneita, kirjasto, lounashuone keittomahdollisuuksineen, valokuvien kehityshuone sekä kaukoputken koneistoa ja apulaitteita. Kolmannessa kerroksessa sijaitsee itse kaukoputki. Lattia on kiinteä ja sen yläpuolella kohoaa 1 000 tonnia painava kiertokupu. Tämä, joka on sijoitettu kolmellekymmenellekahdelle nelipyöräiselle, kahdella kiskolla kulkevalle telavaunulle, kiertää kahden nelihevosvoimaisen moottorin avulla. Se on kaksinkertainen ja seinien väli on täytetty eristysaineella suojelemaan kaukoputkea päivän helteeltä.

Seisoessamme kuvun sisäpuolella kulkevalla parvekkeella insinööri-oppaamme pani moottorit käyntiin, ja niin kitkaton ja värähtelemätön oli liike, että vain katselemalla ulos aukosta saatoimme havaita, ettei lattia kaukoputkineen kaikkineen kiertänyt keskipisteensä ympäri, vaan että itse olimme liikkeellä.

Kaukoputken pääpeilin läpimitta on 200 tuumaa eli 508 cm. Näin suurta lasimöhkälettä ei oltu koskaan aikaisemmin valettu. Tästä johdun oli teknillisten vaikeuksien lisäksi otettava huomioon, ettei tavallinen lasi sen liian suuren laajenemiskertoimen vuoksi voinut tulla kysymykseen. Kvartsililla suoritettujen kokeiden epäonnistuttua päätettiin valaa peili Pyrex-lasista, ja tehtävä annettiin *Corning Glass Works*-nimiselle amerikkalaiselle lasitehtaalle. Jotta peilin paino saataisiin mahdollisimman pieneksi, tehtiin se takaapäin solumaiseksi (mehiläiskennopeili). Muutamien epäonnistuneiden yritysten jälkeen valettiin peili joulukuussa 1934, minkä jälkeen se sai jäähtyä hitaasti kymmenen kuu-kauden aikana. Jäähtymistä säädettiin tietenkin lämmityslaitteitten avulla.

Kun lasimöhkälettä tämän jälkeen tutkittiin, havaittiin sen olevan peiliksi kelpaava, ja se kuljetettiin erikoisjunalla Pennsylvaniasta Kaliforniaan, jossa sen hiominen aloitettiin Pasadenassa olevan *California Institute of Technology*'n valo-opillisessa tutkimuslaitoksessa. Peililasin paino oli silloin lähes 20 tonnia.

Ison peilin hiominen on hidasta tarkkuustyötä. Kun lisäksi Yhdysvaltain joutuminen sotaan keskeytti työt vuosikausiksi, valmistui peili vasta syksyllä 1947. Silloin siitä oli poistettu yli 5 tonnia lasia, joten sen lopullinen paino on 14,5 tonnia. Arveltiin sen ehkä olevan hieman liian korkea reunoiltaan, mutta tästä johtuva lisähiominen voitaisiin, mikäli kokeet osoittaisivat sen tarpeelliseksi, suorittaa Mount Palomarilla. Näin ollen peili kuljetettiin ylös vuorelle, aluminointiin tähtitornissa olevassa aluminointikammiossa ja asetettiin paikoilleen kaukoputken alapäähän.

Suoritetuissa kokeissa havaittiin, että lisähiominen oli tarpeen. Alumiinikerros poistettiin ja suunnilleen 46 cm:n levyistä osaa peilin reunasta hiottiin, paikatellen ainoastaan 0.0000013 mm:n verran. Kun peili jälleen oli aluminoitu ja eräitä muita seikkoja korjattu, oli se vihdoinkin käyttökelpoisessa kunnossa marraskuussa v. 1949.

Raskaan peilin kiinnittäminen reunoistaan kaukoputken aiheuttaa peilin pintaan epämuodostuman, jonka syvyys keskuksessa voi jopa ylittää 0.06 mm. Tämän haitan estämiseksi on 36:een peilin takasivulla olevista 115:sta solusta asetettu vipuina toimivat kojeet, joista kukin on kokoonpantu yli tuhannesta osasta ja jotka automaattisesti tukevat peiliä vahvemmin tai heikommin riippuen siitä, missä asennossa se kulloinkin on.

Kaukoputken asennus on saksalaisen, englantilaisen ja haarukka-asennuksen yhdistelmä. Putken liikkuvia osia kannattaa kaksi pohjois-eteläsuuntaan pystytettyä pilaria. Teräspeltinen tuntiakseli on U-muotoinen, ja sen eteläinen akselitappi on kirjaimen alaosan keskellä. Kummankin haaran läpimitta on 3.2 m. Akselin pohjoispää on hevosenkengän muotoinen, ulkoläpimitaltaan 14 m. Itse kaukoputki, joka on avonainen, läpimitaltaan 6.7 m ja pituudeltaan 16.8 m, on sijoitettu haarojen väliin siten, että deklinaatioakseli on kiinnitetty niiden keskiosiin. Tämän asennuksen eräänä etuna on, että putki voidaan kallistaa hevosenkengän aukkoon ja täten suunnata taivaannapaakin kohti.

Kun kaukoputken liikkuvien osien paino on 500 tonnia, on ilmeistä, että kysymys siitä, miten ne saataisiin liikkumaan kitkattomasti ja äärimmäisen tasaisesti, tuotti paljon päänvaivaa. Kuulalaakerien käyttäminen tai akselien päitten upottaminen elohopeaan eivät tässä tapauksessa taanneet riittävän täsmällistä käyntiä. Näin ollen oli löydettävä jokin uusi keino. Parhaana ja sittemmin täysin tyydyttäväksi osoittautuneena ratkaisuna otettiin käytäntöön menetelmä, joka toimii siten, että kitkapintojen, esim. hevosenkengän ulkopinnan ja sen alustan väliin, puserrettiin yli sadan kilon paineella noin 1/100 mm paksuinen öljykerros (painelaakeri). Esimerkkinä siitä, kuinka hyvin kitka on saatu näin eliminoiduksi mainittakoon, että käyntilaitteena tämän 500 tonnia painavan putken pyörittämiseen tähtien vuorokautisen liikkeen mukaan riittää 1/12 hevos-

voimainen moottori, eli saman vahvuinen kuin ne, jotka pyörittelevät kotiompelukoneitamme.

Peilin aukkosuhde (valovoima) on 1 : 3.3 ja sen normaalipolttoväli siis 16.8 m. Sitä käytetään siten, että putken yläpään, polttopisteen kohdalle, on rakennettu noin metrin läpimittainen lieriömuotoinen »häkki», jossa ovat valokuvauslaitteet ym. sekä myös sija havaitsijalle, joka pääsee sinne tornin seinään kiinnitettyjä portaita ja niiden yläpäässä olevaa siltaa pitkin.

Kun polttopisteen eteen asetetaan kupera peili, heijastuvat pääpeilistä tulevat valonsäteet takaisin ja kulkevat pääpeilin keskellä olevan ympyränmuotoisen aukon läpi putken alapäähän kiinnitettävissä oleviin kojeisiin, joista mainittakoon jo käytössä oleva isohko prismaspektrografi. Havaitsija istuu telavauunille asetetulla lavalla, joka voidaan nostaa ja laskea. — Täten Cassegrain-putkena käytettynä on peilijärjestelmän aukkosuhde 1 : 16 ja polttoväli 81.4 m.

Käyttämällä kahta (eräissä tapauksissa kolmea) apupeiliä, voidaan valonsäteet johtaa ulos putken avoimesta sivusta ja pitkin tuntiakselin etelätapissa olevaa kanavaa akselin jatkosuunnassa sijaitsevaan lämpöeristettyyn huoneeseen, jossa on isoja spektrografeja, bolometrejä ja radiometrejä. Tämä coudé-järjestelmä antaa putkelle aukkosuhteen 1 : 30 ja polttovälin 152.4 m.

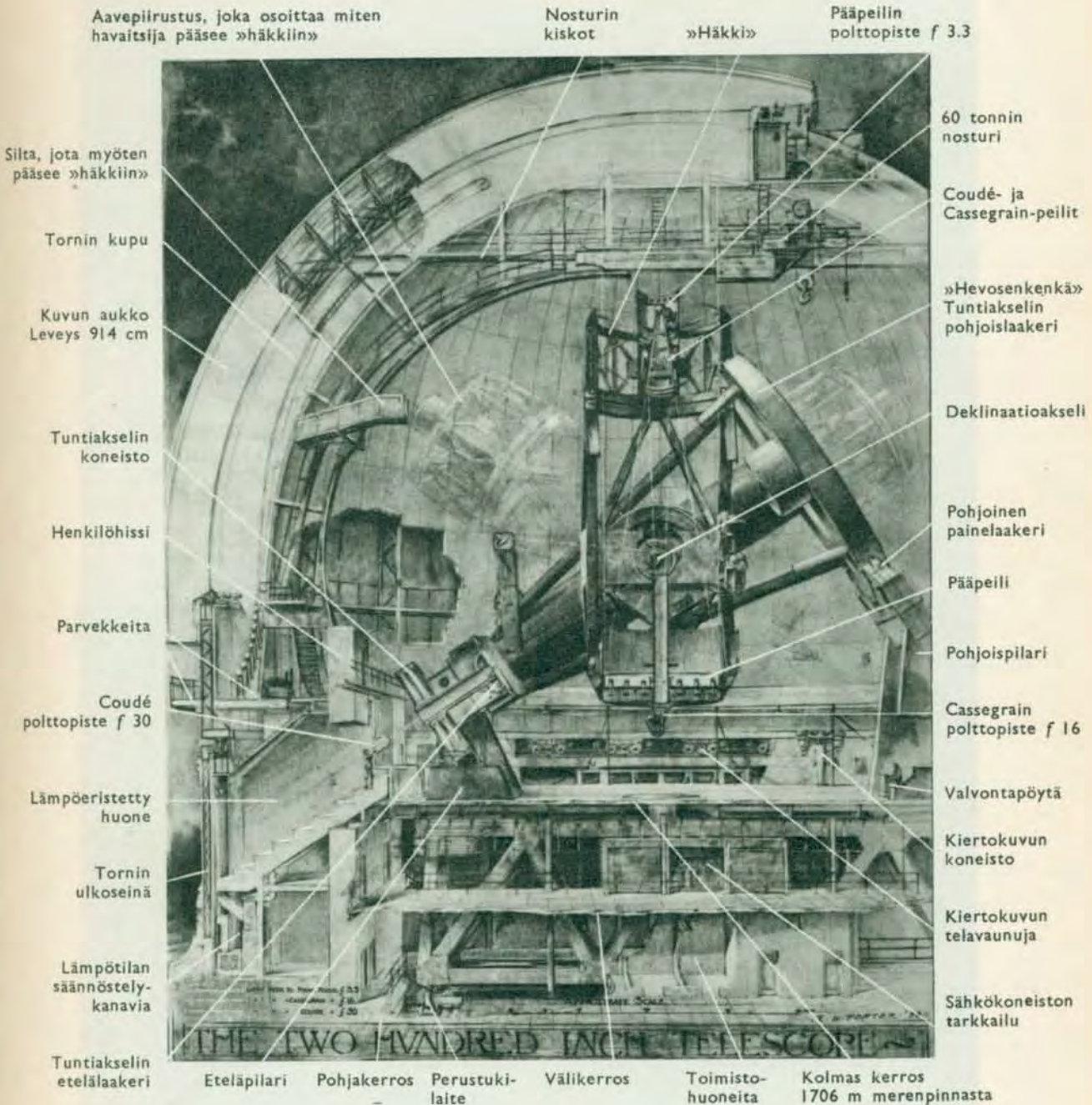
Putken normaaliliike sekä sen suuntaaminen ja monet muut toimenpiteet, esim. apupeilien liikkuttaminen, tapahtuvat sähköllä, ja liikkeitä johdetaan sekä valvotaan keskuksesta. Valvontapöytä sijaitsee lähellä kaukoputkea. Se on täynnä nappuloita, katkaisijoita, mittaritauluja ja osoittimia. Tällaisen suuren putken käyttäminen ei ole mikään yksinkertainen tehtävä.

Katsellessaan Palomarin tähtitornia maallikkokin huomaa, miten monimutkainen tämän koneisto on. Ja tarkastellessaan PORTERIN maailmankuuluiksi tulleita piirustuksia hän havaitsee, että se, mikä on kätkeyty putken ulkokuoren sisälle, on vielä monin verroin monimutkaisempaa. Ei voi muuta kuin ihmetellä rakentajien kekseliäisyyttä ja taitoa.

Maailman suurinta kaukoputkea ei ole tarkoitettu käytettäväksi sellaisia tehtäviä varten, joissa tyydyttäviä tuloksia jo on saavutettu tai on saavutettavissa pienemmilläkin kojeilla. Ne probleemit, joita on jo yritetty ratkaista Hale-kaukoputken avulla, ovat vaikeita, paljon aikaa ja työtä vaativia. Ottaen huomioon tämän sekä lisäksi vielä sen seikan, että kaukoputki on ollut säännöllisessä käytössä vain vuoden 1950 puolivälistä alkaen, kertovat niukat julkisuuteen saatetut tiedot hämmästyttävän suurista ja nopeista saavutuksista.

Huhtikuussa 1947 pitämässään esitelmässä HUBBLE mainitsi kolme ongelmaa, joissa hän toivoi päästävän positiivisiin tuloksiin Hale-kaukoputken avulla. Ensimmäinen niistä koskee Marsin pinnanmuodostelmia.

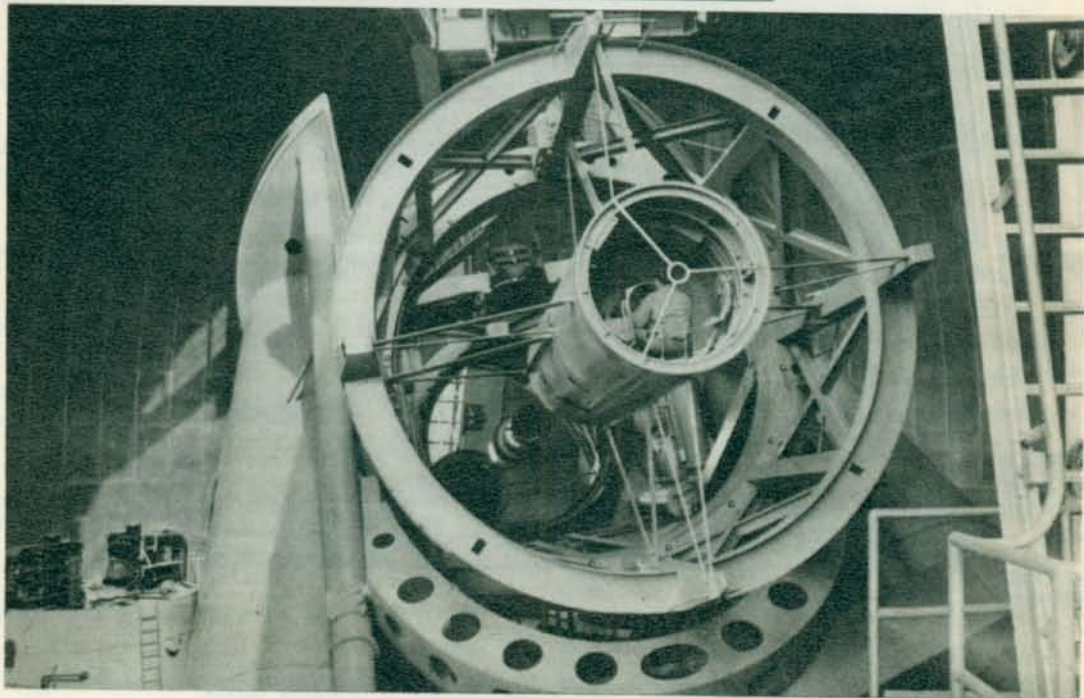
Kuten tunnettua ovat eräät tutkijat Marsilla nähneet mm. viivamaisia muodostumia, joita on sanottu kanaviksi. Toiset eivät ole koskaan niitä nähneet ja kaikissa tähän asti Marsista otetuissa valokuvissa planeetan pinnalla olevat suuremmat muodostumat esiintyvät paljon epämääräisempinä kuin piirustuksessa, ja kanavista ei näy jälkeäkään.



Hale-putki. Tähtitornin läpileikkaus. Russell W. Porterin piirros. Copyright: Mount Wilson and Palomar Observatories.



Kuva 1. Hale-putki tähtitornissaan. Kuutamovalokuva. Copyright: Mount Wilson and Palomar Observatories.



Kuva 2. Hale-putki ylhäältä. Havaintsija istumassa «häkissä». Putken pohjassa näkyy pääpeili. Copyright: Mount Wilson and Palomar Observatories.



Tähtijärjestelmä NGC 6611 eli Messier 16 Sobieskin kilven tähdistöissä. Valokuvattu Hale-putkella punaisessa valossa. Copyright: Mount Wilson and Palomar Observatories.



Ns. Kartiotähtisumu Yksisarvisen tähdistöissä. Valokuvattu Palomarin tähtitornin 122 cm Schmidt-putkella punaisessa valossa. Copyright: National Geographic Society — Palomar Observatory Sky Survey.

Maan ilmakehän levottomuudesta johtuu, että Marsin pinta vain harvoin ja silloinkin ainoastaan aivan lyhyinä hetkinä näkyy selvästi. Marsista tehdyt piirrokset ovat näin ollen tuloksia pitkäaikaisista, useina öinä toistuneista havainnoista. Valokuvattaessa planeettaa on sen näennäisen läpimitan pienyydestä johtuen käytettävä vahvaa suurennusta, joten planeetasta tuleva valomäärä hajaantuu ja kuva tulee himmeämmäksi. Sitä paitsi on Marsin ilmakehän takia käytettävä tummankeltaisia tai punaisia suodattimia. Näistä seikoista johtuen on tähän saakka ollut pakko käyttää siksi pitkiä valotusaikoja, ettei ole ollut toiveitakaan selvien kuvien saamisesta.

Hale-kaukoputki kokooa niin paljon enemmän valoa kuin mikään muu kaukoputki, että siinä voidaan huomattavasti lyhentää edellä mainittua valotusaikaa. Jos Marsin ollessa edullisessa oppositiossa (läpimita heinäkuussa 1954 21".9 ja syyskuussa 1956 24".7) jonakin yönä, jolloin Maan ilmakehä Palomarin yläpuolella on tavallista rauhallisempi, muutaman tunnin ajan otetaan Marsista kuvia juoksevalle filminauhalle, voi sattua, että jossakin tai joissakin näistä planeetan pinnanmuodostumat näkyvät selvästi ja yksityiskohtia myöten. Täten voidaan pitkäaikainen kiista kanavien olemassaolosta mahdollisesti ratkaista.

HUBBLIN mainitsema toinen kohta koskee maailmanavaruudessa olevan aineen kemiallisen kokoomuksen tutkimismahdollisuuksia. Hale-kaukoputkella saadaan tähdistä ja tähtisumuista kirjokuvia, jotka ovat kaksi kertaa pitemmät kuin Hooker-putkella saadut vastaavat kuvat. Nykyinen tietomme alkuaineiden suhteellisesta paljoudesta on vielä sangen hämärä. Uuden kaukoputken avulla toivotaan saatavan huomattavasti enemmän tällaisia tilastotietoja. Niihin perustuen voidaan tehdä laajakantoisia johtopäätöksiä mm. tähtienergian lähteistä, alkuaineiden syntyperästä sekä maailmankaikkeuden menneisyydestä ja tulevaisuudesta.

Kolmas tutkimusala on kosmologia. Koska Hale-kaukoputken peilin pinta-ala on neljä kertaa niin suuri kuin Hooker-peilin, »näkee» se kaksi kertaa niin kauas ulos avaruuteen. Täten saadaan mitä tärkeimpiä lisätietoja ulkogalaktisten tähtijärjestelmien sijainnista avaruudessa, sumujen spektriviivojen punasiirtymisestä ja monesta muusta vielä ratkaisemattomasta kysymyksestä.

HUBBLIN suunnitelmia ja muitakin tutkimuksia on jo alettu toteuttaa. Vaikkakin työt ovat pitkäaikaisia eivätkä tiedemiehet halua saattaa julkisuuteen mitään havaintoja ennen kuin he ovat melko varmoja niiden todenperäisyydestä, on jo kuultu eräistä huomattavista saavutuksista.

Miltei kymmenen vuotta sitten BAADÉ aloitti sarjan havaintoja, jotka etenkin Hale-kaukoputken tultua käyttöön ovat johtaneet tunnettuun tähtien jakoon kahteen »populaatioon», joista kummallakin on varsin tarkoin määrätty sijansa *Hertzsprung-Russellin* diagrammassa.

Ulkogalaktisten tähtijärjestelmien etäisyyden määrittämiseen käytetään useita fotometrisiä keinoja joista eräs on ns. *kefeidikeino*. Tähän mennessä on etupäässä voitu käyttää hyväksi vain varsinaisia kefeiditähtiä, joiden absoluuttinen kirkkaus on varsin suuri. Hale-kaukoputken avulla on kuitenkin voitu lähimmistä

tähtijärjestelmistä löytää ja tutkimuksia varten eristää himmeämpiä RR Lyrae-tähtiä, joiden valonvaihtelujaksot ovat alle vuorokauden. Näiden tähtien todellinen kirkkaus on määritettävissä paljon täsmällisemmin kuin varsinaisten kefeidien. Tuloksena tästä saavutuksesta on toteamus, että tähtisumujen etäisyys meistä on huomattavasti suurempi, ehkä jopa kaksinkertainen, siihen verrattuna mitä tähän mennessä on uskottu. Tästä johtuen sumujen ulottuvaisuusmitatkin ovat saman verran suuremmat, eikä siis oma Linnunratajärjestelmämme enää jää muihin verraten eri suurusluokkaan. Samaten on sille osalle maailmankaikkeudesta, jonka kaukoputkien avulla saatamme nähdä, annettava suuremmat mitat, ja laajenevaa avaruutta koskevan opin perusteella laskettu koko avaruuden säde sekä kaikkeuden nykyvaiheen ikä on laskettava uudelleen.

Sodanaikaisten radioteknillisten kokeiden eräänä tuloksena oli avaruudesta saapuvan radiosäteilyn keksiminen. Tästä kehittynyt ns. radiotähtitiede on vielä aivan alkuasteessaan. On kuitenkin jo voitu todeta, että eräistä avaruuden kohdista tuleva säteily on niin voimakas ja keskittynyt, että on arveltu niissä sijaitsevan »radiotähtiä». Ei ole vielä ennätetty kehittää radiolaitteita niin herkiksi, että radiotähtien koordinaatteja olisi voitu määrittää. Toiselta puolen on todettu, ettei näillä tienoilla ole mitään näkyviä huomattavia tähtiä, joiden voitaisiin arvella olevan säteilyn aiheuttajia. Aivan äskettäin on kuitenkin ilmoitettu, että Hale-kaukoputkella on näissä paikoissa keksitty joko kaasusumuja tai kaukaisia tähtijärjestelmiä, jotka voivat olla säteilyn lähteinä.

Suuri reflektori ei kuitenkaan ole ainoa Mount Palomarin valo-opillisista kojeista, jolla toivotaan saavutettavan ja jo on saavutettu hyödyllisiä tuloksia. Kuten jo alussa mainittiin, on vuorelle pystytetty myös kaksi Schmidt-mallista kaukoputkea, joista pienemmän peili on läpimitaltaan 46 cm ja suuremman 122 cm. Viimeksimainitussa käytetään tavallisesti 35.5×35.5 cm:n suuruisia valokuvauslevyjä, ja jokaiselle levyille voidaan valokuvata 40 neliöastetta. Voimakkaalla kaukoputkella ja uudenaikaisten valoherkkien levyjen ansiosta voidaan säännöllisissä olosuhteissa valokuvata tähtiä aina suuruusluokkaan 20.3 asti.

Tällä kaukoputkella eli kameralla tullaan valokuvaamaan koko Palomarista näkyvä osa taivaasta. Joka kohta taivaasta valokuvataan kahdesti, nim. sekä punaisessa että sinisessä valossa. Kun kokoelma muutaman vuoden kuluttua valmistuu, käsittää se noin tuhatkunta paria valokuvia ja on observatorioiden ja muiden halukkaiden ostettavissa. Paitsi sitä mikä on suoraan kuvista havaittavissa ja opittavissa, ovat kuvat omiaan huomattavasti helpottamaan työskentelyä tavallisen mallisilla kaukoputkilla, joiden näkökenttä on paljon pienempi. Schmidt-kameroita voidaan siis tässä mielessä verrata tavallisten kaukoputkien etsijöihin. — Mainittakoon, että jos edellä selostettu tähtitaivaan valokuvaaminen Schmidt-kameralla kestää neljä vuotta, kestäisi se samassa tahdissa Hale-kaukoputkella suoritettuna viisituhatta vuotta!

Kun 10 % valokuvaus- tai kartoitustyöstä oli suoritettu, oli valokuvista löydetty yli 350 uutta tähtijärjestelmien joukkoa sekä eräitä verraten lähellä olevia kääpiöjärjestelmiä, joista kaksi kuuluu ns. paikalliseen tähtijärjestelmien joukkoon.



Tähtijärjestelmä NGC 6611 eli Messier 16 Sobieskin kilven tähdistöissä. Valokuvattu Hale-putkella punaisessa valossa. Copyright: Mount Wilson and Palomar Observatories.

Merkuriuksen keskitiheys

Kun Merkuriuksella ei ole kuuta, jonka liikkeistä tuon planeetan massa olisi laskettavissa suhteellisen tarkasti, on sen ainemäärän ja keskitiheyden määrittäminen ollut varsin työläs tehtävä.

Encken komeetan häiriöistä johti ENCKE Merkuriuksen massalle arvon 1:4 866 000 Auringon massaa. Kaikkien vuosina 1819—1911 esiintyneiden pyrstötähtien ratojen häiriöistä BACKLUND sai massalle arvon, joka on vain noin puolet edellisestä, 1:9 700 000 Auringon massaa. Myöhemmin ovat NEWCOMB ja DE SITTER saaneet Merkuriuksen Venuksen liikkeeseen aiheuttamien häiriöiden perusteella arvot 1:7 208 000 ja 1:8 000 000. NEWCOMB itse arvioi saamansa arvon 33 % verran epävarmaksi.

Viimeisen ja varmaan myös tarkimman arvon on julkaissut RABE. Hän perustaa laskunsa Eros-planeetan häiriöihin vuosina 1926—1945 ja on saanut arvon 1:6 120 000, jonka tarkkuus hänen mukaansa on 0.7%. Ilmeisesti tämä onkin nyt viimeinen sana asiassa pitkäksi aikaa.

Jotta planeetan tiheys saataisiin selville, täytyy massan lisäksi tuntea myös sen koko. Merkuriuksen läpimitalle (astronomisen pituusyksikön 149 532 000 km päästä) on saatu arvoja, jotka vaihtelevat 5".73 (CAMPBELL v. 1894) ja 6".697 (BESSEL v. 1832) välillä. Jonkinlainen keskiarvo viimeaikaisista mittauksista on 6".4.

Jos käytämme läpimittana BESSELin saamaa arvoa, tulee Merkuriuksen halkaisijaksi 4 855 km ja tiheydeksi 5.4. CAMPBELLin saama näennäinen läpimita antaa halkaisijan arvoksi 4 154 km ja keskitiheydeksi 8.7. Jos mitattu halkaisija on 6".4 on se kilometreissä 4 640 ja tiheyden arvoksi tulee 6.3. Huomaamme, että näennäisen läpimitan epätarkka tunteminen vaikeuttaa tiheyden määrittämistä suuresti.

Tähtitieteen harrastajan kirjan sivulla 157 olevassa taulukossa on Merkuriuksen halkaisijan arvoksi annettu 4 130 km, joka oli LUNDMARKIN mukaan (*Populär Astronomisk Tidskrift*, v. 1934 siv. 140) paras arvo. Se ja massan arvo 1:5 800 000 \odot antavat tiheyden arvoksi samassa taulukossa olevan varsin suuren luvun 9.3.



Edellisen kuvan keskellä oleva kartiomainen muodostelma valokuvattuna Hale-putkella punaisessa valossa. Copyright: Mount Wilson and Palomar Observatories.



Neljä erityyppistä tähtijärjestelmää Leijonan tähdistössä. Valokuvattu Hale-putkella.
Copyright: Mount Wilson and Palomar Observatories.

LISÄÄ MAAILMANKAIKKEUDEN RAKENTEEN SELVITTÄMISKYSYMYKSEEN

Kirj. PENTTI KALAJA

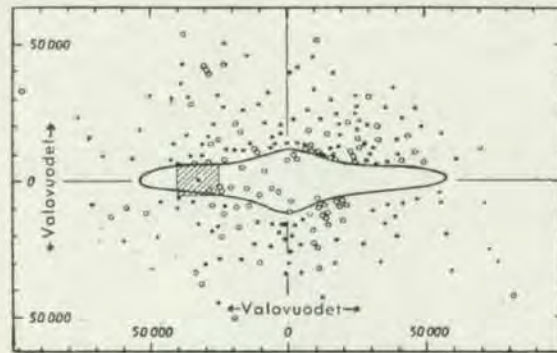
Ursan julkaisu *Tähtitiedettä harrastajille II* ilmestyi viitisentoista vuotta sitten ja siihen sisältyi kirjoitus maailmankaikkeuden rakenteesta. Tuntuisi luonnolliselta, ettei näin lyhyen ajan kuluessa ole ehditty tällaisesta peruskysymyksestä saavuttaa niin paljoa uutta tietoa, että jo taas olisi syytä palata samaan aiheeseen. Mutta kuitenkin voimme todeta, että näinkin lyhyenä ajanjaksona on useita edistysaskeleita otettu. Tähän vaikuttavista seikoista mainittakoon vain, että Palomar-vuoren 5 m:n läpimittainen peilikaukoputki on jo neljän vuoden ajan ollut tutkimuksen palveluksessa. On kehitetty uusi tähtitieteen haara, radio-astronomia, joka avaa tutkimukselle aivan omaperäisiä uria. Monessa muussakin suhteessa on tutkimuksen apuneuvoissa tapahtunut edistymistä ja tutkimus on päässyt tunkeutumaan entistä syvemmälle ja entistä tehokkaammin kohteeseensa.

Tuon viisitoista vuotta sitten kirjoitetun artikkelin alussa sanottiin: »Varmana voimme kuitenkin pitää, että tulevaisuus ei enää osoita käsitystämme aivan virheelliseksi, todellista maailmankaikkeuden rakennetta aivan toisenlaiseksi, vaikkakin yksityiskohdissa tietenkin voi tapahtua monenlaisia muutoksia.» Kun aikaperspektiivi viidentoista vuoden taakse on sittenkin lyhyt, voimme nyt siis helposti todeta tuon lauseen sattuneen täysin kohdalleen. Monia seikkoja on selvitetty ja useat yksityiskohdat ovat saaneet jossain määrin toisenlaisen selvityksen, mutta yleiskuva nykyisessä muodossaan on sama kuin silloin, vain selkeämpi ja yhä todennäköisemmin lähellä totuutta.

Tulkoon mainituksi eräitä seikkoja, joissa nykyinen käsitys eroaa siitä mitä tuossa aikaisemmassa artikkelissa oli mainittu. Planetaarisia sumuja ei pidetä suurimassaisimpina kuumina tähtinä, vaan atomiräjähdyksen tuloksena. Se tähtitihentymä, jota aiemmin nimitettiin paikalliseksi järjestelmäksi, onkin osa Linnunratajärjestelmämme eräästä haarasta. Aikaisempi käsitys tähtitiheyden vähenemisestä kaikkiin suuntiin oli tuloksena valoa absorboivan sumuaineen vaikutuksen arvioimisesta liian pieneksi. Käsitys siitä että tähtijärjestelmämme olisi kierteissumujen kasautuma, on todettu paikkansapitämättömäksi. Koko tähtijärjestelmämme on vain normaali kierteissumu. Vieraita tähtijärjestelmiä arvioidaan voitavan valokuvata uudella 5-metrisellä kaukoputkella entisen 2 miljoonan sijasta tuhatkunta miljoonaa. Tähän päätämmekin vertailut entiseen.

2 — Tähtitiedettä harrastajille

OMA TÄHTIJÄRJESTELMÄMME



Kuva 1. Piirros Linnunratajärjestelmästä sivulta katsottuna. Pienet renkaat esittävät pallonmuotoisia tähtijoukkoja, mustat pisteet yksinäisiä kirkkaita tähtiä. Matkat valovuosia. Auringon paikka on vinoviivaneliön keskellä.

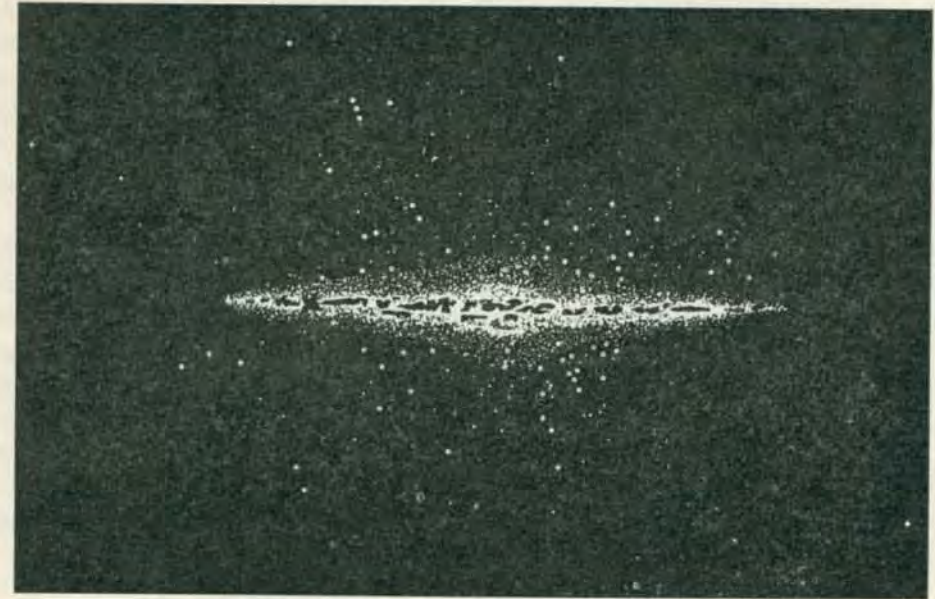
suhteessa väheneminen ei tapahdu tasaisesti, vaan pikemminkin voidaan sanoa, että tiheät ja harvat alueet seuraavat toisiaan vuorotellen keskustasta ulospäin kuljettaessa.

Varsinaisen linnunratakoostuman ulkopuolella on tähtiä hyvin harvakseltaan ikään kuin sitä ympäröivänä harsona. Tässä varsinaista Linnunrataa ympäröivässä avaruudenosassa sijaitsevat nuo satakunta tunnettua pallonmuotoista tähtijoukkoa.

Kun katselemme suurilla kaukoputkilla valokuvattuja kierteissumujen kuvia, samoin kuin jos katsomme oman tähtijärjestelmämme tähtitiheistä osista valokuvattuja hienoja tähtivalokuvia, saamme varmastikin aivan väärän käsityksen tähtitiheydestä, tähtien keskinäisistä välimatkoista niissä avaruuden osissa, mitä nuo kuvat esittävät. Noissa kuvissahan tähdet näyttävät olevan melkein kuin kiinni toisissaan, usein ne sulautuvat suorastaan yhteen, muodostaen valokuviin valkoisia pintoja. Tämä kaikki johtuu tähtien kirkkaudesta ja valokuvauslevyjen osittaisesta ylivalotuksesta. Tosiasiallisesti tähtijärjestelmämme, samoin kuin vieraitten kierteissumujen tähtitiheimmätkin osat, ovat käytännöllisesti katsoen tyhjyyttä, jokin tähti vain siellä täällä. Jos kaksi kierteissumua kulkisi toistensa läpi, ei todennäköisyyden mukaan monikaan niiden miljardeista tähdistä törmäisi toiseen tähteen.

Se seutu, missä me sijaitsemme omassa tähtijärjestelmässämme ei ole suinkaan järjestelmän tähtitiheimpiin seutuihin kuuluva. Ehkä keskustassa tähtitiheys on 60 kertainen, ehkä suurempikin. Mutta ei lähiympäristömme myöskään tähtiköyhimpiä ole, sijaitseehan se sentään varsin lähellä järjestelmämme keskitasoa.

Millaisia ovat sitten kiintotähtien välimatkat lähiympäristössämme. Inhimillisiin matkoihin verrattuna ne ovat käsittämättömän pitkiä. Jos 1 000 kilometriä



Kuva 2. Linnunratajärjestelmän todennäköinen ulkonäkö sen tason suunnasta ulkoapäin katsottuna. Pienet renkaat kuvaavat pallonmuotoisia tähtijoukkoja.

tunnissa kiitävällä rakettilentokoneella lähtisimme liikkeelle, voisimme kiertää maapallon vajaassa kahdessa vuorokaudessa, ehtisimme Kuuhun 16 vuorokaudessa ja pääsisimme Aurinkoon 17 vuodessa. Pluton radan laidasta laitaan, joka on pisin matka aurinkokunnassamme — 11 800 miljoonaa kilometriä —, kulkemiseen tarvittaisiin tällä lentokoneella kylläkin jo 1 350 vuotta, mutta näissä matkat ovat silti vasta kiertotähtien välisiä matkoja. Lähin tähti α Centauri on 40.5 biljoonan kilometrin päässä. Tuo 1 000 kilometriä tunnissa matkaava rakettilentokone tarvitsisi matkaan 4 600 000 vuotta, siis meille käsittämättömän pitkän ajan. Jos vaihdamme kulkuneuvoa, kuvittelemme nuo matkat tehtäväksi valon nopeudella, pääsisimme maapallon ympäri 1/7 sekunnissa, Kuuhun 1.3 sekunnissa ja Aurinkoon 8 min. 18 sek:ssa. Pluton radan lävistäisimme 11 tunnissa, mutta nytkin tarvitaan runsaasti aikaa matkalle α Centauriin. Siihen kuluisi 4 vuotta 3 kuukautta.

Kun tämä on normaali kiintotähtien välimatka, voimme aavistaa miten tyhjää tähtijärjestelmämme keskitason tienoillakin on. Auringon kokoisia palloja mahtuisi tuohon välimatkaan jonoon 30 miljoonaa kappaletta.

Jos Aurinko olisi omenan kokoinen 5 cm läpimittainen pallo, olisi Maa läpimitaltaan puoli millimetriä ja sijaitsisi Aurinko-omenasta viiden metrin päässä. Lähin kiintotähti, joka myös olisi omenan suuruusluokkaa tai vähän suurempi, sijait-sisi tällöin lähes 1 400 kilometrin päässä.

Tämä tavaton tyhjiys tähtijärjestelmämme tiheimmissäkin osissa on pidettävä aina muistissa maailmankaikkeuden rakennetta tarkasteltaessa. Luotettavia tietoja järjestelmämme keskuksen tiheydestä ei ole. Jos tähtitiheys olisi siellä 60-

kertainen lähiympäristöömme verrattuna, merkitsisi se sitä, että tähtien välit olisivat neljäsosan verran siitä, mitä ne ovat täällä. Tähtitiheys lienee suurin pallonmuotoisten tähtijoukkojen keskusosassa. Jos se olisi siellä vaikkapa kymmentuhatkertainen, merkitsisi se vain, että kiintotähdet, nuo omenan kokoiset pallot mallissamme, olisivat vain 60 kilometrin päässä toisistaan. Tähdestä toiseen olisi matkaa sielläkin niin paljon, että enemmän kuin miljoona Auringon kokoista palloa mahtuisi siihen jonoon.

Tähtien välisten matkojen pituuden vuoksi on epätarkoituksenmukaista käyttää pituudenmittana kilometriä. Tähtitieteessä käytetään kahta soveliasta mitta. Valovuosi on se matka, jonka valonsäde kulkee vuodessa. Tähän matkaan tutustuimme jo edellä. Se on 9.5 biljoonaa kilometriä eli luvulla ilmaistuna 9 500 000 000 000 km. Sitä matkaa, jonka etäisyydestä Maan ja Auringon keskimääräinen välimatka kohtisuoraan katsottuna näkyisi yhden kaarisekunnin kulmassa, siis se väli minkä etäisyydestä tähden parallaksikulma olisi yhden kaarisekunnin suuruinen, nimitetään parsekiksi eli tähtiväliksi. Sen pituuden kilometerissä saamme tietää kertomalla Maan ja Auringon välimatkan luvulla 206 265. Tulo on 30.8 biljoonaa kilometriä. Toisin sanoen

$$1 \text{ tähtiväli (parsek)} = 3.26 \text{ valovuotta.}$$

Seuraavassa joudumme käyttämään näitä molempia mittoja rinnan, koska kirjoituksen eri kuvissa, jotka on saatu eri lähteistä, on käytetty toisissa toista, toisissa toista mitta.

Auringon lähin kiintotähtiympäristö. Äskeisessä mallissamme oletimme, että tähtien keskimääräinen välimatka Auringon lähimmässä kiintotähtiympäristössä olisi sama kuin etäisyys α Centauriin, lähimpään tunnettuun kiintotähdeen. Näin saatu välimatka 4.2 valovuotta on lyhyehkö, sillä nykyisten tietojen mukaan palloon, jonka keskuksena on Aurinko ja jonka säde on 16 valovuotta, sisältyy vain 50 kiintotähteä. Toisin sanoen kullekin tähdelle jää 340 kuutiovalovuoden tila, jonka mukaan tähtien keskimääräinen välimatka onkin 7.0 valovuotta. Ja tällöin kaksoistähtien ja useampikertaisten tähtien osatähdet on laskettu jokainen itsenäisenä tähtenä mukaan. Vuoden 1938 kirjoituksessa tämä luku oli 7.7, sen verran on väliaikana tietomme lisääntyneet. Pallossa, jonka säde on puolet tästä, pitäisi olla 1/8 tästä tähtimäärästä, eli siis 6. Niitä tunnetaan 9. Luku on jo niin pieni, että sattuma vaikuttaa jo varmaan melkoisesti asiaan. Mutta luultavasti sittenkin on niin, että emme vielä tunne kaikkia lähitähtiämme. Erittäin huomattavaa on, että noista 50:stä lähimmästä tähdestä vain neljännes on riittävän valovoimaisia näkyäkseen paljain silmin. Meidän Aurinkomme on niiden joukossa seitsemänneksi kirkkain. Jos meidän pitäisi valita yksi tähti normaalimallitähdeksi, tulisi siksi siis ilmeisesti todelliselta valovoimaltaan 9 tai 10 suuruusluokan tähti, siis tähti, jonka kirkkaus on vain noin 1/100 Auringon kirkkaudesta.

Mainittakoon vielä, että äskeisen, 50 tähteä sisältävän pallon läpimitta olisi taulun VII mittakaavassa juuri 1/100 kuvaan merkittyjen neliöiden säteestä.

Kuvassa 1 näkyy Aurinkoa esittävän pisteen ympärillä pieni viivoitettu suorakaide. Taulun VII kuva esittää suhteellista tähtitiheyttä siinä poikkileikkauk-

sessä, jota tuo suorakaide esittää. Se kuvaa siis Aurinkomme laajempaa lähiympäristöä.

Taulusta VII voimme todeta, että Aurinkomme on melkoisen tarkkaan Linnunradan keskitasossa. Tähtitiheet kohdat sen vasemmalla ja oikealla puolella voimme helposti kuvitella kierteissumun poikkileikatuiksi kierteishaaroiksi. Herättää ikään kuin hämmästyystä, miksi tähtipisteitten merkitseminen Linnunradan tason suunnassa on lopetettu juuri kiintoisimmissa kohdissa kesken. Olisihan tärkeätä saada tietää, alkaako tähtitiheys jälleen vähetä kummassakin suunnassa. Juuri päätason suunnassa tutkiminen on kaikkein vaikeinta. Linnunradan pöly- ja kaasusumut estävät siinä tasossa valonsäteen tunkeutumisen syvemmälle siinä määrin, ettei luotettavia tietoja ole voitu saada. Tästä taulusta voimme myös erittäin hyvin saada käsityksen siitä kuinka nopeasti, mutta silti ilman mitään erityistä rajaviivaa tähtitiheys alenee Linnunradan tasosta poistuttaessa. Jo 1 000 tähtivälin päässä »ylä-» ja »alapuolella» se on vain noin 1/20 siitä, mitä se on Auringon lähistöllä. Taulun osoittamissa tähtitiheimmissä osissa se sen sijaan on yli 3-kertainen. Myös on todettavissa, että järjestelmä hieman paksunee oikealle päin, jossa sen keskus sijaitsee 9 000—10 000 tähtivälin eli 30 000—35 000 valovuoden päässä. Meidän sijaintimme näyttää sattuvan jokseenkin kahden kierteishaaran välille.

Vielä jokin vuosikymmen sitten pidettiin todennäköisenä, että meidän tähti-järjestelmämme olisi jonkinlainen manner ja muut kierteissumut siihen verrattuna vain pienehköjä saaria. Tähän käsitykseen oli päädytty mm. mittaamalla kierteissumujen läpimitat. Kun niiden etäisyydet oli saatu selville fotometrisin keinoin, todettiin helposti, että kierteissumut olivat suhteellisesti pieniä. Mutta totuus on — niin kuin niin usein — vaivalloisemman selvittelyn päässä. Kun saatiin yhä parempia valokuvia, todettiin, että kierteissumut ulottuvatkin paljon laajemmalle kuin sitä ennen oli luultu, ja kun toisaalta Auringon lähiympäristön tähtitiheys ja tähtien kirkkaudet oli selvitetty ja voitiin laskea, mikä on Linnunradan kirkkaus Auringon kohdalla ulkoapäin katsottaessa, tultiin vallan ällistyttyvänsä tulokseen. Olemme erittäin syrjäisessä paikassa. Tämä ilmenee selvästi taulusta VIII, 1, johon on kuvattu Kolmion kierteissumu ja johon on risteillä merkitty kaksi sellaista kohtaa, joissa tuon sumun kierteitten valovoima on sama kuin Linnunradan valovoima meidän sijaintikohdassamme. Onko tämäkään viimeinen sana tässä asiassa, sen näyttää tulevaisuus.

Tähtien välinen aine. Tähtien välinen avaruus ei suinkaan ole aivan tyhjä. Järjestelmän pöly- ja kaasusumut muodostavat ilmeisesti olennaisen osan kierteishaarojen kokonaisainemäärästä. Tähtien välinen aine esiintyy yleensä pilvimäisissä kasautumissa. Karkeasti yleistäen voidaan sanoa, että tuota ainetta on neljässä eri ilmenemismuodossa. Ensiksikin nuo monimuotoiset valoisat sumut. Ne loistavat yleensä heijastamalla lähitähtien valoa. On myös sellainen mahdollisuus, että lähitähden säteilemästä energiasta osa imeytyy väliaineeseen ja jou-

tuu toisen aaltopituusena säteilynä jälleen jättämään väliaineen. Näitä sumuja sanotaan refleksio- ja emissiosumuiksi. Kolmanneksi on olemassa pimeitä sumuja, jotka voidaan todeta vain siitä, että ne joko pimmentävät tai heikentävät niiden takaa loistavien tähtien valon, joka todetaan näennäisen tähtitiheyden äkillisenä paikallisena vähenemisenä. Nykyinen käsitys on, ettei pimeitten sumujen ja loistavien sumujen välillä ole mitään olennaista eroa. Pimeät sumut eivät loista koska ei mikään tähti valaise niitä soveliaasti. Kaikki nämä sumut ovat varsin harvarakenteista ainetta. Seuraavien pikku taulukoiden luvut luonnehtivat tähtien välisiä sumupilviä.

1. Valoisia sumuja

Nimi	Näenn. läpimitta	Etäisyys tähtiväliä	Todell. läpimitta tähtiväliä
Orionin sumu	3°	540	30
Pohjois-Amerikka sumu	3°	190	10
Plejadien sumu	6°	150	16
NGC 6514	23'	980	6
NGC 6611	20'	2050	12

2. Pimeitä sumuja

Tähtikuvio	Etäisyys tähtiväliä	Läpimitta tähtiväliä	Ainepaljous Aurinko = 1	Himentää suuruusluokkaa
Härkä, Orion, Ajaja	145	65	7	1.1
Kepheus, Kassiopeja	500	170	120	0.7
Joutsen	700	103	55	1.5
Käärmeenkantaja, Skorpioni, Kilpi	125	80	13	0.9

Taulukoissa on tietoja kookkaista sumuista. Tyypillisin sumun koko näyttää olevan sellainen, että sen läpimitta on alle 10 tähtiväliä.

Refleksiosumut, emissiosumut ja pimeät sumut ovat osaksi pölymäistä, osaksi kaasumaista ainetta, mikä voidaan todeta monellakin tavoin.

Neljänneksi tavataan erityisesti Linnunradan keskitasossa kaasumaista väliainetta, mikä todetaan niin sanottujen pysyvien kirjoviivojen avulla. Kun esimerkiksi kaksoistähdet osatähdet pyörivät toistensa ympäri, liikkuvat niiden kirjoviivat säteisnopeuden vaihtelun tahdissa edestakaisin, mutta eräät heikot viivat pysyvät jatkuvasti paikoillaan. Nämä viivat synnyttää asianomainen tähden ja kirjoputken välissä oleva erittäin harva kaasumaisessa tilassa oleva aine. Väliaineessa on todettu vedyn, typen, hiilen, natriumin, kaliumin, kalsiumin, raudan ja titaanin atomeja. Tämä toteamus ei tarkoita, että tähtien välinen kaasumainen aine olisi muodostunut yksinomaan tai edes pääasiallisesti näistä aineista. Nämä ovat vain ominaisuuksiltaan sellaisia, että ne tulevat esille niissä olosuhteissa herkemmin kuin muut.

Tähtien välinen aine on tavattoman harvaa. Tiheimmissäkin »pilvissä» on ainetta vain muutamia grammoja kuutiopeninkulmassa! Usein pilven tiheys on

vain ehkä tuhannesosa tästäkin. Kuitenkin sumuaineen merkitys on suuri monessa suhteessa. Näyttää siltä, että tähdet syntyvät sumusta tapahtuneista tiivistymistä. Myöskin on huomattava, että pienestä tiheydestä huolimatta sumujen ainemäärä kohoaa kokonaisuudessaan suureksi. Eräiden arvioiden mukaan 40 prosenttia tai ehkä puolet tähtijärjestelmämme kokonaisuusmäärästä on tähtien välisenä sumu- ja pölyaineena ja vain runsas toinen puoli tähtinä.

Tähtitieteilijöille sumusta on huomattavaa vastusta. Nimenomaan kun on kysymys pitkistä matkoista Linnunratatason suunnassa se vaikeuttaa kaikkia tutkimuksia. Toisaalta se estää näkemisen, ja sielläkin missä se vain heikentää valoa, aiheutuu paljon epävarmuutta siitä kuinka paljon se sitä heikentää. Juuri tämä vaikeuttaa monien etäisyydenmäärityskeinojen käyttöä. Niinpä kun valon imeytymistä sumuissa ei otettu riittävän suuressa määrin huomioon, saatiin juuri Linnunratatason suunnassa varsin virheellinen kuva tähtijärjestelmämme rakenteesta. Uskottiin, että tähtitiheys oli suhteellisesti paljon suurempi juuri lähiympäristössämme. Sumujen epämääräisyys aiheuttaa edelleenkin paljon epävarmuutta ja tietenkin virheitäkin.

Linnunradan pyöriminen. Edellä on useampaan kertaan mainittu Linnunratajärjestelmän keskustasta ja meidän sijainnistamme varsin kaukana siitä. Maallikosta tuntuu, että tuollaisen seikan selvittämisen täytyy olla vaikea ja tämä käsitys vahvistuu, kun saa kuulla, että valonsäde ei pimeiden sumujen vuoksi voi tunkeutua Linnunradan tasossa keskustasta meihin saakka. Miten keskustan olemassaolo, sen suunta ja etäisyys on sitten voitu saada selville? Ensimmäinen peruste oli siinä, että Sagittariuksen tähtikuvion suunnassa todettiin olevan kirkkaita kefeiditähtiä runsaammin ja tiheimmässä kuin muualla. Tämä oli ikään kuin viittaus asiaan, mutta teorian asteelle tuo viittaus pääsi kun SHAPLEY totesi pallonmuotoisten tähtijoukkojen muodostavan suljetun järjestelmän, jonka keskus sijoittui Sagittariuksen tähtikuvion suuntaan, meistä noin 30 000 valovuoden eli 10 000 tähtivälin etäisyydelle. Tämä jo kolme ja puoli vuosikymmentä sitten esitetty teoria on ajan kuluessa saanut vahvistusta monesta muusta havaintotosiasiasta. Ennen muuta Linnunradan pyörimistä koskevat tutkimukset ovat sen vahvistaneet. Vieläpä on suoritettu tutkimus erikseen useista eri tähtityypeistä ja aina on päädytty erittäin hyvin samaan tulokseen. Tähänastisena lopputuloksena voimme sanoa, että Linnunratajärjestelmän keskus on Linnunradan tasossa, galaktisen pituuden suunnassa 325° ja että Auringon etäisyys keskustasta on 9 400 tähtiväliä eli 31 000 valovuotta.

Vaikkakin Linnunratajärjestelmän pyörimisen selvittäminen on tapahtunut jo yli kaksi vuosikymmentä sitten, on ehkä paikallaan selostaa sen periaatetta hieman. Fysikaalisesti asiaa tarkastellen on luonnollista, että Linnunrata on pyörimisliikkeessä. Muuten se ei voisi pysyä litteän kiekon muotoisena järjestelmänä. Se joko menisi kasaan, kaikki »putoaisi» keskustaan, tai — mikä on paljon todennäköisempää — hajaantuisi eri suuntiin.

Linnunrata ei pyöri kuten kiinteä kappale — esimerkiksi vaunun pyörä —

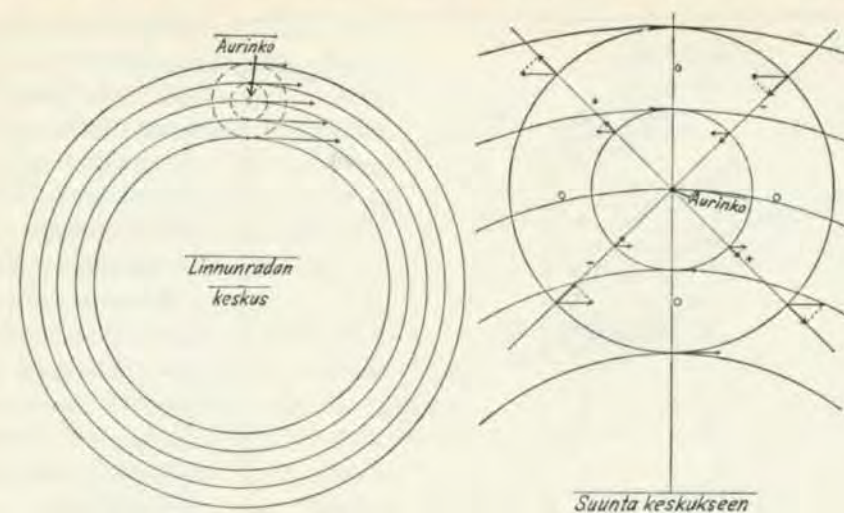
siten että kaikkien kohtien kulmanopeus olisi sama ja viivallinen nopeus olisi pienin lähellä keskustaa ja suurin reunoilla. Se ei myöskään pyöri kuten planeettakunta. Kun aurinkokunnassamme miltei kaikki massa on keskittynyt keskuskappaleeseen, Aurinkoon, vaatii vetovoimalaki, että Merkuriuksen sekä kulmanopeus että viivallinen nopeus on suurin, sitten Venuksen taas suurempi kuin sitä ulompien planeettojen jne. Linnunradan ainemäärä ei siinä määrin ole keskittynyt keskustaan kuin aurinkokunnassamme on asian laita. Linnunratajärjestelmän pyörimistapa on näiden molempien äärimmäisyyksien väliltä. Keskus pyörii hitaasti. Siitä ulommaksi tultaessa vauhti kiihtyy, kunnes erääseen rajaan tultaessa kiihtyminen päättyy ja kiertonopeus alkaa vähentyä edelleen reunaa kohti mentäessä.

Jokaisella tähdellä on oma ominaisliikkeensä puoleen tai toiseen, mutta ominaisliikkeiden vaikutus on yleensä vain muutamia kymmeniä kilometrejä sekunnissa. Sen sijaan Aurinkomme paikoilla kiertonopeus on 268 kilometriä sekunnissa.¹ Kun siis kiitomatkallemme Linnunradan keskuksen ympäri katselemme lähitähtiä, toteamme niissä vain ominaisliikkeiden aiheuttamia vähäisiä ominaisnopeuksia puoleen ja toiseen. Mutta tilastollisesti tarkastellessamme tähtiä Linnunradan keskuksen suunnassa, jossa kiertonopeus on suurempi, ja vastakkaisella puolella, jossa nopeus on pienempi, täytyy systemaattisen eron tulla esille sekä ominaisliikkeessä, joka voidaan saada selville suoranaisilla mittauksilla valokuvauslevyistä, että näkösäteen suuntaisessa nopeudessa, joka taas on mitattavissa kirjoituskoneella kirjoitustulosten siirtymästä.

Kuva 3 selvittää asian. Siinä näemme vasemmalla, miten eri etäisyyksillä keskustasta nopeus on erilainen. Kun Aurionon nopeusvektori vähennetään muiden tähtien nopeusvektoreista, jää jällelle oikeanpuoleisen kuvan esittämät ylijäämävektorit. Aurinko on ikään kuin paikallaan, samoin ne tähdet, jotka liikesuunnassa ovat suoraan edessä (oikealla) tai takana (vasemmalla). Sen sijaan Linnunratajärjestelmän keskuksessa päin olevat tähdet näyttävät liikkuvan normaaliin liikesuuntaan sitä suuremmalla nopeudella, mitä kauempana ne ovat. Vastakkaisella puolella olevat tähdet näyttävät sen sijaan liikkuvan taaksepäin, vasemmalle, ja myös sitä nopeammin, mitä kauempana ovat. Näissä neljässä nyt tarkastellussa suunnassa ei sen sijaan ilmene mitään ylijäämänopeutta näkösäteen suunnassa. Jos sen sijaan tarkastamme tähtiä, jotka ovat kulmassa äsken tarkastettuja suuntia vastaan, on ylijäämävektori niissäkin kuvion mukaan joko oikealle, jos tähdet ovat keskuksen puolella tai vasemmalle, taapäin, jos ne ovat reunan puolella, mutta meistä katsoen vektori jakautuu piirroksessa ilmenevällä tavalla ylijäämäksi säteisnopeudeksi (vektori Aurinkoon päin tai siitä pois päin) ja näennäiseksi ominaisliikkeenopeudeksi (pilkkuviivavektori, joka on kohtisuorassa näkösädetä vastaan).

Kun on tutkittu eri kirjoituskoneiden suhtautumista (A-tähtiä, F-G-tähtiä, K-täh-

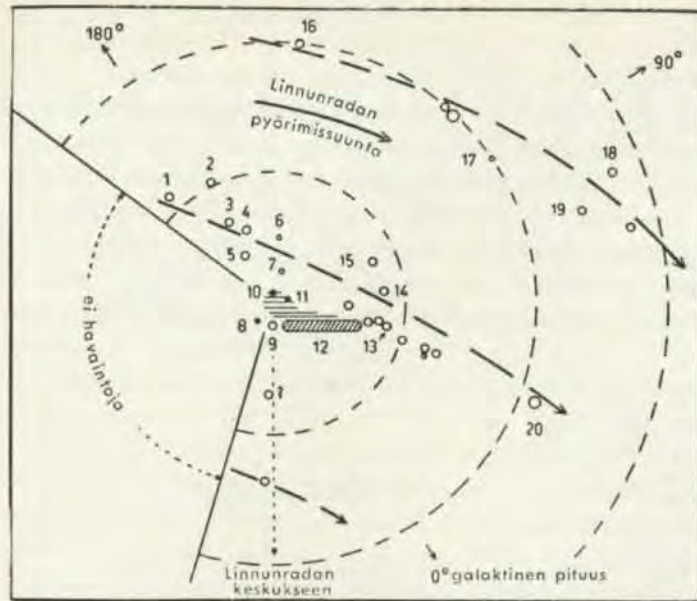
¹ Tämä nopeus on annettu W. BECKERIN kirjassa *Sterne und Sternsysteme* (1950). V. A. HEISKANEN kirjassaan *Tähtitiede II* (1950) antaa nopeuden 285 km/sek ja BOK kirjassaan *The Milky Way* (1945) nopeuden 250 km/sek.



Kuva 3. Piirrosten selitys tekstissä.

tiä, M-tähtiä, kefeidejä, ylijättiläisiä, kirkkaita tähtiä, himmeitä tähtiä, planetaarisia sumuja ja avoimia tähtijoukkoja) tulokset sopivat merkittävän hyvin yhteen, ja lopputulos keskuksen suunnasta ja meidän etäisyydestämme siihen on sellainen kuin jo edellä sanottiin.

Linnunradan kierteitten tutkiminen. On milteipä jännityskertomuksen veroista seurata, kuinka tutkimustyö voittaa tai kiertää sen eteen sattuneet esteet. Paljaan silmän avulla ei pystytty paljoakaan sanomaan tähdistä. Keksittiin kaukoputki. Sitä kehitettiin monen vuosisadan ajan. Kaikille on selvää miten ainoalaatuisen korvaamaton kaukoputki on ollut tähtitieteen kehitykselle. Mutta paljon monipuolisempiin tuloksiin päästiin kun kirjoituskone otettiin tähtitieteen palvelukseen. Se on perustana kaikelle tähtien fysiikan ja kemian tutkimiselle. Sen avulla mitataan tähtien säteisnopeudet. Se antaa varsin monia tärkeitä tietoja. Kolmas suuri keksintö on valokuvaus. Sen soveltaminen tähtitieteen palvelukseen on jatkanut mahdollisuuksia siitä mihin silmän näkökyky päättyy. Mutta kauemmas on päästävää. Silmä ottaa vastaan elektromagneettisesta säteilystä vain yhden oktaavin. Valokuvauslevy jatkaa sitä lyhyihin aaltoihin päin jonkin verran kauemmaksi. Keksittiin infrapunaherkät valokuvauslevyt ja niin voitiin saada tietoa myös pitkäaaltoisemman säteilyn puolelta laajemmalla kuin mihin silmämme pystyy. Tämän laajennuksen merkitys on siinä, että infrapunainen säteily tunkeutuu paljon paremmin tähtienvälisen aineen läpi joten sitä käyttäen valoa imevän aineen haitallinen vaikutus vähenee. Mutta sähkömagneettisten aaltojen alue ulottuu paljon laajemmalle. Voidaanko muunlaisia aaltoja käyttää avaruuden tutkimiseen? Aivan viime vuosina on syntynyt aivan uusi



Kuva 4. Aurinko sijaitsee pilkkuviivaympyröitten keskipisteessä. Nämä ympyrät esittävät 1000, 2000 ja 3000 tähtivälin etäisyyttä Auringosta. Linnunradan keskus on alaspäin osoittavan pilkkuviivan suunnassa. Avonaiset ympyrät osoittavat ionisoitunutta vetyä sisältävien pilvien paikat. Pisteet 8 ja 10 sekä alue 12 ovat tunnetuimpia pimeitä sumuja. 5 = Orionin sumu, 12 = Käärmeen, Kotkan ja Joutsenen tähtistön sumualue, 13 = Pohjois Amerikka-sumu. Vetysumujen viitoittamat Linnunradan kierteet on merkitty katkoviivanuolilla.

tutkimuksessa valokuvattiin uudentyypisellä, tarkoitukseen sopivalla kameralla Linnunradan tasoa ja kaikkien valokuvissa näkyvien ionisoitunutta vetyä sisältävien pilvien paikat määrättiin. Etäisyydet saatiin selville sumuja valottavien tähtien avulla. Vain O- ja B-tähdet tulevat tässä kysymykseen. B-tähtien etäisyydet arvioitiin tavalliseen tapaan todellisen ja näennäisen suuruusluokan erotuksesta, O-tähtien etäisyys taas saatiin pysyväisten kalsiumviivojen voimakkuudesta. Mitä pitemmän matkan valo on siellä kulkenut, sitä vahvemmaksi tuo tähtien välinen kalsium on ehtinyt voimistuttaa kirjojiivaansa. Näin saatiin kuvan 4 osoittama tulos, jota SHAPLEY on sanonut nykyaikaisen tähtitieteen loistavimmaksi saavutukseksi.

Niin erikoinen kuin tämä tutkimustulos onkin, on siinä useita kohtia, jotka ovat ristiriidassa aikaisempien tulosten kanssa. Ennen kaikkea kokemus muista kierteissumuista on osoittanut, että kierteitten muoto on säännöllisesti sellainen, jota matemaatikot nimittävät logaritmiseksi spiraaliksi. Keskuksen suunta näyttäisi tämän mukaan poikkeavan noin 20 astetta siitä, missä se muitten tutkimusten mukaan on. Kierteet näyttävät olevan epänormaalin tiheässä. Ja muitakin epäselvyyksiä tuloksessa on. Mutta näistäkin huolimatta täytyy sanoa, että se on

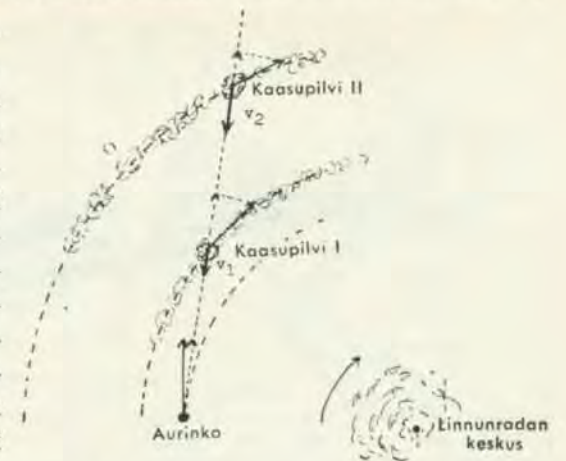
tähtitieteen haara, radioastronomia, jolla on jo nykyään monenlaisia tehtäviä. Eräs niistä kiinnostaa meitä tähtijärjestelmämme rakenteen selvittämiskysymyksessä.

Kaksi aivan äskettäin tehtyä merkittävää tutkimusta on avannut uusia näköaloja tähtijärjestelmämme kierteitten tutkimisessa.

On huomattu, että ionisoitunutta vetyä esiintyy yleensä vain kierteissumujen kierteitten laitaosissa. Tämä on voitu todeta selvästi mm. Andromedan kierteissumusta. Yrkesin tähtitornissa suoritettussa

arvokkaana lisänä tähtijärjestelmämme rakenteen selvittämisessä.

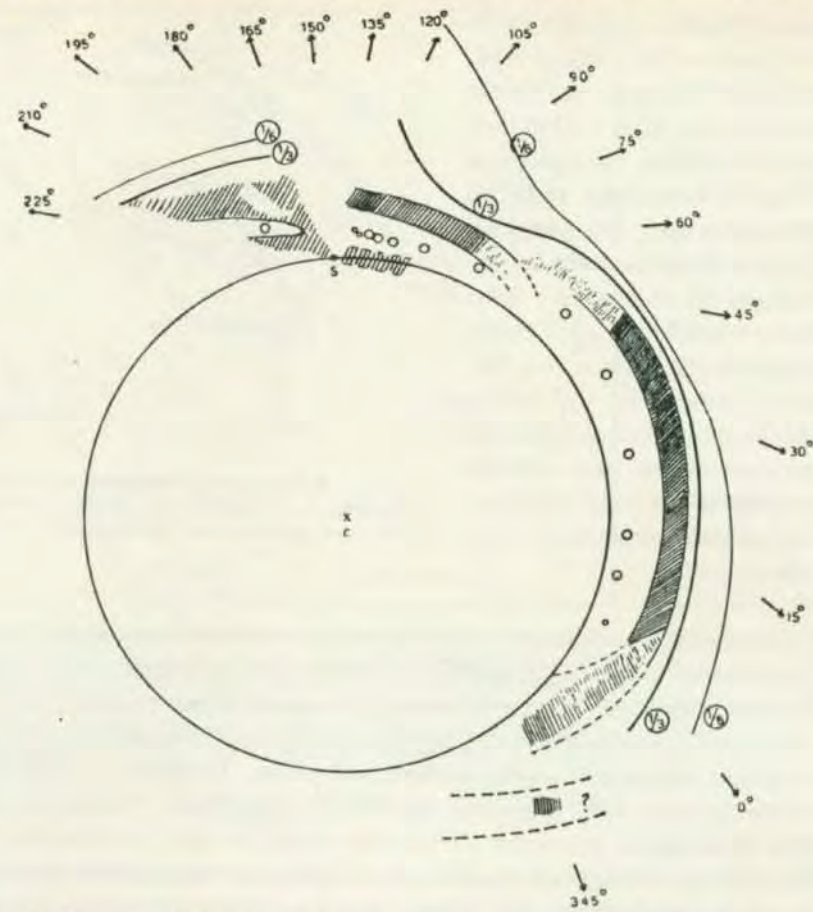
Toinen aivan hiljattain suoritettu Linnunradan kierteitten tutkiminen on tehty Hollannissa radioastronomian avulla. Teoreettista tietä oli tultu siihen tulokseen, että vetykaasuatomi lähettää radiosäteilyä, jonka aaltopituus on 21.105 cm. Käytännöllinen havaintotyö johti tulokseen keväällä 1951, jolloin ensi kerran saatiin Kootwijkin 7.5 metrin radioteleskoopilla vastaanotetuksi tuota säteilyä. Veisi liian pitkälle tässä yhteydessä selvittää niitä teknillisiä vaikeuksia joita tässä työssä oli voitettava.



Kuva 5. Kaaviopiirros Linnunradan haarojen selvittämisestä radiosäteilyn avulla. Linnunradan keskus on piirroksessa suhteellisesti liian lähellä.

Yksityiskohtainen radioaallon voimakkuuden tarkastelu erästä Joutsenen tähtistön alueesta osoitti, että aallolla oli kolme eri maksimikohtaa. Tämä on seuraus Doppler-ilmiöstä. Kun eri vetypilvillä on erilainen nopeus havaitisjaan nähden, muuttuu vastaanotettavan säteilyn aaltopituus hieman ja näin voidaan havaita samasta suunnasta useita peräkkäisiä pilviä. Kuvassa 5 esitetty piirros kuvaa tutkimuksen tulosta Joutsenen tähtikuvion suunnassa. Auringon ja kaasupilvien I ja II todelliset nopeudet on merkitty mustilla ylös tai yläoikealle suuntautuvilla nuolilla. Yläoikealle suuntautuvat pilkkunuolet osoittavat liikkeitten komponentin tutkimussuunnassa. Kun Auringon liikettä osoittava vektori vähennetään kaasupilvien vastaavista vektoreista, jää jällelle suhteellista nopeutta osoittavat vektorit v_1 ja v_2 . Radiosäteilyn kolmen huipun aaltopituuksien suhteellisia nopeuksia 0, 40 ja 70 km/sek. Lähimmän säteilykohdan etäisyyttä ei ole voitu arvioida, mutta toisten etäisyydet ovat 5 500 ja 8 000 tähtiväliä. Nämä ovat niin muodoin Linnunradan kahden peräkkäisen kierteen etäisyydet meistä Joutsenen tähtikuvion suunnassa. Kaasupilvien uraa on seurattu piste pisteeltä ja näin on päädytty mm. siihen tulokseen että noiden kierrehaarojen lähimmät kohdat ovat meistä 3 000 ja 5 000 tähtivälin päässä. Erityisesti lähin näistä sopii hyvin yhteen tätä ennen selitetyn uuden keinon avulla selville saadun kierrehaaran kanssa.

Viimeiset hollantilaisten radioastronomien saamat tulokset ilmenevät kuvasta 6. Siinä C tarkoittaa Linnunratajärjestelmän keskustaa ja S Auringon paikkaa. Kuten näkyy, kuviossa on vielä paljon täyttämätöntä aluetta, mutta radiotähtitiedehän onkin vasta uransa alussa. On saatu selville että kierteishaaroissa tähtitiheys nousee noin kymmenkertaiseksi siitä, mitä se on haarojen välissä. Myöskin on todettu, että suunnassa 50° uloin haara on hieman eri tasossa kuin kes-



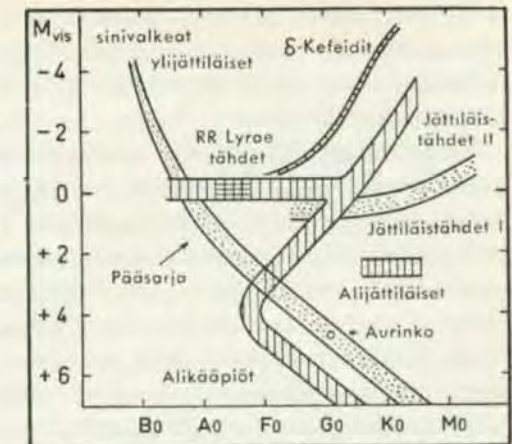
Kuva 6. Linnunratajärjestelmän kierteitten selvittäminen 21 cm radiosäteilyn avulla.

kimmäinen. Tutkimukset antanevat pian vastauksen mm. siihen kysymykseen onko kullakin kierteishaaralla oma magneettinen kenttensä.

Aina kun on kysymys uudenlaisista menettelytavoista, on syytä odottaa menetelmän vakiutumista ja varmentumista. Sen jälkeen vasta on parhaat tulokset odotettavissa. Nämä molemmat juuri selostetut menettelytavat ovat jo alkuun häikäisseet tuloksillaan. Toivottavasti ne antavat vielä paljon.

Kiintotähtien populaatiot. Viitisen vuotta sitten esitti Wilson-vuoren tähtitieteilijä BAADE ajatuksen, että kiintotähtiä on kahta eri laatua, kahta eri »kansallisuutta». Ennestäänhän on tuttua kiintotähtien jakautuminen eri kirjoluokkiin, joista tärkeimmät ovat O, B, A, F, G, K, M, ja myöskin se, että myöhäisempiin kirjoluokkiin kuuluu sekä suurikokoisia jättiläistähtiä että pieniä kääpiötähtiä. Näitä seikkoja BAADE ei tarkoittanut. Hänen tutkimuksensa mukaan kumpaankin populaatioon kuuluu kyllä eri kirjoluokkien tähtiä ja myös sekä jät-

tiläisiä että kääpiöitä. Eri populaatioitten tähtien paikka vanhastaan tutussa *Hertzsprung-Russellin* diagrammassa on kuitenkin jossain määrin erilainen. Kuva 7 selvittää tilanteen. Ensimmäiseen populaatioon kuuluvat sinivalkeat ylijättiläiset, päähaaran tähdet, δ Cephei-tähdet ja punaisten jättiläistähtien I haara. Toiseen populaatioon kuuluvat alikääpiöt, alijättiläiset, RR Lyrae-tähdet ja punaisten jättiläisten II haara.



Kuva 7. Eri populaatioitten tähtien sijainti Hertzsprung-Russellin diagrammassa.

Kuvasta 7 ilmenee selvästi se tosiasia, että toisen populaation kirkkaat tähdet ovat ylimalkaan huomattavasti punaisempia kuin ensimmäiseen populaatioon kuuluvat. O- ja B-tähtiä ei toisessa populaatiossa ole lainkaan.

On osoittautunut, että ensimmäiseen populaatioon kuuluu miltei kaikki Aurinon lähitähdet. Vieläpä laajemminkin voidaan sanoa: Linnunratajärjestelmän keskitason kierteishaarojen tähdet kuuluvat siihen jokseenkin kaikki. Toiseen populaatioon kuuluvat tähdet ovat ylimalkaan sijoittuneet Linnunratajärjestelmän pallomaiseen keskukseen ja pallonmuotoisiin tähtijoukkoihin, mutta niitä on myös harvakseltaan kierteishaaroissa. Näissä kierteishaaroissa joiden tähdet kiertävät Linnunradan keskustaa suurella, useamman sadan kilometrin sekuntinopeudella, mutta joissa lähitähdet liikkuvat toisiinsa nähden vain muutaman tai muutaman kymmenen kilometrin sekuntinopeudella, tavataan pikakiitäjiksi nimitettyjä tähtiä, jotka puolestaan näyttävät liikkuvan lähitähtiinsä nähden suurella nopeudella. Kuten tiedämme, osottautuu että tosiasiallisesti »pikakiitäjät» ovatkin tähtiä, joiden liike tähtijärjestelmässämme todellisuudessa on varsin hidas. Pikemminkin siis kierteishaarojen tähdet ovat pikakiitäjiä.

On huomattu, että tämä nopeusero on myös »kansallisuuden» tunnus. Ns. pikakiitäjät ovat toisen populaation tähtiä.

Edelleen on todettu, että pöly- ja sumupilviä esiintyy aina siellä, missä on ensimmäistä populaatiota. Missä tähtikasautuman pääosan muodostaa toinen populaatio, siellä ei ole pölyä eikä sumua.

Linnunratajärjestelmän ainemäärästä. Kuten jo edellä mainittiin, oli pari vuosikymmentä sitten vakavasti pohdittavana, onko Linnunratajärjestelmämme todella samanlainen kuin muutkin suuret kierteissumut, vai onko se erikoisasemassa. Hyvin monet seikat, joista useista edellä on ollut puhe, osoittavat, että meidän tähtijärjestelmämme on tyyppiä Sb oleva kierteissumu. Tälle tyyppille on ominaista, että keskusosa kohoaa kierteissumun muuta tasoa huomattavasti korkeam-

malle (vrt. kuvat 1 ja 10). Linnunratamme Sagittariuspilvi on juuri tämä keskuskasautuman yläosa, joka kohoo juuri tarpeeksi yli varsinaisen keskitason voidakseen näkyä. Keskuksen keskiosaahan emme näe välillä olevan tähtienvälisen pölyn vaikutuksesta.

Linnunratajärjestelmän pyörimisliike osoittaa, että keskuksessa on ainakin runsaasti puolet, ehkäpä vajaan 80 tai 90 prosenttia sen koko massasta. Kokonaisuus on eri tutkimusten mukaan 160, 180, 200 tai 250 tuhatta miljoonaa Auringon massaa. Eri tutkimusten arvot käyvät siis kysymyksen laatuun katsoen melkoisen hyvin yksiin. Sen sijaan tuntuu hämmästyttävältä, että kaikkien muitten kierteissumujen massoille on saatu paljon pienempiä arvoja. Esim. Andromedan kierteissumun kokonaisuus on saatu 30 tuhatta miljoonaa Auringon massaa¹, siis vain noin $\frac{1}{8}$. Sen koko tosin on muutenkin hieman vähäisempi kuin Linnunradan ja siihen kirkkauteen, mikä Linnunradalla on Auringon sijaintipaikalla, siihen alenee Andromedan sumun kirkkaus jo 16 000 valovuoden päässä keskustasta, siis puolessa matkassa siitä mitä meillä. Kolmion kierteissumuun verrattuna tilanne on suurin piirtein samanlainen. Sen massa arvioidaan hieman yli tuhanneksi miljoonaksi Auringon massaksi ja Auringon sijaintipaikkaa vastaava kirkkaus saavutetaan jo 5 000 valovuoden päässä keskustasta. Lisäksi Kolmion kierteissumun pyörimisliikkeestä selviää, että käytännöllisesti katsoen kaikki sen massa näyttää olevan keskustassa.

Erään aivan äskettäin kaksoiskierteissumujen vetovoimavaikutuksesta tehdyn tutkimuksen mukaan tähtijärjestelmän massat ovat joko suuruusluokkaa 50 tuhatta miljoonaa tai 150 tuhatta miljoonaa Auringon massaa ja lopuksi tässä tutkimuksessa² todetaan, että Linnunratamme ja Andromedan sumu kuuluvat jättiläiskierteissumuihin. Näyttää siis siltä, että Andromedan kierteissumun ainemäärän arvioksi on saatu myöhemmin suurempia lukuja kuin edellä esitetty 30 tuhatta miljoonaa Auringon massaa.

Tähtijärjestelmämme rakennetutkimusten tulos. Aluksi jo selostimme tulokset pääpiirteissään ja sen jälkeen on edellä esitetty viimeaikaisiin tutkimustuloksiin perustuvia yksityiskohtia. Tavallaan kuin Linnunratajärjestelmää koskevana tähänastisena lopputuloksena voisimme hahmotella järjestelmäämme seuraavasti.

Sen pääosan muodostaa suuri keskuskasautuma, jonka tähdet kuuluvat II populaatioon. Tämä keskuskasautuma on muodoltaan ja kooltaan samanlainen kuin elliptiset tähtijärjestelmät ja muistuttaa suunnattoman suurta pallonmuotoista tähtijoukkoa, jonka keskustassa tähtitiheys on suuri harveten reunoille kaikkiin suuntiin. Pölyä ja sumua ei keskustassa ole. Keskuskasautumaa ympäröi hyvin litteä tähtitiheä taso, kierteitten taso. Koko taso on pimeitten ja valoisien kaasusumujen läpikäymä. Sumua ja pölyainetta on yli puolet koko kierteistason massasta, joka puolestaan on huomattavasti vähäisempi — ehkä neljäs-

¹ Vogt: *Die Spiralnebel*, siv. 63.

² *Astrophys. Journal* 116, 63, 1952.

osa — keskuksen ainemäärästä. Koko tason tähti- ja pölyjoukot ovat nopeassa kiertoliikkeessä keskuksen ympäri. Kiertoliikkeen vaikutuksesta tähdet järjestyvät kierteismuotoon, joiden väleissä tähtitiheys on paljon pienempi kuin kierrehaaroissa. Kierteitten taso on I populaatioon kuuluvien tähtien muodostama. Kaikki avonaiset tähtijoukot, pitkäperiodiset kefeidit ja O- ja B-kirjoluokkien tähdet sekä useat pitkäjaksoiset muuttuvat tähdet kuuluvat tähän tasoon.

Kierteitten taso on hyvin litteä, mutta sen sulkee sisäänsä miltei pallonmuotoisen tähtiharso, joka on II populaatioon kuuluvien tähtien muodostama. Tämä tähtien muodostama harso on ikään kuin jatkoa keskuskasautumalle, sen laajempaa, ohuempaa piiriä. Näitä tähtiä on harvakseltaan myös kierteitten tasossa, jossa ne erottuvat muista tähdistä siinä suhteessa, että ne eivät ota osaa keskuksen ympäri tapahtuvaan kiertoliikkeeseen. Pallonmuotoiset tähtijoukot, joita tunnetaan noin sata, mutta joita lienee tähtijärjestelmässämme parisen sataa, kuuluvat kaikki tähän huntuun. Ne ovat jokainen miltei kuin järjestelmän keskuskasautuma pienoiskoossa.

Aina tulee muistaa, että tähtien välit järjestelmän kaikissa kohdissa ovat niin suuret, että miljoonia tai satoja miljoonia Auringon kokoisia palloja mahtuisi naapuritähtien väliin.

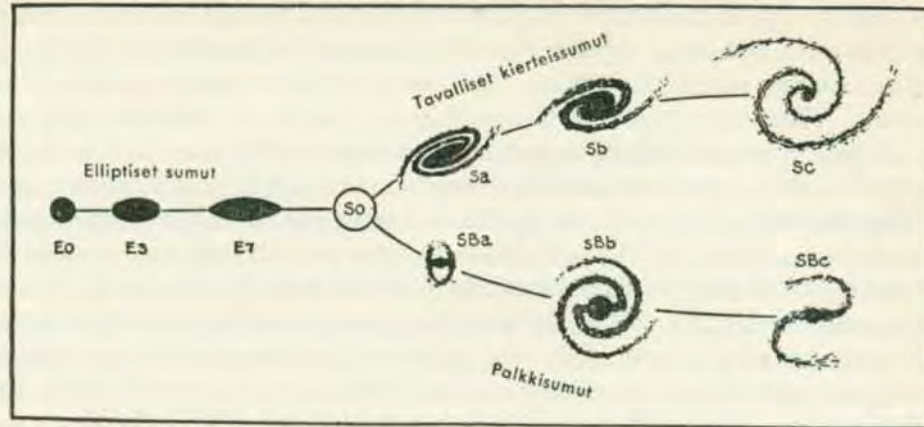
Tulkoon tässä lopuksi luetelluksi eräitä tärkeimpiä numerotietoja Linnunratajärjestelmästä BECKERIN (1950) mukaan:

Halkaisija	n. 30 000	tähtiväliä eli n. 100 000	valovuotta
Paksuus	n. 5 000	»	» n. 16 000 »
Pallonmuotoisten tähtijoukkojen järjestelmän halkaisija	n. 50 000	»	» n. 160 000 »
Auringon etäisyys Linnunrata-tasosta	n. 15	»	» n. 50 »
Auringon etäisyys keskustasta	n. 10 000	»	» n. 30 000 »
Suunta keskustaan	325°	galaktista	pituutta.
Järjestelmän kiertonopeus	Auringon kohdalla	268 km/sek.	
Kiertoaika	Auringon kohdalla	230 milj. vuotta.	
Keskuksen massa	n. 170 000 000 000	Auringon	massaa.
Kokonaisuus	n. 220 000 000 000	»	».
Absoluuttinen kokonaiskirkkaus	—18 ^m .		

TÄHTIJÄRJESTELMIEN MAAILMA

Tähtijärjestelmätyypit. Linnunratajärjestelmämme on vain yksi tähtijärjestelmä maailmankaikeudessa, olkoonpa ehkä, että se on suurehko järjestelmä. Arvioidaan, että nykyisellä suurimmalla peilikaukoputkella kyettäisiin koko tai vaalta valokuvaamaan tuhatkunta miljoonaa tähtijärjestelmää.

HUBBLE on luokitellut tähtijärjestelmät kuvan 8 osoittamaksi sarjaksi. Elliptisiä sumuja on jokseenkin pyöreämuotoisia (Eo) ja vähemmän tai enemmän soi-



Kuva 8. Tähtijärjestelmätyypit HUBBLIN mukaan.

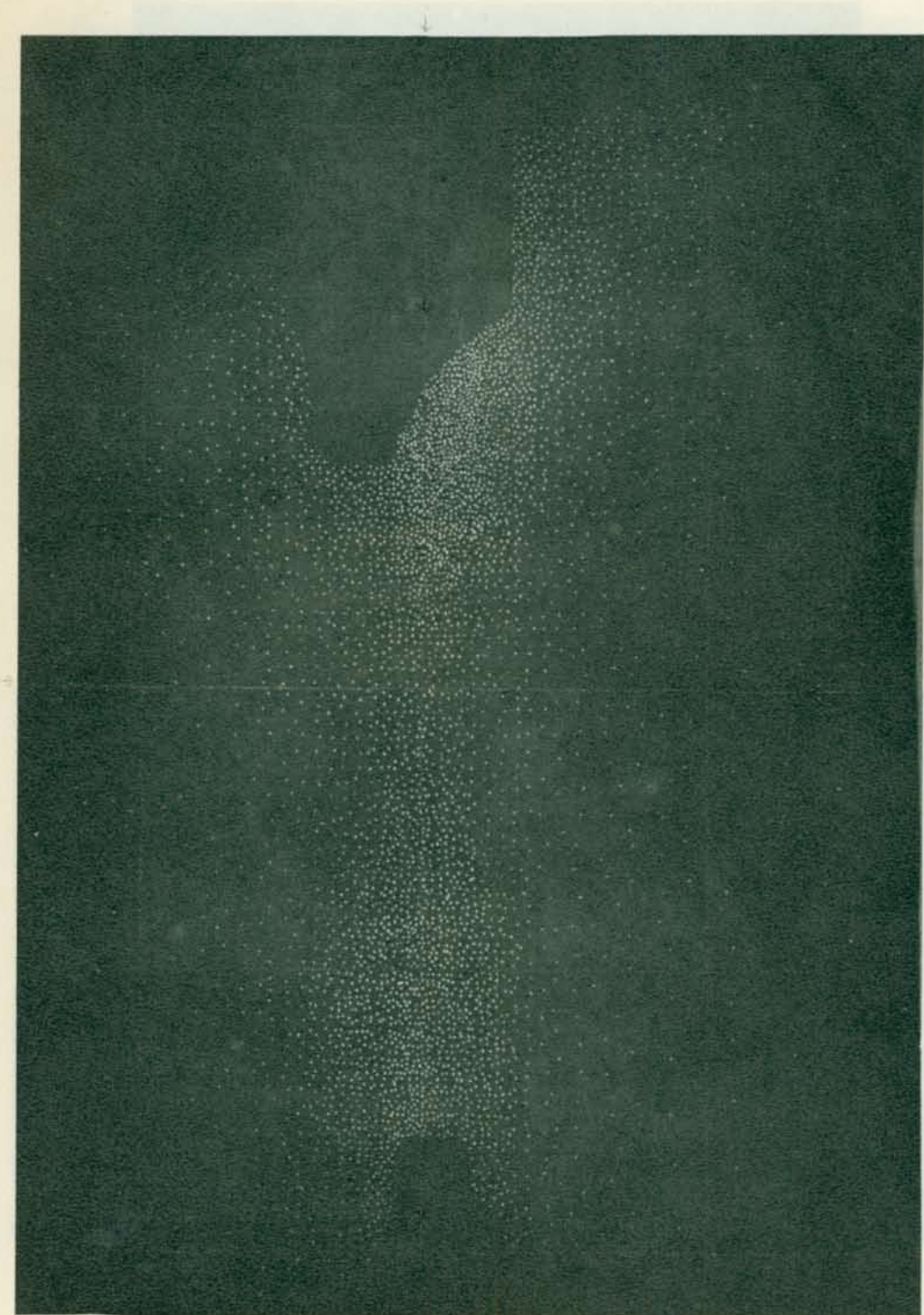
keita (E1—E7). Sen jälkeen on HUBBLIN sarjassa eräänlainen siirtymistyyppi (So), jossa juuri ja juuri voidaan huomata jotain yksityispiirteitä, sellaisia ei nimittäin — keskustasta päin vähenevää kirkkautta lukuunottamatta — voida elliptisissä sumuissa todeta. Sitten sumut kuuluvat kierteisumuihin, joko tavallisiin kierteisumuihin (S) tai palkkisumuihin¹ (SB), joita kumpaakin on a, b ja c alalajia, riippuen haarojen avonaisuudesta. Viidennentoista tähtijärjestelmätyypin muodostavat epäsäännölliset tähtijärjestelmät (Irr), jotka yleensä ovat vähäpätöisiä muodostumia kierteisumuihin verrattuina.

Toistaiseksi ei ole tietoa siitä, onko tällä jaoittelulla mitään tekemistä järjestelmän kehityskulun kanssa. Tauluista IX ja X nähdään valokuvatut mallit eri tyypeistä. Tähtisumujen luetteloita on useita. Tavallisimmin sumut nimitetään MESSIER'in luettelon tai DRAPERIN *New General Cataloguen* tahi viimeksimainitun täydennysluetteloiden, *Index Catalogues*, mukaan mainitsemalla luettelon tunnus (M, NGC tai IC) ja luettelon sumulle antama numero.

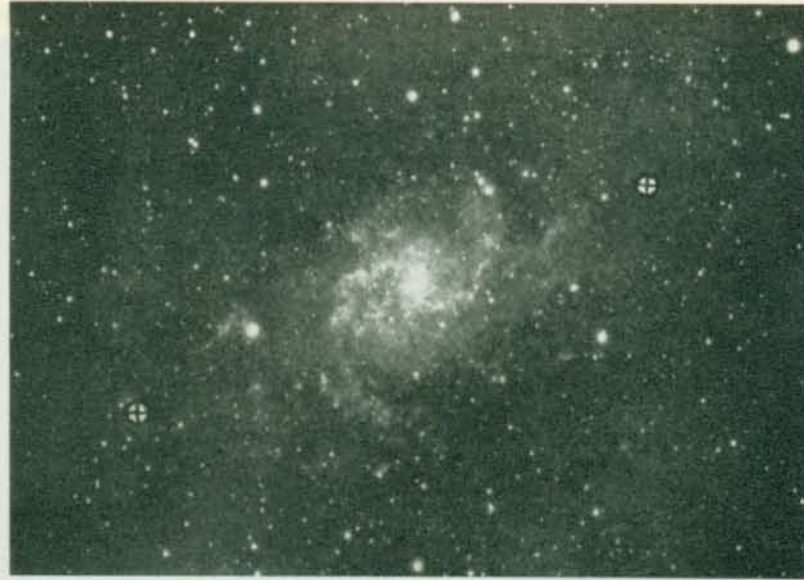
Tähtijärjestelmämme naapuristo. Lähimmät naapurimme tähtijärjestelmien maailmassa ovat suuri ja pieni Magellanin pilvi. Nämä muodostelmat eivät eteläisen asemansa vuoksi näy täällä meidän pohjoisella taivaallamme, ne ovat 31 ja 27 asteen päässä taivaan etelänavasta. Paljain silmin ne näkyvät hyvin. Niiden näennäiset halkaisijat ovat noin 7 ja 4 astetta. Tarkoissa tutkimuksissa heikkojen sumuosien on todettu ulottuvan miltei kaksi kertaa niin laajalle. Suuren pilven kokonaiskirkkaus on niin suuri että se yhteen pisteeseen koottuna näyttäisi niin kirkkaalta kuin Deneb. Pienempi pilvi puolestaan näyttäisi vain sellaiselta kuin Otavan keskimmäinen tähti Megrez.

Magellanin pilvet ovat näytelleet tunnetusti erittäin tärkeitä osaa kehitettäessä keinoja etäisyyden määrittämiseksi.

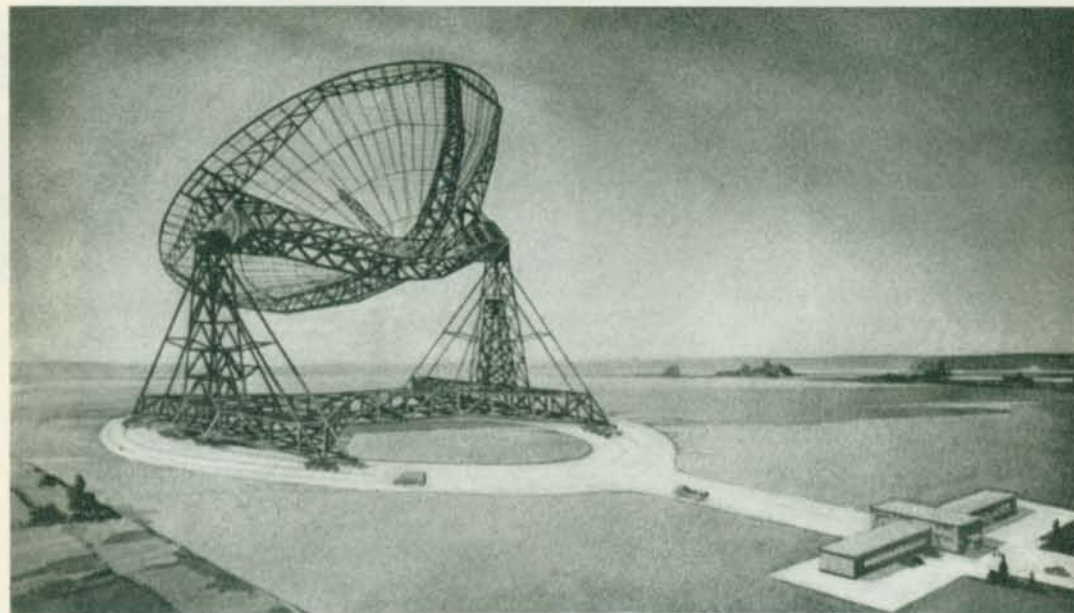
¹ Engl.: *Barred Spirals*, saks.: *Balkenspirale* tahi *geschlossene Spirale* ruots.: *stavs spiral*.



Suhteellinen tähtitiheys Auringon ja Linnunradan keskuksen kautta kohtisuoraan Linnunradan tasoa vastaan asetetussa tasossa. Aurinko on nuolenkärjellä merkittyjen koordinaattiviivojen leikkauspisteessä. Viivojen välimatkat 1000 tähtivälä.



Kuva 1. Kolmion kierteisumu M 33. Ristit ilmaisevat kohtia, joissa sumuhaarojen pintakirkkaus on sama kuin Linnunradan pintakirkkaus Auringon tienoilla.



Kuva 2. Rakenteilla oleva 250-jalan radioteleskooppi.

Nuo pilvet ovat tyypillisiä epä-säännöllisiä tähtijärjestelmiä. Niiden erikoisuus on vain siinä, että ne sijaitsevat varsin lähellä Linnunrataamme. Etäisyys niihin kumpaankin on 24 000 tähtiväliä, toisistaan ne ovat 9 000 tähtivälin päässä. Magellanin pilvien muuttuvien tähtien valonvaihteluita tutkiessaan miss LEAVITT teki neljä vuosikymmentä sitten ensiarvoisen tärkeän huomionsa kefeidien valonvaihtelujakson ja niiden todellisen valovoiman riippuvaisuudesta toisistaan.

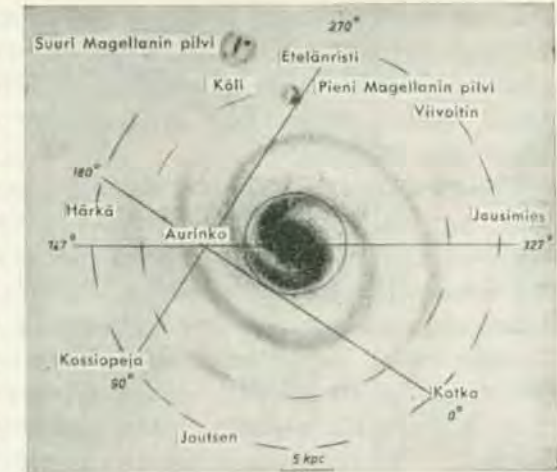
Molemmissa tähtijärjestelmissä on tähtien ohella sumumassoja ja avonaisia ja pallomaisia tähtijoukkoja. Suuressa Magellanin pilvessä on todettu yli 30 pallomaista joukkoa. Näiden järjestelmien tähdet ovat miltei poikkeuksetta ensimmäiseen populaatioon kuuluvia.

Kuvissa 9 ja 10 näemme kaavamaisen esityksen Linnunradasta lähiympäristöineen SHAPLEYN mukaan.

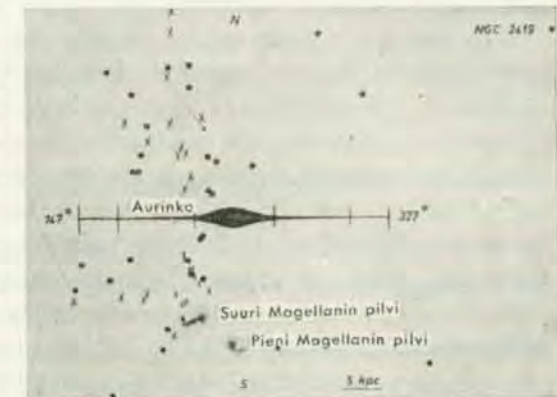
Voidaan sanoa, että Linnunrata ja Magellanin pilvet muodostavat kolmoisjärjestelmän, niin lähellä ne ovat toisiaan tähtijärjestelmien mittakaavassa.

Magellanin pilvien jälkeen seuraavat kaksi Linnunradan lähinaapuria ovat Sculptor- ja Fornax-järjestelmät, jotka kumpikin ovat vähäisiä elliptisiä tähtisumuja. Suurimmilla kaukoputkilla otetuissa valokuvissa niiden keskuksetkin erottuvat yksityisinä tähtinä. Tähtiheys ei ole niissä varsin suuri. Kummassakaan järjestelmässä ei ole ylijättiläisiä eikä sumuainetta. Sculptor-järjestelmästä on keksitty kaksi pitkäperiodista kefeidiä, muut muuttuvat tähdet ovat molemmissa samanlaisia kuin muuttuvat tähdet pallonmuotoisissa tähtijoukoissa. Viimeksimainittuja on Fornax-järjestelmässä löydetty kaksi, ja ne ovat samankokoisia kuin Magellanin pilvien ja Andromedan kierteisumun pallonmuotoiset tähtijoukot. Näiden järjestelmien tähdet ovat miltei yksinomaan toiseen populaatioon kuuluvia.

3 — Tähtitiedettä harrastajille



Kuva 9. Linnunratajärjestelmä ja Magellanin pilvet Linnunradan etelänavan suunnasta katsottuna.



Kuva 10. Linnunratajärjestelmä ja Magellanin pilvet ulkopuolelta, Joutsenen tähtikuvion suunnasta katsottuna. Ristit osoittavat erityisen kirkkaiden tähtien paikkoja.

Lähitienomme kuudes järjestelmä on nykyisen tietämyksen mukaan epäsäännöllinen tähtijärjestelmä NGC 6822. Se muistuttaa Magellanin pilviä, mutta on pienempi ja vähävaloisempi, paitsi näennäisesti, myöskin todellisuudessa. Muutamia valoisia tähtisumuja siinä on, samoin myös muutamia pienempuoleisia pallomaisia tähtijoukkoja.

Etäisyysjärjestyksessä kaksi seuraavaa ovat elliptisiä järjestelmiä, NGC 185 ja NGC 147, joita seuraavina on kaksi nimetöntä järjestelmää. Niiden etäisyydet ovat vielä epävarmoja. Yhdestoista on epäsäännöllinen järjestelmä IC 1613. Vasta näitä seuraavina on kahden elliptisen sumun ja suuren Andromedan kiertessumun muodostama kolmoisjärjestelmä.

Andromedan kiertessumu M 31 näkyy kuuttomana tähtikirkkaana yönä paljain silminkin heikosti hohtavana pitkulaisena sumuna. Se on tyypillinen Sb luokkaan kuuluva kierteissumu, jonka uloimmat osat näkyvät helposti yksityisinä tähtinä. Sieltä tunnetaan runsaasti muuttuvia tähtiä, novia, kefeidejä ja kirkkaita jättiläistähtiä. Myös pari avointa tähtijoukkoa ja noin 140 pallonmuotoista tähtijoukkoa on sieltä löydetty. Spiraalin kierteissä on todettu sekä kirkkaita että tummia sumuja runsaasti.

Kymmenisen vuotta sitten onnistuttiin punaherkillä levyillä hajoittamaan myös Andromedan kierteissumun keskiosa yksityisiksi tähdiksi. Ja aivan viime aikoina on Palomar-vuoren kaukoputkella saatu myös tärkeitä muuttuvia RR Lyrae-tähtiä näkyviin. On osoittautunut, että populaatioihin jakautuminen noudattaa Andromedan kierteissumussa täsmälleen samoja suuntaviivoja kuin Linnunratajärjestelmässäänkin. Keskuskasautuman halkaisija on suunnilleen 1 000 tähtiväliä. Kierteissumun koko läpimitaksi saatiin valokuvauslevyiltä vain 13 000 tähtiväliä, mikä on varsin vähän Linnunradan mittoihin verrattuna. Viimeaikaisilla menetelmillä on tämä mitta kuitenkin kasvanut 20 000 tähtiväliksi ja pallonmuotoisten tähtijoukkojen jakautumisen perusteella on halkaisijan todettu olevan 30 000 tähtiväliä, joka siis on aivan samaa suuruusluokkaa kuin Linnunratajärjestelmän halkaisija. Seuraavassa taulukossa, joka on otettu Vogtin kirjasta *Die Spiralnebel* sitä hieman täydentäen, on käytetty vähän pienempää arvoa.

Andromedan kierteissumun seuralaiset, heikkovaloiset elliptiset tähtijärjestelmät M 32 ja NGC 205 ovat melko lähellä pääsumua.

Seuraava järjestyksessä on jälleen kierteissumu, Kolmion kierteissumu, M 33. Sen kierteishaarat ovat leveitä. Suurilla kaukoputkilla valokuvattaessa ne hajautuvat yksityisiksi tähdiksi, tähtijoukoiksi ja tähtipilviksi. Valoisia sumuja ja pallonmuotoisia tähtijoukkoja siihen kuuluu myös.

Seuraavalla sivulla oleva taulukko antaa lisätietoja näistä ja muutamista muista paikalliseen tähtijärjestelmäkasaumaan kuuluvista tähtijärjestelmistä.

Etäisyydenmäärittäminen tähtijärjestelmiin. Niistä monista keinoista, joilla tähtien etäisyydet määritetään, on HEISKASEN *Tähtitieteessä* melko perusteellinen luettelo. Toiset niistä ovat periaatteessa hyviä, mutta niiden käytännöllinen soveltaminen jää pakostakin vähäiseksi. Muutamat taas soveltuvat erinomaisesti lukuisaan tähtimäärään, kuten esimerkiksi kefeidikeino ja fotometriset keinot.

Tähtijärjestelmän nimi	Laji	Galaktinen		Etäisyys yksikkönä 1000 tähtiväliä	Halkaisija 1000 tähtiväliä	Todellinen kokonaiskirkkaus	Säteisnopeus km/sek
		pituus	leveys				
Linnunrata	Sb	—	—	—	30	—18.1	0
Pieni Mag. pilvi ..	Irr	269°	—45°	24	3.5	—14.4	+ 60
Suuri Mag. pilvi ..	Irr	247	—33	24	5.2	—16.1	0
Sculptor- järj.	E	241	—83	70	0.9	—10.6	
Fornax- järj.	E	203	—64	140?	2.1?	—11.9	
NGC 6822	Irr	354	—20	160	0.9	—12.4	— 30
NGC 185	E	89	—14	200?	0.8?	—12.2	
NGC 147	E	88	—14	200?	1.0?	—11.9	
Nimetön 1	E			200	1.0		
Nimetön 2	E			200	1.0		
IC 1613	Irr	99	—60	225	1.5	—12.0	
NGC 205	E5	89	—21	230	1.7	—13.5	
Andromedan järj.	Sb	89	—21	230	15	—18.0	— 30
M 32	E2	89	—21	230	0.8	—13.3	
Kolmion järj.	Sc	103	—31	240	5.8	—16.1	—180
Mahdollisia jäseniä lisäksi:							
IC 10	Sc?			87	—3		
IC 342	Sc	106	+11				+150
NGC 6946	Sc	64	+11				+110

Tähtien etäisyyden määrittämiseen nähden tyydyimme tässä vain viittaamaan edellä mainittuun kirjaan.

Mitä tähtijärjestelmien etäisyyksien määrittämiseen tulee, selostettakoon lyhyesti ne menettelytavat, miten niitten miljooniin ja satoihin miljooniin valovuosiin nousevat etäisyydet voidaan mitata tai edes arvioida.

Ensimmäinen käytetty menettelytapa oli ns. uusien tähtien keino. Oli todettu, että Linnunratajärjestelmässä leimahtavista novista niiden, joiden etäisyys on voitu arvioida, kirkkaus suurimmillaan ollessaan nousee eräeseen tiettyyn määrään asti. Ei kylläkään kaikissa tapauksissa tarkoin samaan, mutta suurin piirtein kylläkin. On todennäköistä, että vieraitten tähtijärjestelmien uusien tähtien maksimikirkkaus on sama kuin meidän järjestelmämmekin, ja näin saatiin moniin tapauksiin soveltuva keino, sillä uusia tähtiä voidaan todeta monissa järjestelmissä.

Kefeidikeino on ollut järjestyksessä toinen varsin monessa tapauksessa käytetty menettelytapa. Tuo tapa, joka perustuu siis kefeidi-muuttujan valonvaihejakson pituuden mittaamiseen ja sitä tietä tähden todellisen kirkkauden määrittämiseen on vallan yksinkertainen käytännössä ja tehokas siinä mielessä, että kefeidejä voidaan erottaa myös varsin monissa vieraisissa järjestelmissä. Kefeidikeinon tarkkuus riippuu siitä, miten tarkkaan oman järjestelmämme vertauskäyrän laskemisessa käytettyjen kefeidien etäisyydet tiedetään. Jos ne ovat oikeat on mittaustulos kaukaisimpiinkin avaruudenkolkkiin, missä vain kefeidejä voidaan nähdä, myös oikea. Mutta jos naapurikefeidimme etäisyydenmittauksessa on

jokin virhe, on vertauskäyrämme tuon verran virheellinen ja kaikki sitä käyttäen saadut etäisyydet samalla prosenttimäärällä virheellisiä.

Kolmas keino on erilaisten muitten kirkkaimpiin jättiläistähtiin kuuluvien tähtien käyttäminen. Kun suurten kaukoputkien avulla on onnistuttu valokuvaamaan vieraasta tähtijärjestelmästä vaikka vain muutamia kirkkaita tähtiä, niin että niiden näennäinen kirkkaus ja tähtityyppi on voitu todeta, on jälleen vertaamalla oman järjestelmämme vastaavien tähtien kirkkauksiin etäisyyden arviointi mahdollinen. Tässä kuten edellisissäkin keinoissa valon heikkeneminen mahdollisesti sumuaineen läpi kulkiessa sekä omassa että tarkastettava olevassa järjestelmässä voi tuottaa merkittävääkin epätarkkuutta. Tuollaisen mahdollisuuden olemassaolo on aina otettava huomioon ja todennäköisyyden perusteella korjattava.

Suurilla kaukoputkilla on kyetty valokuvaamaan yksityisiä kirkkaita tähtiä muutamien miljoonien valovuosien etäisyydestä, mutta tuo ääriaraja on tähtijärjestelmien järjestelmän puitteissa sittenkin varsin lähellä. Pitemmälle mentäessä on käytettävissä kaksi keinoa: näennäisen kokonaiskirkkauden mittaaminen ja näennäisen läpimitan mittaaminen. Kun lähimmistä tähtijärjestelmistä on saatu kokemusta siitä, miten suuri kunkin tyyppin näennäinen kokonaiskirkkaus ja näennäinen läpimita keskimäärin ovat, voidaan näiden kriteerioitten perusteella saada ainakin jonkinlainen arviointi kaukaisen tähtijärjestelmän etäisyydelle. Yksityiseen tähtijärjestelmään tällaiset keinot ovat melko epätarkkoja, mutta suuremman sumuryhmän ollessa kyseessä keskiarvoon perustuvat keinot ovat jo tarkempia.

Paras keino hyvin pitkien matkojen ollessa kysymyksessä on kirjoviivojen punasiirtyminen. Niistä järjestelmistä, joihin etäisyys muilla keinoilla on määritetty, on havaittu, että tähtijärjestelmien kirjoviivat siirtyvät kirjon punaiseen päähän päin sitä enemmän, mitä kauempana järjestelmä sijaitsee. Jos ilmiö tulkitaan Doppler-ilmiöksi, merkitsee se, että tähtijärjestelmien järjestelmä hajaantuu, järjestelmät poistuvat toisistaan nopeudella, joka on suoraan verrannollinen niiden välimatkoihin. Näin käy, jos kaikki järjestelmät ovat olleet yhdessä rykelmässä, joka sitten on räjähtänyt lennättäen osaset erilleen. Emme tiedä, onko näin käynyt. Emme tiedä edes, onko oikein tulkita kirjoviivojen siirtyminen pakonopeuden aiheuttamaksi. Mutta tuo kokemus, että kirjoviivat siirtyvät punaiseen päin määrän, joka on suoraan verrannollinen välimatkaan, on erittäin arvokas etäisyyksien tutkimisen kannalta. Se laajentaa etäisyysarviomme tähtijärjestelmien maailmassa paljon kauemmaksi ja paljon luotettavammalla tavalla kuin kokonaiskirkkauteen ja keskiläpimitaan perustuvat keinot. Vuonna 1938 julkaistussa kirjoituksessa maailmankaikkeuden rakenteesta oli pakonopeutena käytetty arvoa 520 km/sek miljoonaa tähtiväliä kohti. Myöhemmät parhaana pidetyt arvot ovat päätyneet arvoon 580 km/sek.

Punasiirtymäkeinolla on tietenkin varjopuolensa. Koska se perustuu lähijärjestelmien etäisyyden tuntemiseen, tulevat ne virheet, jotka lähijärjestelmien määrittämisessä on tapahtunut, täydellä painollaan mukaan ja vaikuttavat kasva-

valla määrällä etäisyyden kasvaessa. Tämä vaara onkin osottautunut yllättävän suureksi. Tähän astisia tähtijärjestelmien välisiä etäisyyksiä on totuttu pitämään noin 10 prosentin tarkkuudella — ehkä vähän tarkemminkin — oikeina. Vuonna 1952 pidetyssä tähtitieteellisessä kongressissa ilmoitti BAADE, joka Palomar-vuoren suurella peilikaukoputkella oli onnistunut erottamaan Andromedan tähtijärjestelmästä RR Lyrae-muuttujia ja määrittämään niiden valonvaihteluun, että tämän, tähänastisista keinoista luotettavimman mukaan näyttää siltä, että etäisyydet vieraisiin tähtijärjestelmiin on tähän saakka arvioitu systemaattisesti liian pieniksi, ja syynä on ilmeisesti ollut pääasiassa kefeidikeinon vertauskäyrän epävarmuus. Vertauskäyrä ei ole oikeassa kohdassaan, vaan antaa liian lyhyitä etäisyyksiä. BAADEN ilmoituksen mukaan on mahdollista, että tähtijärjestelmien tähän asti käytetyt etäisyydet täytyy kertoa miltei kahdella, jotta saataisiin oikeat matkat. Mutta työ on kesken eikä kerrointa ole varmemmalla tavalla vielä julkaistu. Sen vuoksi tässä kirjoituksessa käytämme tähtijärjestelmien välimatkoina vielä entisiä tuloksia, mutta pidämme mielessä, että näyttää todennäköiseltä että ne ovat liian pieniä.

BAADEN ilmoitusta on tervehditty hämmästyksellä, mutta silti tyytyväisinä, sillä monet kosmologiset ja kosmogoniset probleemat tulevat helpommiksi kun välimatkat kasvavat ja sen mukana myös järjestelmien kootkin suurenevät.

Tähtijärjestelmien järjestelmä. Sumutyypin prosenttiluvuksi 600 kirkkaimman sumun perusteella saadaan HUBBLIN mukaan:

E	17 %
Sa, SBa	19
Sb, SBb	25
Sc, SBc	36
Irr.	2.5

Näyttää siis siltä, että kierteissumu on tähtijärjestelmien normaalityyppi. Elliptisiä ja epäsäännöllisiä sumuja on niistä vain viides osa. Samalla tavoin voimme päätellä tarkastellessamme taulukkoa sivulla 38, jossa on lueteltu valokuvauksellisessa kirkkausjärjestyksessä 20 kirkkainta vierasta tähtijärjestelmää. Muiden kuin kierteissumujen osuus on siinä 30 prosenttia.

Kun tarkastelemme sen sijaan meitä lähinnä sijaitsevien tähtijärjestelmien taulukkoa, toteamme, että suhde on muuttunut päinvastaiseksi. Lieneekin niin, että keskimäärin suuremman kokonaiskirkkaautensa ansiosta kierteissumut näkyvät kauempaa ja sen vuoksi tulevat tilastoissa etutiloille, mutta todellisuudessa pienet elliptiset ja epäsäännölliset tähtijärjestelmät ovat lukuisampia.

Sculptor-järjestelmän vähäinen todellinen valovoima —10.^m6 ei ole enää varsin kaukana kirkkaimpien pallonmuotoisten tähtijoukkojen todellisesta valovoi-
masta —8.^m6 ja jotkut arvelevatkin, että vielä tullaan keksimään uusia todelliselta kirkkaudeltaan heikompilejaisia järjestelmiä, niin että aukko tähtijärjestelmien ja pallonmuotoisten tähtijoukkojen välillä ehkä menee kokonaan umpeen. Toiset taas ovat sitä mieltä, että tähtijärjestelmien kirkkauksien jakautumiskäy-

Nimi	α	δ	Halkaisija		Valok. suuruusluokka	Tyyppi
			suurin	pienin		
Suuri Mag. pilvi.....	5 ^h 26 ^m	—69°	432'	432'	0.5	Irr
Pieni Mag. pilvi.....	0 50	—73	216	216	1.5	Irr
M 31	0 40	+41	160	40	5.0	Sb
NGC 253.....	0 45	—26	22	6	7.0	Sc
NGC 5128	13 22	—43	10	8	7.2	Irr
M 33	1 31	+30	60	40	7.8	Sc
NGC 55	0 12	—40	25	3	7.8	S
NGC 5236	13 34	—30	10	8	8.0	Sc
M 64	12 54	+22	8	4	8.0	Sb
NGC 4594	12 37	—11	7	2	8.1	Sa
M 81	9 52	+69	16	10	8.9	Sb
M 101.....	14 1	+55	22	22	9.0	Sc
M 94	12 49	+41	5	4	9.0	Sb
NGC 4945	13 2	—49	12	2	9.2	S
M 82	9 52	+70	7	2	9.4	Irr
M 32	0 40	+41	3	2	9.5	E
NGC 4631	12 40	+33	12	1	9.6	Sc
NGC 7793	23 55	—33	6	4	9.7	S
NGC 3115	10 3	—7	4	1	9.8	E
M 66	11 18	+13	8	2	9.9	Sb

rästä voidaan todeta, että —18^m kirkkaammat ja —12^m himmeämmät tähtijärjestelmät ovat erittäin harvinaisia ja että kirkkaudeltaan normaalit järjestelmät ovat suuruusluokkaa —13.5 tai —14, sekä että jakautuminen noudattaa tavallista jakautumislakia. Näin ollen he taas päättelevät, ettei aukko tähtijärjestelmien ja pallonmuotoisten tähtijoukkojen välillä tule sulkeutumaan.

Lähimpien tähtijärjestelmien viimeaikainen tutkiminen on johtanut seuraaviin tärkeisiin johtopäätöksiin:

Kääpiöjärjestelmien, joiden todellinen valovoima on suhteellisen vähäinen, suhteellinen lukumäärä on varsin suuri. Ne käsittävät olennaisen osan maailmankaikkeuden koko ainemäärästä.

Lähiympäristömme kääpiöjärjestelmät eivät muodosta — kuten tähän asti on luultu — mitään paikallista tähtijärjestelmäryhmää, johon kymmenkunnan pikku järjestelmän lisäksi kuuluisi muutamia suuria kierteissumuja, Linnunratajärjestelmämme yhtenä niitten joukossa, vaan todennäköisesti maailmankaikkeudessa ainakin meidän seuduillamme heikot sumut ovat ryhmittyneet tasaisesti ilman huomattavaa keskittymistä meidän tienoollemme.

Aina, jos kierteishaarat ympäröivät tähtijärjestelmää, on järjestelmän kokonaiskirkkaus suuri ja kierteishaarojen alueella on runsaasti pimeätä pölyä ja sumuja sekä kaasuja.

Ilmeisesti vain ehkä noin miljoonan valovuoden etäisyyteen saakka voidaan tähtijärjestelmien maailmassa tieteen nykyaikaisten keinojen avulla saavuttaa pienetkin itsenäiset tähtijärjestelmät. Sen takaa näemme ja voimme valokuvata

kyllä kirkkaita tähtijärjestelmiä runsaasti, ehkä tuhat miljoonaa kappaletta, joista kaukaisimmat sijainnevat miljardin tai kahden miljardin valovuoden etäisyydessä.

Tästä tähtijärjestelmien järjestelmästä, koko tunnetusta maailmankaikkeudesta, ei ole sanottavasti uutta kerrottavaa. Aikaisemmin väitettiin, että vaikka universumissa on siellä täällä kasautumia, joissa on yleensä useita satoja — Neitsyen tähdistön sumusikermässä peräti 2 500 — tähtijärjestelmiä, ei mitään varsinaista keskusta ole missään havaittavissa. Huomioon ottaen sen, että mitä kauempaa valo tulee, sitä suurempi kirkkaus järjestelmällä täytyy olla voidakseen tulla valokuvatuksi, voitaisiin siis todeta, että tähtijärjestelmien järjestelmää jatkuu samanlaisena kaikkiin suuntiin, tihentymättä tai harvenematta mihinkään suuntaan — kun asiat otetaan suurin piirtein. — Tätä ajatusta vastaan on myös mainittu jotakin. On näkynyt ennakoilmoituksia, että eteläisellä pallonpuoliskolla suoritettut tähtivalokuvaukset toisivat jotain uutta tähän asiain tilaan. Kuitenkaan ei mitään lopullisempaa uutta ole julkaistu, ainakaan sellaista, joka olisi sattunut tämän kirjoittajan silmään.

Kun useissa meillä saatavissa kirjoissa on edustavia luetteloita tähtijärjestelmien kasautumista¹, ei tässä ole syytä luettelon muodossa valaista asiaa. Mainittakoon luonteenomaisena esimerkkinä tietoja Pohjan kruunun tähdistössä näkyvästä tähtijärjestelmien kasautumasta. Näennäisesti täydenkuun laajuisella alalla näkyy tuo kasautuma, jossa voidaan laskea 400 tähtijärjestelmää. Sen kirkkaimpien järjestelmien näennäinen suuruusluokka on +16^m. Kun etäisyys tuohon kasautumaan on 36 miljoonaa tähtiväliä eli 120 miljoonaa valovuotta, on sen todellinen läpimitta noin 300 000 tähtiväliä, siis noin miljoona valovuotta. Kasautuman pakonopeus on kirjoviivojen siirtymisen mukaan 21 200 kilometriä sekunnissa.

Jos oletamme, että nuo tähtijärjestelmät täyttävät tuon tilavuuden tasatiheästi, ovat järjestelmien välimatkat 47 000 tähtiväliä eli 150 000 valovuotta. Huomatava tietenkin on, etteivät vähäpätöisimmät tähtijärjestelmät, sellaiset, joita enin osa lähiuniversumimme luettelossa oli, näy enää 120 miljoonan valovuoden takaa.

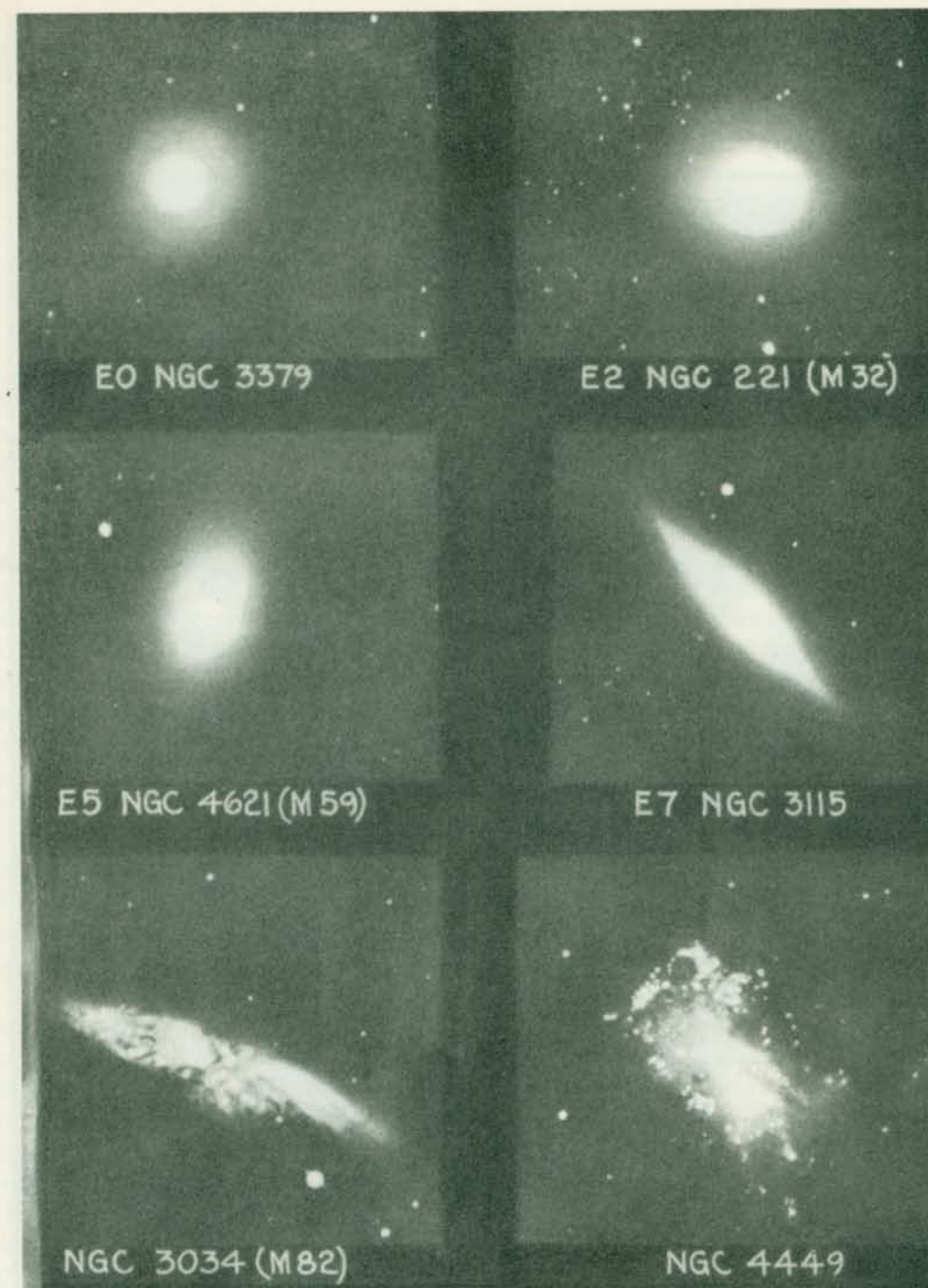
Vuoteen 1951 saakka oli suurin mitattu pakonopeus 42 100 km/sek. Sellaista nopeutta vastaava kirjoviivojen siirtymä oli erään Otavan tähdistössä näkyvän tähtijärjestelmien kasautuman sumuilla. Mainittuna vuonna saatiin Palomaruvooren suurella kaukoputkella mitatuksi erään heikon, +19 suuruusluokkaan kuuluvan tähtijärjestelmän pakonopeus ja se osottautui 60 940 kilometriksi sekunnissa, mikä vastaa 105 miljoonan tähtivälin eli n. 350 miljoonan valovuoden etäisyyttä.

Maailmankaikkeuden kokonaistiheys. Edellä jo totesimme, että Linnunratajärjestelmämme tiheissäkin osissa on erittäin vähän ainetta. Valtavia ainekasautumia, kiintotähtiä, on siellä täällä, mutta välimatkat tähdestä toiseen ovat mil-

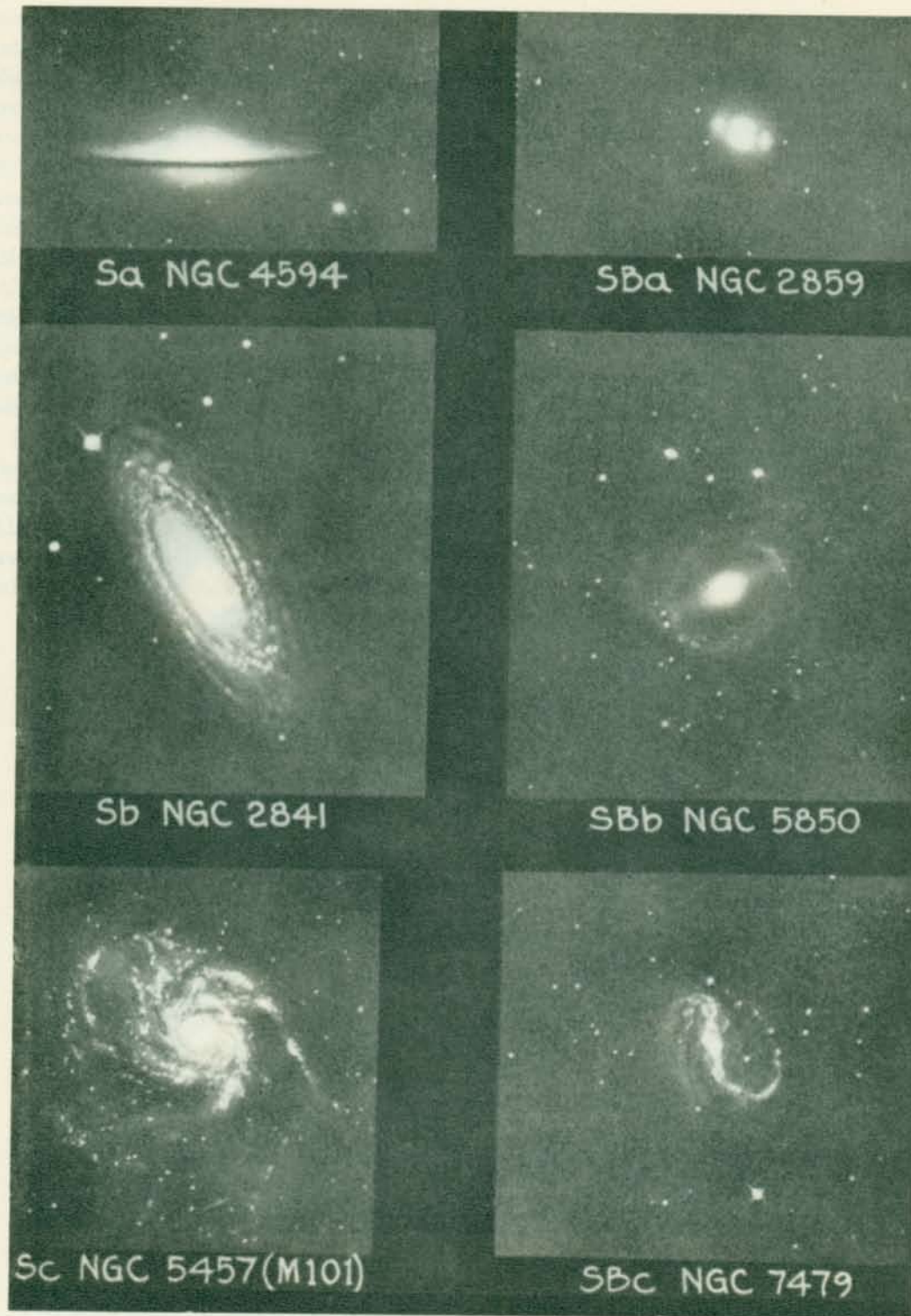
¹ BECKER: *Sterne und Sternsysteme*, siv. 376—377. HEISEKANEN: *Tähtitiede II*, siv. 324. VOGT: *Die Spiralnebel*, siv. 80.

joonia tai satoja miljoonia kertoja niin suuret kuin tähtien läpimitat. Koko tunnetun maailmankaikkeuden suhteen on asia vielä lohduttomampi, aineen keskitiheys tätäkin olennaisesti vähäisempi. Maailmankaikkeuden keskitiheyden arvioidaan olevan 1.4×10^{-28} grammaa kuutiometriä kohti, toisin sanoen kaksi aurinkoa miljoonaa kuutiometriä kohti. Useimmille nämä luvut eivät tietenkään ilmaise mitään, puemme ne sen vuoksi esimerkkien muotoon. Otamme grammaa pölyä ja hajoitamme Maan rataellipsin koko alueelle; kun pöyhötämme tuon pölymäärän vielä 2.4 kilometrin paksuiseksi kerrokseksi, silloin sen tiheys on sama kuin maailmankaikkeuden keskitiheys. Ellei mitään väliainetta olisi ja jos kaikki tähdet olisivat Auringon kokoisia ja tähtijärjestelmät olisi hajoitettu niin, että kaikkialla koko tunnetun maailmankaikkeuden alueella tähtien tiheys olisi vakainen, silloin tähtien välimatkat olisivat 370 tähtiväliä eli 1500 valovuotta, sen sijaan että ne Linnunratajärjestelmässä Auringon tienoilla ovat noin 400 kertaa lyhyemmät.

Lopuksi on vielä muistettava, että jos BAADEN ilmoituksen mukaan uudet tutkimukset tulevat osoittamaan, että kaikki tähänastiset tähtijärjestelmien maailmasta esitetyt mitat ovat vain puolet todellisista, tulevat tässä kirjoituksessa tähtijärjestelmistä annetut mitat kasvamaan myös kaksinkertaisiksi ja tiheysluvut ynnä muutkin pituuksista riippuvat suureet muuttumaan myös tätä vastavalla tavalla.



Elliptisten ja epäsäännöllisten tähtijärjestelmien tyyppiä.



Kierteissumujen tyyppejä. Vasemmassa pystyryivissä tavalliset kierteissumut, oikeassa palkkisumut.

METEORIITTIIEN RAKENTEESTA JA ALKUPERÄSTÄ

Kirj. OLAVI ERÄMETSÄ

Meteoriitit ovat taivaalta tulleita tavaranäytteitä, joita putoaa Maan pinnalle. Kemiallinen analyysi osoittaa, etteivät ne sisällä mitään ennestään tuntemattomia alkuaineita. Mineralogi tapaa meteoriiteista useita maisista kivilajeista hyvin tunnettuja mineraaleja, varsinkin silikaatteja, jotka ovat piihapon metallisuoloja. Näitä ovat magnesium-rautaortosilikaatti, oliviini $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$, albiitin $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ja anortiitin $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ muodostama isomorfinen seossarja, jota nimitetään plagioklaasimaasälväksi, sekä pyrokseeniryhmään kuuluvat diopsidi-hedenbergiitti, enstatiitti-hypersteni ja augiitti. Silikaattien perusosina ovat SiO_4 -ryhmät, joissa hapet ovat sijoittuneet tetraederin kärkiin ja pii keskipisteseen. Oliivinissa ovat nämä tetraederit toisistaan erillään Mg- tai sitä isomorfiisesti korvaavan Fe-ionien sitomina. Pyrokseeneissa ovat SiO_4 -ryhmät hapen välityksellä sitoutuneet hyvin pitkiksi ketjuiksi. Kahdella naapuritetraederilla on aina yksi yhteinen happiatomi, joten aine kokonaisuudessaan saa metasilikaatin kokoomuksen, esim. enstatiitti MgSiO_3 , hypersteni FeSiO_3 , diopsidi $\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$ ja hedenbergiitti $\text{CaFe}(\text{SiO}_3)_2$. Augiitissa on aluminium osittain korvannut piin. Maasälvissä on viereisillä tetraedereilla useampia yhteisiä happiatomeja, jolloin niistä syntyy kolmiulotteinen avaruusrakennelma. Meteoriittien oksidimineraaleista mainittakoon magnetiitti Fe_3O_4 , kromiitti FeCr_2O_4 ja kvartsi SiO_2 . Fosfaatteja edustaa apatiitti $\text{Ca}_2[3(\text{CaPO}_4)(\text{F, Cl, OH})]$.

Toiset mineraalit ovat maapallon kivissä tuntemattomia tai hyvin harvinaisia. Näistä on tärkeintä nikkelifauta, joka esiintyy taeniittina, kamasiittina ja plessiittina. Taeniitti sisältää enemmän nikkeliä kuin kamasiitti. Plessiitti on molempien näiden välinen kiinteä liuos. Muita meteoriiteille tunnusmerkillisiä mineraaleja ovat moissanitti SiC , coheniitti $(\text{Fe,Ni})_3\text{C}$, osborniitti TiN , schreibersiitti $(\text{Fe,Ni,Co})_3\text{P}$, troiliitti FeS , oldhamiitti $(\text{Ca,Mn})\text{S}$, daubréliitti FeCr_2S_4 ja lawrenciitti $(\text{Fe,Ni})\text{Cl}_2$.

Mineraalokokoomuksensa puolesta voidaan meteoriitit jakaa kolmeen pääryhmään, rautameteoriitteihin eli sideriitteihin, kivirautameteoriitteihin eli sideroliitteihin ja kivimeteoriitteihin eli aeroliitteihin. Sideriitit ovat pääasiassa nikkelifautaa. Jos niihin hiotaan sileä pinta, jota syövytetään esim. typpihapolla, saadaan hyvin usein näkyviin tiettyihin suuntiin ryhmittyneitä kapeita juovia, ns.

WIDMANNSTÄTTENIN kuvioita. Nämä aiheutuvat nikkelifraudan kiderakenteesta, missä vuorottelevat syövytystä paremmin kestävä taeniitti ja helpommin syöpyvä kamasiitti, joiden välissä on plessiittiä täytemassana. Nykyään tunnetaan ne olosuhteet, joiden vallitessa voidaan teknilliseen nikkelifrautaan saada syntymään WIDMANNSTÄTTENIN kuvioita aiheuttava rakenne. Rautameteoriiteissa on nikkelifraudan yhteydessä usein grafiittia, onpa siinä joskus ilmoitettu löydetyn timanttejakin. Maapallon kivilajeissa on pelkkänä metallina oleva rauta hyvin harvinaista. Tunnetuin löytöpaikka on Disko-saari Grönlannissa, mistä A. E. NORDENSKIÖLD löysi sitä ensinnä irtokivinä, joita hän luuli meteoriiteiksi. Yhden suurimmista lahjoitti NORDENSKIÖLD Suomeen, jossa sitä nyt säilytetään Helsingin kasvitieteellisessä puutarhassa.

Sideroliiteissa on metallisen raudan ohella erillisinä kiteinä silikaattimineraaleja. Pallasiiteiksi kutsutaan sellaisia sideroliitteja, joissa perusmassana olevassa nikkelifraudassa on hajallaan oliviinia. Tähän ryhmään kuuluu Jaakkiman pitäjään Marjalahden talon lähelle v. 1902 pudonnut meteoriitti. Kun silikaattiaineesta on runsaammin, muodostaa se perusmassan, jossa nikkelifrauta on hajallisia osina. Raudan vähentyessä muuttuu silikaattiaineen kokoomus yhä enemmän maapallon kivilajien kaltaiseksi. Oliiviinin lisäksi tulee enstatiittia ja muita pyrokseeneja. Nämä silikaatit ovat usein pyöreinä kokoumina, eli kondreina. Tällaisia meteoriitteja nimitetään kondriiteiksi ja niihin kuuluvat v. 1901 pudonnut Huittisten meteoriitti ja Porvoon pitäjään v. 1899 pudonnut suuri Bjurbölen meteoriitti, jonka sirpaleita löydettiin yhteensä 328 kg. Vielä rautaköyhemmissä meteoriiteissa on lisäksi maasälpää. Mikkelin lähelle v. 1910 pudonnut kivimeteoriitti oli melkein vapaa kondreista ja sisälsi yli 10 % maasälpää. Vielä enemmän maasälpää sisälsi Savitaipaleen Luotolahteen v. 1813 pudonnut täysin kondriton meteoriitti.

Rautameteoriitit poikkeavat ulkonäkönsä puolesta eniten tavallisista kivistä. Siitä syystä ovat ne löydettyistä meteoriiteista, joiden putoamista ei ole havaittu, useimmiten rautameteoriitteja. Putoamisen perusteella löydettyistä meteoriiteista on kuitenkin WATSONIN mukaan 5 % sideriittejä, 1.5 % sideroliitteja ja 93.5 % kivimeteoriitteja.

Kun tarkastamme meteoriittien rakennetta kiintyy huomio kahteen seikkaan, jotka osoittavat niiden kiteytyneen planeetan kokoisen kappaleen osina. Ensimmäkin ne tavallisesti ovat siksi karkeakiteisiä, että kiteytymisen ja samalla jäähtymisen on täytynyt tapahtua hitaasti. Toinen vielä tärkeämpi tekijä on se, että meteoriiteissa ovat metalliosa ja silikaattiosa selvästi eronneet toisistaan. Tämä voi tapahtua vain voimakkaan vetovoimakentän vaikutuksen alaisuudessa. Pieneksi kappaleeksi tiivistyvä kaasumassa tai kosminen tomujoukko ei voisi kemiallisesti erilaistua niin voimakkaasti kuin mitä meteoriittiaineksessa on tapahtunut.

Todennäköisimpänä pidetty käsitys maapallon rakenteesta on se GOLDSCHMIDTIN ja TAMMANNIN esittämä teoria, joka perustuu metalleja valmistettaessa havaittuihin ilmiöihin. Kun sulatamme malmia, saattaa syntyä kolme toisiinsa liukenevatonta sulatetta, jotka ominaispainonsa mukaan lueteltuina ovat metalli-

sulate, sulfidisulate ja silikaattisulate eli kuona. Nämä aineet erkautuvat sulatuksen kestäessä pieninä pisaroina ja keräytyvät maapallon vetovoimakentän vaikutuksesta yhteen siten, että alimmaksi tulee metallisulate, sen päälle sulfidisulate ja päällimmäiseksi kuona. GOLDSCHMIDTIN ja TAMMANNIN mukaan on maapallossa vastaavat kerrokset. Maanjäristysaaltojen kulkua tutkittaessa on todettu, että maapallossa on kerroksia, joiden rajalla mainittujen aaltojen kulkunopeus muuttuu jyrkästi. Otaksutaan, että pinnalla on 120 km paksuinen kerros alumiini- ja alkalimetallirikkaita silikaatteja, jotka vastaavat havaintoalueemme kivilajeja. Tämän alla on 1080 km paksuinen kerros rauta-magnesiumsilikaatteja, jotka vastaavat eklogiitin nimellä tunnettua pinnalla hyvin harvinaista kivilajia. Sen alla on 1700 km paksuinen sulfideja ja oksideja sisältävä kuori ja lopuksi sisimpänä nikkelifrautasydän, jonka säde on 3500 km. Tämä teoria näyttää tulleen yleisesti hyväksytyksi. Tosin RITTMANN ja KUHN esittivät v. 1941 maapallon rakenteesta täysin toisenlaisen käsityksen, mutta se ei kuitenkaan ole kestänyt arvostelua. Jos kuvittelemme GOLDSCHMIDTIN ja TAMMANNIN teorian mukaisen planeetan murenevan siruksi, saamme ainejoukon, joka vastaa meteoriitteja. On lausuttu käsitys, että jos meteoriitit olisivat planeetan siruja, pitäisi tämän planeetan olla Maata pienemmän, sillä meteoriiteissa ei ole tavattu Maan pintakerroksen vahvasti erilaistuneita happamia kivilajeja vastaavia aineita. Tähän on huomautettu, että kun tunnettujen kivimeteoriittien lukumäärä on suhteellisen vähäinen, on sangen epätodennäköistä, että näiden joukossa voisi olla ohuesta pintakerroksesta peräisin olevaa vaikeasti tunnettavaa ainesta. On myös lisätty, että planeetan särkyessä saattaisi pintakerros murentua niin hienoksi, että suurin osa siitä tuhoutuisi lentotähtinä voimatta pudota Maan pinnalle saakka. Meteoriittien rakenteen perusteella voidaan siis hyvin ajatella että ne olisivat peräisin tuntuvasti Maata suuremmasta planeetasta.

Herää kysymys onko tämä mahdollinen planeetta kuulunut omaan aurinkokuntaamme vai saapuuko ainakin osa meteoriiteista avaruuden kaukaisista osista. Vielä muutamia vuosia sitten, jolloin innokkaasti tutkittiin meteoriittien ikää radioaktiivisuuden perustuvan keinon avulla otaksuttiin, että monet niistä olisivat hyperbelinmuotoisen ratansa perusteella kaukaisia vieraita. Nykyään näyttää kuitenkin siltä, että meteoriitit kuuluvat ainakin pääosaltaan omaan aurinkokuntaamme ja voivat saada hyperbelinmuotoisia ratoja planeettojen häiriöiden vaikutuksesta. Erittäin mielenkiintoista valaistusta kysymykseen meteoriittien alkuperästä antaa kuuluisan hollantilaisen tähtitieteilijän J. H. OORTIN pari vuotta sitten julkaisema teoria pyrstötähtien alkuperästä. OORTIN teoria, joka nojautuu niihin tuloksiin, mitä on saatu seuraamalla ajassa taaksepäin pyrstötähtien ratojen kehitystä, on lyhyesti sanottuna seuraava. Jupiterin ja Marsin ratojen välillä sijaisi Maata suurempi planeetta, joka kehityksensä varhaisessa vaiheessa joutui käymään Jupiterin Roche-rajan sisällä, jolloin se murentui palasiksi. Osa näistä sirpaleista muodostaa nykyisen pikkuplaneettojen parven, toinen osa hajosi yksityisiksi meteoriiteiksi ja loput sinkoutuivat Jupiterin häiriöiden vaikutuksesta 150 000—200 000 tähtitieteellisen yksikön päähän, siis suunnil-

leen puoliväliin lähimmästä kiintotähdestä, ryhmittynen siellä pyrstötähtipilveksi. Tämän pyrstötähtivaraston paino on $\frac{1}{10}$ maapallon painosta ja $\frac{1}{30}$ alkuperäisen planeetan painosta. Lähimpien kiintotähtien aiheuttamat häiriöt palauttavat jatkuvasti pyrstötähtiä Auringon läheisyyteen, missä suuret planeetat voivat vangita niitä pakottaen ne kiertämään ellipsinmuotoisia ratoja. Vanhentuessaan pyrstötähdet hajoavat lentotähtiparviksi ja edelleen yksityisiksi lentotähdiksi ja meteoriiteiksi.

OORTin teoriaa vastaan on esitetty se huomautus, että pyrstötähdet lähestyessään Aurinkoa voivat kehittää laajan pyrstön, jonka spektrissä on todettavissa seuraavat atomiryhmät: CH, CH⁺, C₂, OH, NH, CN, CO⁺, CO₂⁺, N₂⁺, OH⁺ jne. Tämä edellyttää, että pyrstötähdissä pitäisi olla runsaasti metaania, vettä, ammoniakkia, syaania ja hiilen oksideja. Pyrstötähdillä olisi siis aivan erilainen kokoomus kuin pikkuplaneetoilla, joten niiden olisi KUPERin mukaan täytyntä syntyä toisesta »Aurinkonebuloosan» osasta kuin pikkuplaneettojen. Jos tarkastamme OORTin teoriaa planeettakemian valossa, saa pyrstötähtien spektri luonnollisen selityksensä. R. WILDTin mukaan ovat suuret planeetat koostuneet siimpänä olevasta maapalloa vastaavasta kiviplaneetasta, jota ympäröi paksu vesi- tai jääkerros, ja sen päällä on hiilivetymeri. Niiden kaasukehän pääkaasuina ovat metaani ja ammoniakki. Kivimäärän perusteella arvioiden olisi särkynyt planeetta ollut ehkä Uranuksen kokoinen. Näin suuren planeetan vetovoimakenttä on niin voimakas, että se kykenee pidättämään pinnallaan kyseessä olevaa etäisyyttä vastaavassa Auringon säteilyssä ne ilmeisesti alkuperäiseen planeettamateriaan kuuluneet aineet, jotka aiheuttavat pyrstötähtien spektrin. Planeetan särkyessä eivät nämä aineet ennättäneet haihtua kokonaan pois niiden sirpaleiden pinnalta, jotka matkasivat OORTin otaksumalle kaukaiselle pyrstötähtivarastolle. Tällä alueella ei Auringon säteily ole sen voimakkaampaa kuin muidenkaan tähtien, joten kiinteiden kappaleiden lämpötila laskeutuu hyvin lähelle absoluuttista nolapistettä. Kyseessä olevien aineiden höyrynpaine tulee mittaamattoman pieneksi jo paljon aikaisemmin. Pyrstötähdet on varastoitu niin perusteelliseen syväjäähdytystilaan, ettei pyrstöaine ehdi haihtua muutamassa miljardissa vuodessa. Läheisten kiintotähtien syöstessä pyrstötähtiä planeettojen ratojen piiriin aiheuttaa Auringon säteily pinnan höyrystymisen, jolloin saadaan ainetta komean pyrstön muodostumiseen. Kokemuksesta tiedämme haihtumisen olevan niin nopeaa, että jaksollisten pyrstötähtien pyrstö heikkenee selvästi jokaisella kerralla, jolloin ne uskaltautuvat Auringon läheisyyteen. Tämän perusteella ymmärrämme miksi pikkuplaneetat ovat menettäneet pyrstönsä jo kehityksensä alkuvaiheessa, tähtitieteellisesti katsoen yhdessä hetkessä.

Nykyhetken kosmologian kehitysvaiheelle on erikoista, että kaikkein epävarmimmalta tuntuu tietomme lähimmän ympäristömme — planeettakunnan kaikkein lisäkappaleineen — syntyvaiheista. Onhan siitä esitetty viimeksi kuluneen vuosikymmenen aikana useita toisistaan jyrkästi poikkeavia otaksumia. Edellä olevassa tarkastelussa olemme todenneet, että OORTin teoria ei johda mihinkään planeettakemian kannalta katsoen ristiriitaisiin tuloksiin.

ALKUAINEIDEN SYNTY

Kirj. RISTO NIINI

Kysymystä aineiden luonteesta ja alkuperästä on pohdittu ammoiset ajat. Hindujen varhaisissa filosofisissa kirjoituksissa esiintyy selvänä ajatus, jonka mukaan kaikkeus on muodostunut muutamista harvoista perusaineista. Eräät vanhan Kreikan tunnetut filosofit tyytyivät yhteen ainoaan perusaineeseen: THALEKSELLA tämä oli vesi, ANAKSIMENEELLA ilma, HERAKLEITOKSELLA tuli. EMPEDOKLES palasi taas hindujen käsitykseen. Hän hyväksyi sekä veden, ilman että tulen perusaineiksi ja lisäsi — arvatenkin todellista keksijän iloa tuntien — omasta puolestaan vielä maan. Yli 400 vuotta ennen ajanlaskumme alkua syntyivät näin ajatukset, jotka elivät vaihtelevin vivahduksin filosofiassa ja luonnontieteissä 1800-luvulle saakka.

Muistaen, että englantilainen fyysikko ja kemisti DALTON jo v. 1806 esitti uuden atomiteorian, on kiintoisaa lukea tunnetun saksalaisen BROCKHAUSIN tietosanakirjan vuoden 1824 painoksen, arvatenkin jonkun filosofin kirjoittamasta alkuaineista koskevasta artikkelista mm.:

»Fyysikkojen kesken tulisi vastaisuudessa vain näitä neljää (nim. maata, vettä, ilmaa ja tulta) sanoa alkuaineiksi ja kemiallisia alkuaineita asiallisemmin vain aineiksi . . . Perusalkuaine on se, joka on kaikkien muiden alkuaineiden yhteinen perusta, alkulähde, tavallaan emo. — Perusalkuaine on tuli . . . Kaikissa kiintotähdissä, kuten maapallossamme, on kolmea alkuainetta, ilmaa, vettä ja maata, jotka ovat maallisia alkuaineita päinvastoin kuin perus- eli emoalkuaine (nim. tuli), jota voidaan sanoa taivaalliseksi tai kosmiseksi eli maailmanalkuaineeksi . . . Nämä kolme maallista alkuainetta ovat syntyneet tulialkuaineesta eli eetteristä . . .»

Näiden vanhan ja uuden ajan käsitysten rinnalla ei lainkaan tarvitse hävetä omien runolaulajiemme raudan synny alkusanoja (Kalevalan IX runo):

»Ilma on emoja ensin,
vesi vanhin veljeksiä,
rauta nuorin veljeksiä,
tuli kerran keskimäinen.»

Ei ole syytä luulla, että kreikkalaiset sen paremmin kuin 1820-luvunkaan filosofit olisivat mainituilla neljällä alkuaineella tarkoittaneet samannimisiä arki kielen käsitteitä. On varmaakin, että nimityksillä oli laajempi ja syvällisempi

sisällisyys — vaikka sitä ei yleensä esitetty täsmällisesti. 400-luvulla eKr. eläneet kreikkalaiset filosofit LEUKIPPOS ja DEMOKRITOS, jotka olivat yhden perusaineen kannattajia, ovat tässä suhteessa vältäneet taitavasti kaiken epäilyksen: he eivät antaneet perusaineelleen lainkaan arkikielen nimeä.

Juuri LEUKIPPOS ja »naurava filosofi» DEMOKRITOS ovat nykyisten tietojen mukaan ehkäpä ensimmäiset, jotka loivat laajan oppirakennelman pitäen lähtökohtana olettamusta, joka muunnettuna on nykyaikaisen atomiteorian perusajatus. DEMOKRITOS oletti »suuressa maailmanjärjestyksessään» kaikkien aineiden ja kappaleiden erilaisten ominaisuuksien johtuvan saman perusaineen jakamattomien pikku osasten, atomien, muodon ja suuruuden erilaisuuksista.

Muiden »alkuaineiden» synnyn perusalkuaineesta vanhat kansat selittivät kekseliäin tarinoin. Useat filosofit välttivät koko kysymyksen lausumalla kuten Sinuhe egyptiläinen: »näin on aina ollut ja näin on vastakin oleva», tai vetoamalla kuten HERAKLEITOS ikuiseen muuttumiseen, jolla ei ole alkua eikä loppua: »kaikki virtaa», aineen muodot vaihtelevat lakkaamatta. Mutta outo ei ole myöskään toisenlainen ajatus, jonka mukaan maailma kaikkine aineineen on aikojen alussa syntynyt tyhjästä tai jostakin aivan epämääräisestä. Tätä käsitystä edustavat vanhojen kreikkalaisten ja uuden ajan filosofin KANTIN esitykset kaaoksesta eli »alkukuilusta» tai »massasta» ja ennen kaikkea Raamatun koruttoman jyrkät ensimmäiset sanat: »Alussa loi Jumala taivaan ja maan».

Puhtaan luonnontieteen ratkaistavaksi kysymys alkuaineiden synnystä alkoi hahmottua viime vuosisadan vaihteessa radioaktiivisten ilmiöiden tutkimuksen yhteydessä. Selviin muotoihin kysymys kiteytyi vasta 1930-luvulla. Nykytieteelle se on lähinnä tähtitieteellinen tai kosmologinen, osaksi myös fysikaalis-geologinen ja viime vuosina jopa teknillinen probleema.

Sanottakoon heti, että tähtitieteellisen probleeman ratkaisut ovat toistaiseksi kaikki kiistanalaisia. Ei ole päästy yksimielisyyteen edes siitä, tapahtuuko alkuaineiden syntyminen jatkuvasti HERAKLEITOKSEN »kaikki virtaa»-periaatteen mukaisesti vai ovatko nykyiset alkuaineet pääosaltaan peräisin jostakin kertakaikkisesta alkutapahtumasta.

Jotta seuraava ylimalkainen esitykseni eräistä näistä osittain vastakkain käyvistä »ratkaisuisista» olisi ymmärrettävissä, on syytä tutustua hieman niihin perusteisiin, joiden pohjalta alkuaineiden synnyn ongelmaa nykyisin käsitellään. Tärkeimmät perusteet ovat alkuaineiden atomien rakenne ja sitä koskevat lainmukaisuudet sekä alkuaineiden runsaussuhteet maailmankaikkeudessa.

Atomien rakenteeseen tutustumisen aloitamme aineen pienimmistä mahdollisista osasista, aineen ns. kantahiukkasista, jotka nykyisessä tieteessä parhaiten vastaavat DEMOKRITOKSEN atomeja. Eräät näistä »jakamattomista» hiukkasista ovat sähköisiä, toiset sähköttömiä. Sähköisten kantahiukkasten varaus on aina saman suuruinen, joko positiivinen tai negatiivinen »alkeisvaraus» (+e tai -e). Eri hiukkaslajien massat sen sijaan ovat eri suuria, mutta saman lajin eri yksilöillä on kaikilla sama massa. Massan vertailuyksikkönä (lyh. englantilaisittain MU) on

yhden happiatomin 16:s osa eli $1.6485 \cdot 10^{-24}$ grammaa, jota yksikköä käyttäen ilmaistaan myös ns. atomi- ja molekyylipainot.

Nykyisin tunnetut aineen kantahiukkaset ovat seuraavat:

Ryhmänimitys	Hiukkanen	Massa/MU	Varaus	Pysyvyys
Raskaat hiukkaset (nukleonit)	Neutroni	1.00893	0	Puolipysyvä
	Protoni	1.00758	+e	Pysyvä
Keskiraskaat	Mesonit	0.025...1	+e, 0, -e	Lyhytikäisiä
Kevyet hiukkaset (leptonit)	Elektroni	0.00055	-e	Pysyvä
	Positoni	0.00055	+e	Lyhytikäinen
	Neutrino?	?	0	» ?

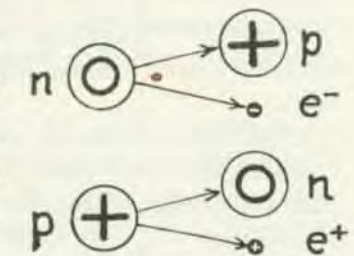
Taulukkoon merkitty »lyhytikäisyys» tarkoittaa, että irrallinen hiukkanen muuttaa luonnettaan hyvin nopeasti, yleensä muutamaa miljoonasosasekuntia lyhyemmässä ajassa. »Puolipysyvä» neutroni säilyy irrallisena keskimäärin noin puoli tuntia, mutta sopivissa olosuhteissa miltei rajattoman kauan. Ulkopuolisista vaikutuksista myös »pysyvät» hiukkaset voivat muuttua. Kuva 1 esittää kahta tärkeätä kantahiukkasten keskinäistä muutosta. Nykypäivien fyysikkoja kylläkin suuresti kiinnostavista erilaatuisista mesoneista sekä neutrinoista tässä riittääköön taulukossa oleva maininta.

Vielä suurelta osaltaan selvittämättömien ns. ydinvoimien ansiosta protonit ja neutronit voivat sopivissa olosuhteissa liittyä suuremmiksi pysyviksi yhtymiksi, atomien ytimiksi. Pienissä ytimissä protoneja ja neutroneja on likimain yhtä monta. Suuremmissa neutroneja on suhteellisesti enemmän, kaikkein suurimmissa tunnetuissa, lähes 250 nukleonia (ts. protonia ynnä neutronia) sisältävissä, neutroneja on noin 60 % enemmän kuin protoneja.

Tavallisen atomin muodostavat ydin ja sen ympärillä sähköisten vetovoimien pidättämä, määräsääntöjen mukaisesti kieppuva elektroniparvi. Tällaisen »pienoisaurinkokunnan» kokonaisläpimitta on korkeintaan muutama sadasmiljoonasosenttimetri, mistä »aurinon» eli ytimen osalle tulee yleensä alle biljoonasosenttimetriä. Jos hirmuisella paineella ytimet ja elektronit saataisiin sulloutumaan viereen, aineen tiheys nousisi mielikuvituksellisiin arvoihin: satoihin tuhansiin tonneihin kuutiomillimetriä kohti!

Ydin määrää atomilajin eli myös alkuaineen. Sen protonien luku on kunkin alkuaineen luonnollinen järjestysluku ja on siis kullakin alkuaineella eri suuri. Jos ytimessä on yksi protoni, kysymyksessä on vety, kahden protonin ydin on heliumin jne. aina protoniluvultaan suurimpaan nykyisin tunnettuun (keinotekoiseen) alkuaineeseen, kaliforniumiin, saakka, jonka ytimessä on 98 protonia.

Samaan protonimäärään saattaa kuitenkin liittyä



Kuva 1. Kaksi tärkeätä kantahiukkasten muuttumistapaa.

pysyvästikin eri määrä neutroneja, joten samalla alkuaineella on eripainoisia ytimiä. Nämä eripainoiset ydinlajit edustavat saman alkuaineen eri isotooppeja. Niinpä vedyllä, maailmankaikkeuden yleisimmällä alkuaineella, on kolme isotooppia, joista tavallisimman ytimenä on pelkkä protoni, toisen, ns. raskaan vedyn eli deuteriumin ytimessä, deutonissa, on protonin lisäksi yksi, kolmannen eli tritiumin kaksi neutronia.

Tavallisen heliumin ytimessä eli α -hiukkasessa on kaksi protonia ja kaksi neutronia.

Luonnon alkuaineet ovat enimmäkseen usean eri isotoopin seoksia. Seossuhde puolestaan on sangen vakainainen. Siten maapallolla esiintyvässä vedyessä on säännöllisesti yksi raskaan vedyn atomi aina noin 7 000 tavallista vetyatomia kohti.

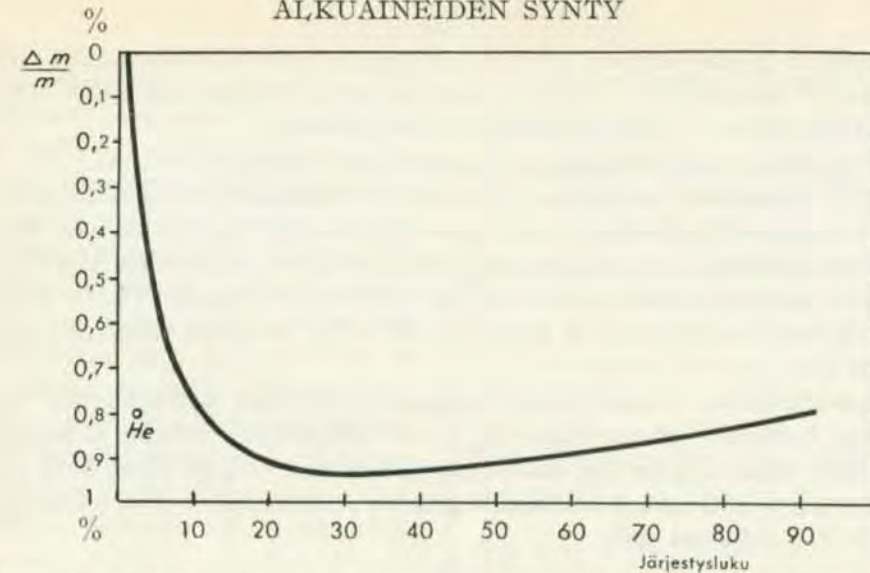
Vaikkakin ytimen voimat ja sen yksityiskohtainen rakenne ovat huonosti tunnetut, ytimen energia on sangen tarkkaan laskettavissa eräistä mittauksista. Laskelmien pohjana on EINSTEININ kuuluisa energiakaava, jonka mukaan massa on myös kokonaisenergian mitta siten, että 1 gramman massa vastaa säännöllisesti noin 25 miljoonan kilowattitunnin energiaa eli

$$\text{energia} = \text{massa} \times c^2 \quad (c = \text{valon nopeus}).$$

Hyvää ns. massaspektrografia käyttäen voidaan erittäin tarkkaan mitata (tai laskea) sekä irrallisten kantahiukkasten että erilaisten ydinten suhteelliset massat. Ytimen massa on aina pienempi kuin vastaavan irrallisten hiukkasten määrän. Erotusta sanotaan ytimen massavajaukseksi. Se ilmaisee EINSTEININ kaavan mukaan samalla »alkuperäisten» irrallisten hiukkasten ja niistä »muodostuneen» ytimen energiaeron eli ytimen »muodostumisenergian». Sitä vastaava lisäenergia tarvittaisiin tietysti myös ytimen täydelliseen hajoittamiseen. Mitä suurempi osa massasta on »hävinnyt» eli mitä suurempi on suhteellinen massavajaus, sitä lujempi on siis ytimen rakenne. Kuva 2 esittää eri alkuaineiden keskimääräisiä suhteellisia massavajauksia. Suhteellinen vajaus on suurin, noin 0,94 %, alkuaineilla, joiden ydinten järjestysluku on 25:n ja 35:n välillä. Ne ovat energia-kuopan pohjalla, ts. ne ovat luovuttaneet kaiken ydinvoimilla vapautettavan energian, ja ne merkitsevät siinä mielessä energiankehityksen päättepisteitä. Kun tähän alkuaineiden joukkoon kuuluu mm. rauta, kuulostavat alussa lainaamme Kalevalan säkeet suorastaan profeetallisilta.

Ydinreaktiot ovat joko nukleonien yhtymistä tai hajoamista uudensiksi ytimiä tai kuvan 1 mukaisia ytimeen kuuluvien protonien ja neutronien muuttumisia.

Maanpäällisissä oloissa on luonnossa tärkein ydinreaktio itsestään ulkopuolisista vaikutuksista tapahtuva ns. luonnollinen radioaktiivisuus. Tällä tarkoitetaan reaktioita, joissa kokonaisenergia pienenee siten, että suuri ydin joko viskaa pois pienen osan — nimenomaan α -hiukkasen eli heliumytimen — taikka muuttaa yhden protoninsa neutroniksi tai yhden neutroninsa protoniksi. Reaktiossa alkuaine muuttuu toiseksi, koska ytimen protonimäärä muuttuu. Tulosaenen suhteelli-



Kuva 2. Alkuaineiden suhteellinen massavajaus ($\Delta m/m$), joka kuvaa niiden ydinten lujuutta. Massavajaus on ilmoitettu prosentteina.

nen massavajaus on suurempi kuin alkuperäinen; aine on »siirtynyt» kappaleen matkaa kuvassa 2 esitetyn »energia-kuopan» pohjaa kohti.

Kaikki radioaktiiviset ydinreaktiot tapahtuvat omaa vakituista tahtiaan niin, että jokaisen radioaktiivisen ydinlajin jäljellä oleva määrä vähenee puoleen aina tälle ydinlajille ominaisen ajan, ns. puoliintumis- eli puoliajan kuluessa, edellyttäen tietysti, ettei ko. ydinlajia synny vuorostaan jonkin muun reaktion tuloksena. Jos taas uutta syntyy juuri vähennyksestä vastaavasti, vallitsee ns. radioaktiivinen tasapaino ko. ydinlajin ja sitä synnyttävän radioaktiivisen aineen kesken.

Muut ydinreaktiot tapahtuvat törmäysten seurauksina joko heti (»atomin särkyminen tai halkeaminen») tai myöhemmin radioaktiivisuuden tapaan (»keino-tekoinen» eli »virinnyt» radioaktiivisuus) taikka myös siten, että ulkopuolelta tullut elektroni tai neutroni jää pysyvästi ytimeen (»elektroninsidonta» tai »neutroninsidonta»). Viimeksi mainitulla reaktiolajilla — neutroninsidonnalla — on tärkeä osuus alkuaineiden kosmisen synnyn selityksissä, samoin niillä reaktioilla, joissa ainakin toisena törmäävänä hiukkasena on protoni eli vedyn ydin. Törmäävien ydinten laadusta ja nopeudesta riippuen tulokset ovat erilaisia, eikä yleisääntö energia-kuopan pohjaa kohti siirtymisestä pidä paikkaansa kuten radioaktiivisuudessa. Törmäysreaktioiden ja radioaktiivisuuden kautta ovat kaikki nykyiset alkuaineet siten hyvinkin saattaneet syntyä.

Laboratorioissa saadaan aikaan törmäysreaktioita sekä radioaktiivisista aineista sinkoutuvilla että erikoislaitteissa sähkökentillä suureen nopeuteen kiihdytetyillä hiukkasilla. Eräiden aineiden ytimissä reaktio käy myös »ketjuna»: eräät halkeamistulokset halkaisevat taas uusia. Normaaliolosuhteissa lämpöliikkeestä johtuvat törmäykset eivät sen sijaan aiheuta ydinreaktioita, koska tällöin ydinten sähköiset poistovoimat kykenevät estämään ydinten pääsyn kyllin lä-

helle toisiaan. Jo kevyimpien ydinten tehokas lämpöliiketörmäily vaatii miljoonien asteiden lämpötiloja ja valtavia paineita, joihin nykyiset teknilliset välineet ovat riittämättömät — atomipommia lukuunottamatta.

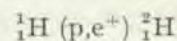
Vielä muutama sana ydinlajien ja ydinreaktioiden merkintätavoista.

Ydinlajit ilmaistaan tavallisilla »kemiallisilla» alkuaineiden tunnuskirjaimilla, joihin »yläviitaksi» kirjoitetaan ytimen protonien ja neutronien yhteisluku. Vaikka kemiallinen merkki jo sinänsä määrää protonien luvun, myös tämä kirjoitetaan tavallisesti näkyviin »alaviitaksi» merkin vasemmalle puolelle. Vedyn isotooppien täydelliset merkinnät ovat siten: ${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$ ja ${}^3_1\text{H}$; heliumin ytimen eli α -hiukkasen on ${}^4_2\text{He}$.

Ydinreaktiokaavat voidaan kirjoittaa kuten kemialliset reaktiokaavat. Usein käytetään kuitenkin lyhennyskaavoja, joissa alkuperäisen ytimen ja lopullisen päätuloksen väliin kirjoitetaan sulkeisiin ytimeen törmäävä eli siihen lisää tuleva ja ytimeä pois sinkoutuva hiukkanen pilkulla erotettuina. Lyhennyksinä käytetään tällöin sulkeissa mm.:

$$\begin{aligned} \alpha &= \alpha\text{-hiukkanen} (= {}^4_2\text{He}), & e^- &= \text{elektroni} (= \beta^-), \\ p &= \text{protoni} (= {}^1_1\text{H}), & e^+ &= \text{positoni} (= \beta^+), \\ n &= \text{neutroni} (= {}^1_0\text{n}), & \gamma &= \text{säteilyä (eli gammakvantti)}, \\ * &= \text{ei hiukasta eikä säteilyä (epätavallinen merkintä!)}. \end{aligned}$$

Esim. reaktiokaava



merkitsee: tavalliseen vety-ytimeen (${}^1_1\text{H}$) eli protoniin törmää toinen protoni (p); yhtymästä sinkoutuu pois positoni (e^+), mikä tietysti edellyttää toisen protonin muuttumista neutroniksi ja positoniksi (ks. kuvaa 1); jäljelle jää raskaan vedyn ydin (${}^2_1\text{H}$). — Jos raskaan vedyn ytimeen jälleen törmäisi jokin hiukkanen, kaavaa voidaan jatkaa uusilla sulkeilla ja uudella päätuloksella jne.

Alkuaineiden ja niiden eri isotooppien esiintymisestä maailmankaikkeudessa on tehty melko luotettavia tilastoja. Ne perustuvat maankuoren eri osista, vesistöistä ja ilmakehästä sekä meteoriiteista tehtyihin kemiallisiin analyyseihin, tähtien valosta tehtyihin spektroskooppisiin havaintoihin sekä teoreettisiin laskelmiin. Luotettavuutta osoittaa se, että eri henkilöiden eri aineistoista saamat tulokset ovat kutakuinkin yhtäpitäviä.

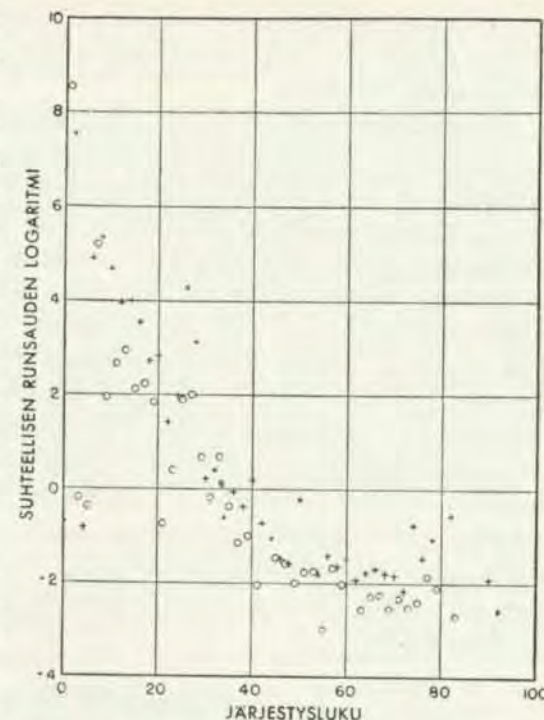
Kuvassa 3 on esitetty eräs tällainen (etupäässä amer. H. BROWNIN laskelmiin perustuva) tilasto alkuaineista — siis erottamatta isotooppeja toisistaan. Vaaka-akselina on alkuaineen järjestysluku, pystyakselina alkuaineen atomien suhteellisen lukumäärän logaritmi. Suhteelliset lukumäärät on laskettu 100:s-osaprosentteina piiatomien (Si) lukumäärästä. Pystyakselin yksi ruutuväli vastaa 100-kertaista lukumääräsuhdetta (puoli ruutua 10-kertaista jne.). Selvyyden vuoksi on järjestysluvultaan parittomien alkuaineiden runsaussuhde merkitty ympyrällä, parillisten ristillä.

Kuvasta näkyy, että vety (järjestysluku = 1) on yleisin, seuraava on helium (järjestysluku = 2). Suunnilleen järjestyslukuun 50 saakka runsaus alenee jyrkästi, mutta on siitä alkaen kaikilla alkuaineilla suuruusluokaltaan melkein sama. Eräitä silmään pistäviä poikkeuksia on kylläkin, mm. järjestysluvun 26 eli raudan kohdalla. Yleispiirteinä näkyy myös, että järjestysluvultaan parilliset alkuaineet ovat enimmäkseen yleisempiä kuin parittomat. Tärkein poikkeus tästä säännöstä on vety.

Radioaktiivisuus alkuaineiden tuotajana. Maapallolla todettavat luonnon radioaktiiviset alkuaineet ovat melkein kaikki joko hyvin pitkäikäisiä ns. radioaktiivisia kanta-aineita tai näiden lyhytikäisiä välituotteita, joiden määrän säätää radioaktiivinen tasapaino tuottaja-aineen kanssa. Välituotteiden määrä on hyvin pieni ja vähenee aikojen kuluessa sitä mukaa kuin kanta-ainekin. Lopputuloksena on paitsi α -hiukkasina eroavaa heliumia jokin pysyvä alkuaine.

Pitkäikäisiä radioaktiivisia ydinlajeja on maapallolla neljä: kaksi uraanin, yksi toriumin ja yksi kaliumin isotooppi (${}^{238}_{92}\text{U}$, ${}^{235}_{92}\text{U}$, ${}^{232}_{90}\text{Th}$ ja ${}^{40}_{19}\text{K}$), joiden kaikkien puoliaika on yli 900 miljoonaa vuotta. Kolmesta ensiksi mainitusta syntyy lopulta lyijyä ja välituotteina on radioaktiivisia alkuaineita, joiden järjestysluvut ovat välillä 91 ··· 84 (mm. radiumia) ja joiden puoliajat vaihtelevat sekunnin murto-osista 230 000 vuoteen. Kaliumin radioaktiivisesta isotoopista muodostuu väliasteita joko argonia tai kalsiumia. Pääosa Maan ilmakehän argonista lienee syntynyt juuri näin. Myös ilmakehän heliumin määrästä on varmasti melkoinen osa radioaktiivisuuden tuotetta.

On ilmeistä, että niiden ainesten joukossa, joista maapallo on muodostunut, on aikanaan ollut myös lyhytikäisempiä radioaktiivisia kanta-aineita kuin nykyisin jäljellä olevat. Tällaisia ovat mm. järjestysluvultaan 92:n ylittävät alkuaineet, joita viime vuosina on pystytty keinoitekoisesti valmistamaan. Niistä muutamien puoliaika on yli miljoona vuotta, mutta kuitenkin niin lyhyt, että aineet ovat ehtineet maapallonkin »elinaikana» hajota loppuun. Jos tällaisia ylikäyttäviä alkuaineita on alun perin ollut hyvin runsaasti, niiden radioaktiivinen hajoaminen on



Kuva 3. Alkuaineiden runsaussuhteet maailmankaikkeudessa (lähinnä H. BROWNIN mukaan).

saattanut aivan olennaisesti vaikuttaa pysyvien tulosaineiden runsaussuhteisiin. Mutta jäljelle jää joka tapauksessa kysymys, miten itse radioaktiiviset kantaineet ovat syntyneet.

Pitkäikäisten radioaktiivisten alkuaineiden ja niiden tuotteiden lisäksi esiintyy maapallolla — tosin erinomaisen pienin määrin — eräs radioaktiivinen aine, jonka puoliaika on vain 5 600 vuotta: hiilen isotooppi $^{14}_6\text{C}$. Koska sen puoliaika on kovin lyhyt, sen olemassaolo on mahdollinen vain jatkuvan lisätuotannon kautta. Tuottajina ovat Maan ilmakehään avaruudesta tulevat hyvin nopeat hiukkaset tai tarkemmin sanoen tämän ns. kosmisen säteilyn yhteydessä esiintyvät neutronit. Hiilen radioaktiivista isotooppia syntyy tavallisesta tyyppistä ($^{14}_7\text{N}$) reaktion $^{14}_7\text{N} (n, p)^{14}_6\text{C}$ kautta. Muodostuttuaan hiili-isotooppi yhtyy pian happeen hiilihapoksi ja joutuu muun hiilihapon tavoin kasvien kautta elolliseen luontoon, jossa sitä on tavalliseen hiileen ($^{12}_6\text{C}$) verrattuna samassa suhteessa kuin Maan ilmakehässä eli noin 1:n suhteessa 1 biljoonaan. Maaperässä sitä on yleensä vain elollisen luonnon välittämänä. Radioaktiivisesti $^{14}_6\text{C}$ -ydin viskaa pois elektronin muuttuen taas tyypeksi, joten alkuaineiden runsaussuhteet eivät pysyvästi muutu. Tällä radioaktiivisuudella lienee tärkeä osuus eräissä biologisissa tapahtumissa. Sen perusteella voidaan myös määrittää eloperäisten aineiden ikä noin 50 000 vuoteen saakka.

Maapallon ja maailmankaikkeuden iän arviointeja. Vanha käsitys maailmamme kertakaikkisesta syntymisestä tai luomisesta on saanut lukuisia kannattajia nykypäivien tiedemiestä. Pääperusteluina ovat erilaisten maanpäällisten ja kosmisten ainemuodostelmien ikälaskelmat.

Maan aineiden ikä on arvioitavissa radioaktiivisten aineiden puoliajoista ja fysikaalis-kemiallisella analyysillä todettavista hajaantumismääristä. Tavallisimmin laskelma tehdään uraanilla $^{238}_{92}\text{U}$, jonka puoliaika on 4 500 miljoonaa vuotta. Hajaantuneen uraanin määrä, jonka ilmaisee lopputuloksena uraanin sekaan syntynyt lyijyn isotooppi, on vanhimmissa uraanipitoisissa kivilajeissa vajaa puolet uraanin nykyisestä eli noin 30 % alkuperäisestä määrästä. Vanhimpien kivilajien ikä olisi täten noin puolet uraanin puoliajasta eli noin 2 300 miljoonaa vuotta.

Kivilajien radioaktiiviseen iänmäärittämiseen liittyvän laskumenetelmän itse Maan iän arvioimiseen on esittänyt engl. A. HOLMES. Menetelmässä otetaan huomioon, että uraanista syntyvää lyijyisotooppia on Maan alkuaineisiin sisältynyt myös alun perin. Laskelmien tuloksena HOLMES saa Maan iäksi 3 385 miljoonaa vuotta.

Vielä merkittävämpää on, että muiden taivaankappalten iän eri arvioissa päädytään samoihin tai vain vähän suurempiin arvoihin. Meteoriiteille saadaan uraani-lyijymäärittämisestä jokseenkin sama iänarvio kuin Maan kivilajeille. Samaa suuruusluokkaan johtavat myös omaan Linnunrataamme kuuluvien tähtijoukkojen (kuten Seulasten) ja kaksoistähtien liiketiloihin sekä tähtien energiankulutukseen perustuvat ikälaskelmat, vieläpä Kuun etääntymisnopeuteen perustuva Kuun ikälaskelma.

Edellisiä epävarmemmaksi on katsottava etäisten kierteissumujen spektreissä säännöllisesti todettavaan punasiirtymään perustuva arvio (ks. R. A. HIRVOSEN kirjoitusta Avaruustutkimuksista, *Tähtitiedettä harrastajille II*, s. 77 alk.). Yksinkertaisinta on tulkita punasiirtymät johtuviksi meistä pois päin suuntautuvista suurista nopeuksista. Näin tulkiten kierteissumujen keskinäiset välimatkat pitenevät mittausten mukaan keskimäärin yhdellä 1 800-miljoonasosallaan joka vuosi. Jos oletetaan nopeuksien pysyneen samoina kautta aikojen, kaikki kierteissumut olisivat 1 800 miljoonaa vuotta sitten olleet yhtenä valtavan tiheänä aineröykkiönä. Mutta: etääntymisnopeus ei ole ainoa punasiirtymän selitysmahdollisuus, ja ainakin nopeuden pysyminen samana kautta aikojen on kiistettävissä. Huomiota ansaitsee silti tämänkin ikäarvion suuruusluokan sopeutuminen muihin. Viime tietojen mukaan kefeidien avulla saadut etäisyydet näyttävät olevan liian lyhyitä. Ne ovat ilmeisesti pitempiä, ehkä jopa kaksinkertaisia. Jos näin on, kierteissumujen nopeuksista laskettu ikä kohoaa sekkin ehkä jopa kaksinkertaiseksi, mikä sopii paljon paremmin myös edellä esitettyihin iän arviointeihin.

Tähtien säteilyyn liittyvä alkuainetuotanto. Alkuaineiden syntyjen syvien selittämässä on muodostunut kaksi pää- ja montakin sivukoulukuntaa, joiden käsitteet eroavat toisistaan sekä syntymisen ajan että paikan ja olosuhteiden osalta. Pätevästi katsotaan kuitenkin osoitetuksi, että nykyiset alkuainemäärät eivät ole voineet syntyä kaikki samassa lämpötilassa ja paineessa, vaan näiden on täytynyt muuttua syntymisprosessin jatkuessa tai olla eri paikoissa erilaisia.

Pääsuuntien kesken on kiistana lähinnä, syntyvätkö alkuaineet pitkien aikojen kuluessa, niin että eri alkuaine- tai paremminkin ydinlajien kesken muodostuu kulloinkin vallitsevia olosuhteita vastaava runsaussuhteiden tasapaino, vai onko ydinten rakentuminen tapahtunut pääosaltaan aikojen alussa nopeasti muuttuvana tapahtumasarjana, jossa tasapainotiloja ei ole ehtinyt syntyä. Edellisellä suunnalla on lukuisia kannattajia, joista useimmat pitävät todennäköisenä, että kehitys on lähtenyt käymään jostakin »alkusysäyksestä» muutama tuhat miljoonaa vuotta sitten ja jatkuu olennaiselta osaltaan tähdissä järkähtämättömästi loppua kohden, toiset, ennen muita engl. HOYLE työtovereineen, näkevät kehityksen pääpiirteiltään samanlaisena nyt kuin muinaisuudessa ja kaukaisessa tulevaisuudessaakin. Toisen pääsuunnan, amerikkalaisen GAMOWIN koulukunnan, atomilaboratorio on ollut nopeasti laajentuva »alkukaasu», jossa tapahtunutta prosessia tähdet vain pieneltä, vaikkakin tärkeältä osalta korjailevat kaiken loppua valmistellen.

Tähtien osalle jää kaikkien koulukuntien ja asiantuntijain selityksissä se uusien alkuaineiden tuotanto, joka on tarpeen tähtien säteilyn ylläpitämiseen. Millään muulla ilmiöllä kuin ydinreaktioilla ei ole pystytty selittämään tuhansia miljoonia vuosia jatkuneen säteilyn valtavia määriä. (Esim. Auringon pinnan jokaista neliösenttimetriä kohti sen säteilyn teho on 66 000 kilowattia eli noin puolet Imatran voimalaitoksen tehosta.)

Kun yleisimpien tähtityyppien pääalkuaineena on vety, säteilyenergiaa tuot-

dostuksen asteelle, vaan tähti heittää jo tätä ennen pois uloimpia aineksiaan, pääasiassa heliumia. Tällainen on HOYLEN mukaan tavallinen »uusi tähti» eli nova.

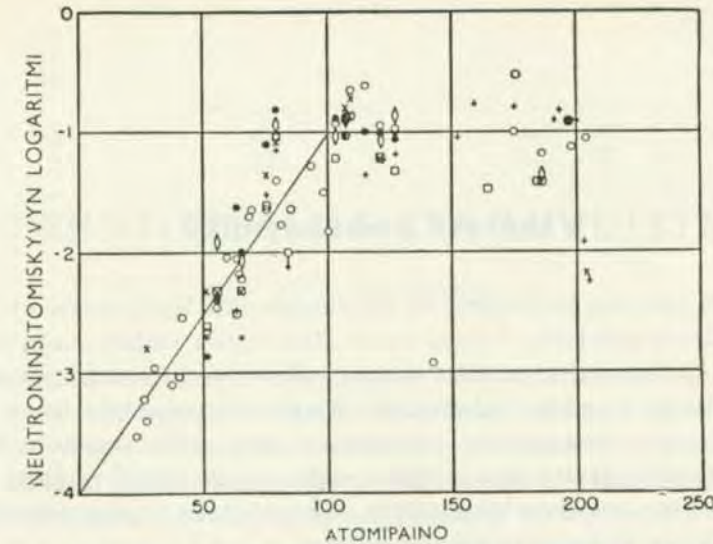
Supernovaksi tai novaksi kehittyvän tähden massan on oltava laskelmien mukaan vähintään kolme Auringon massaa (»CHANDRASEKHARIN raja»). Tähtien luokituksessa nämä ovat ns. A-, B- ja O-tähtiä. Esitetyn selityksen mukaan siis juuri nämä tähdet olisivat alkuainetehtaita, tosin nekin pääasiassa vasta kuolin-kamppailussaan.

Maapallon ja muut kiertotähdet HOYLE selittää Auringon kaksosena olleen ja supernovana räjähtäneen tähden jätteiksi, VON WEIZSÄCKER puolestaan aikanaan laajalle ulottuneen Auringon kaasukehän pyörteistä syntyneiksi. Jälkimmäisellä teoriolla lienee enemmän kannattajia, vaikka se jättääkin raskaiden alkuaineiden alkuperän hämäräksi.

On myös syytä mainita, että yleisen suhteellisuusteorian pohjalta on katsottava mahdolliseksi vedyn jatkuva syntyminen »tyhjästä». Vetyatomeja syntyisi tasaisesti kautta avaruuden sitä mukaa kuin maailma laajenee, joten aineen keskimääräinen tiheys pysyisi kautta aikojen samana. Tältä pohjalta on HOYLE työtovereineen luonut »aluttoman ja loputtoman maailman» kosmologian, joka ratkaisee kauniisti useita kaikkeuden ongelmia, mutta jossa vielä on paljon vajavaisesti selviteltyjä ja perusteltuja kohtia. Lienee syytä erityisesti korostaa sitä seikkaa, ettei HOYLEN alkuaineiden syntyteorian laskelmia ole matemaattisten vaikeuksien takia vielä saatu niin pitkälle, että voitaisiin sanoa, tulevatko runsaussuhteet oikeiksi, ts. kuvan 3 mukaisiksi.

Alkuaineiden synty »maailman alussa». Ennen kuin BESKOW ja TREFFENBERG poistivat tasapainoteorian pahimmat vaikeudet, GAMOW esitti (v. 1946) alkuaineiden runsaussuhteiden selvittämiseksi uuden teorian, jonka mukaan alkuaineet olisivat syntyneet laajenevan maailmankaikkeuden alkuvaiheissa — noin puolessa tunnissa — 30 miljoonaa vuotta ennen tähtien muodostumista. Kuten aikaisemmin on mainittu, tasapainoteoria ei tällöin onnistu. GAMOWIN teoriaa ovat sittemmin myös muut täydennelleet.

Tämän teorian perusajatuksena on, että maailman kaikki aine on aluksi ollut tiukkaan yhteensulloutuneena »neutronikaasuna», joka rupesi syystä tai toisesta laajenemaan. Laajenemisen päästyä niin pitkälle, että voi puhua erillisistä neutroneista, nämä alkoivat hajota protoneiksi ja elektroneiksi. Juuri tässä vaiheessa neutroninsidonnan, protonitörmäysten ja näiden yhteydessä tapahtuvien »radioaktiivisten» muutosten (ytimen neutroni → protoni + elektroni) kautta syntyivät pääosiltaan kaikki nykyiset alkuaineet. Neutronien yleisyyden takia enimmästörmsreaktiot johtivat neutroninsidontaan. Eri ydinlajien yleisyyden määräisi ensi sijassa niiden kyky kestää tai »väistää» neutronitörmäyksiä. Laboratoriokokeissa on törmäysreaktioiden todennäköisyyden mitaksi otettu kullekin reaktio- ja ydinlajille ominainen »vaikutusala». Odotettavissa olisi siis GAMOWIN olettamuksen pohjalta, että alkuaineiden nykyiset runsaussuhteet olisivat liki-



Kuva 5. Eri atomilajien neutroninsitomiskyky (»barn»-yksikköinä). Vaaka-akselina atomipaino, pystyakselina neutroninsitomiskyvyn logaritmi. (GAMOWIN mukaan.)

main kääntäen verrannollisia niiden neutroninsidonnan vaikutusaloihin. Näin on todella suurin piirtein asian laita, vieläpä eräät runsaussuhteiden erikoisuudet, kuten raudan ym. yleisyys, sopivat tähän selitykseen mainiosti.

Kun tällä neutroninsidontateorialla kuitenkin on eräs paha vaikeus, jonka selvittäminen vasta ratkaisee teorian käyttökelpoisuuden, voimme alkuaineiden tätä tietä selittyvän synnyn yksityiskohdat jättää selostamatta¹. Vaikeus on siinä, että neutroninsidonta tapahtuisi teorian mukaan paljon pienemmän tiheyden vallitessa kuin edellä tasapainoteoriassa edellytetty. Tällöin useamman hiukkasen yhteentörmäys on tavattoman epätodennäköinen. Ydinten rakentumisen tulisi siis tapahtua yksittäisiä neutroneja lisäten. Mutta paha kyllä ei tunneta yhtään koossa pysyvää ydintä, jossa olisi 5, eikä myöskään yhtään, jossa olisi 8 nukleonia. Alkuaineiden muodostus ei siis neutroninsidonnalla pääsisi lainkaan ohi heliumin. Tämän vaikeuden selvittäminen käynee kuitenkin päinsä.

Todennäköisesti sekä tasapainoteoriat että GAMOWIN koulukunnan neutroninsidontateoria ovat kumpikin liian yksipuolisia selittämään alkuaineiden nykyisten runsaussuhteiden kaikki yksityiskohdat.

¹ Teorian yksityiskohtiin voi kuka tahansa vaivatta tutustua GAMOWIN nyttemmin suomeksikin ilmestyneestä teoksesta *Maailmankaikkeuden synty* (WSOY 1953).

Venuksen pyörähdysaika

Tähtitieteen harrastajan kirjassa on kysymysmerkit Merkuriuksen ja Venuksen pyörähdysaikojen kohdalla. Asiaan onkin ollut varsin vaikea saada valaistusta, sillä mitään kiintopisteitä, mitään varmoja yksityiskohtia ei kummankaan pinnalta ole voitu havaita eikä valokuvata. Kirjoputki paljastaisi asian, jos pyörimisliike olisi nopea, toisin sanoen vuorokauden pituus olisi pari-kolmekymmentä meikäläistä tuntia. Mutta kun pyörähdysaika on ilmeisesti pitempi, on asianomaisen planeetan reunoista lähteneitten valonsäteitten nopeuserotus niin pieni, ettei kirjoviivojen siirtymiseroa voida mitata.

Pisin mahdollinen kysymykseen tuleva pyörähdysaika on ilmeisesti sama kuin planeetan kiertoaika Auringon ympäri, siis Merkuriuksella 88 ja Venuksella 225 Maan vuorokautta. Auringon aiheuttama vuoksi- ja luodeilmiö pyrkii hidastamaan alkuaan ehkä nopeamman pyörähdysajan kiertoaajan pituiseksi.

Merkuriukseen nähden tuo pakotus lienee jo onnistunut täydellisesti. Merkuriuksen pyörähdysaika on ilmeisesti sen kiertoaajan pituinen. Venuksen pyörähdysaika on tähän asti arveltu muutamien viikkojen pituiseksi. Hiljattain on julkaistu eräs neuvostoliittolainen tutkimus asiasta (Neuvostoliiton astr. -geod. seuran bulletiini siv. 17 v. 1949), jossa selostetaan, että vaikkakin Venuksen pinnan vaikeasti havaittavista yksityiskohdista useimmat kiertävät jossain määrin säännöttömästi, voitiin seitsemästä pilkusta todeta pyörähdysajan arvoksi 60 ± 5 vuorokautta, ja että pyörähdysakselin kaltevuus ratatason normaalia vastaan oli $38^\circ \pm 3^\circ$. Havaitajat huomauttavat, että lisähavainnot tuloksen vahvistamiseksi ovat vielä tarpeen.

TÄHTITIEEELLISISTÄ LUVUISTA

Kirj. R. A. HIRVONEN

Kun eduskunnan talousarviokeskusteluissa tai jossain muussa yhteydessä joudutaan käsittelemään tavallista suurempia summia, sanotaan usein lukujen olevan »tähtitieteellisiä». Niin kuin poliittisessa kielenkäytössä yleensä tällaiset nimitykset eivät pyrikään olemaan täsmällisiä ja totuudenmukaisia, vaan niiden tarkoituksena on antaa joitakin sivuvivahduksia ja tunteenomaisia arvostuksia. Tässä tapauksessa ilmeisesti halutaan vihjaista, että nuo suuret luvut ovat »kamariviisautta», teoreettisia laskutuloksia, joiden mittaaminen tai toteuttaminen on käytännöllisesti katsoen mahdotonta. Teoriahan syntyy aina siten, että asioita yksinkertaistetaan, »idealisoidaan», jättämällä pois laskuista häiritseviä mutta silti olennaisia tekijöitä.

Suurten lukujen käsittelyä vaikeuttaa se, että ne ovat epähavainnollisia. Käytän tässä sanaa havainnollinen sellaisesta suureesta, jonka arvioiminen tai vertaaminen toiseen samanlaiseen suureeseen on mahdollinen välittömien aistihavaintojen ja muistikuvien perusteella. Minulla on sangen havainnollinen mielikuva matkoista, joita voin tehdä Helsingin kaupungin sisällä, ja sen perusteella myös matkoista, joita joudun tekemään vieraisissa kaupungeissa. Matkustaessani maaseudulla mielikuvat ovat jo vähemmän havainnollisia. Aistihavaintojen avuksi on otettava mittauskoje tai kartta. Arvioinnit ja vertailut tapahtuvat korvikkeiden, »symbolien» perusteella, joista tärkeimmät ovat juuri luvut. Kun luku ylittää jokapäiväisen kokemuspierimme, se ei herätä enää käyttökelpoista havainnollista mielikuvaa itse suureesta. Me jäämme kokonaan matematiikan »armoille». Että tämä ei ole pelkkää filosofiaa vaan käytännöllinen epäkohta, selviää seuraavasta esimerkistä. Kun maanmittari laskee jonkin tilan pinta-alaa, hän voi tehdä laskuvirheen ja sijoittaa esim. desimaalipilkun väärään paikkaan. Mutta kun hän näkee lopputuloksen, hän huomaa heti, että se on päin mäntyä. Kun kerran laskin Maan massaa väitöskirjaani varten, unohdin 10 nollaa pois luvun lopusta. En huomannut virhettä ennen kuin neljännestä oikolukuviedoksesta.

Niin kauan kuin luvut ovat havainnollisia tai jokapäiväisessä elämässä tarpeellisia, niillä on myös vakiintuneet nimensä. Sanoilla tuhat ja miljoona on vastineensa kaikissa sivistyskielissä. Sen jälkeen alkaa jo esiintyä erilaisuutta. Biljoona merkitsee meillä ja Brittein saarilla miljoona miljoonaa, Ranskassa ja Amerikassa tuhat miljoonaa. Kertomalla yhä uudelleen miljoonalla saadaan sellaisia

lukuja kuin triljoona, kvadriljoona, kvintiljoona, sekstiljoona, septiljoona, oktiljoona, jne. Oktiljoona on luku, jossa on ykkönen ja 48 nollaa (Ranskassa ykkönen ja 27 nollaa).

Koska tämä järjestelmä ei ole yhdenmukainen eri maissa eikä muutenkaan kovin käytännöllinen, matemaatikko käyttää niiden asemesta kymmenpotensseja (tavallisia logaritmeja). Ykkönen ja 48 nollaa merkitään 10^{48} . Kaksi oktiljoonaa merkitään mukavimmin $2 \cdot 10^{48}$ ja kaksisataaviisikymmentätuhatta septiljoonaa joko $25 \cdot 10^{46}$ tai mieluummin $2.5 \cdot 10^{47}$; desimaalipilkun eteen koetetaan saada yksinumeroinen luku. Järjestelmällä on se etu, että ei tarvitse merkitä näkyviin muita numeroita kuin mitä todella tunnetaan.

Järjestelmä sopii myös hyvin pieniin lukuihin. Yksi miljoonasosa kirjoitetaan mieluummin 10^{-6} kuin $1/1\,000\,000$ tai $0.000\,001$. (Muistamisen helpottamiseksi: negatiivinen eksponentti merkitsee ykkösen edessä olevia nollia, kokonaisia osoitava mukaanluettuna.) Samoin 25 miljoonasosaa on $2.5 \cdot 10^{-6}$.

Järjestelmää voi vielä laajentaa. Sellainen luku, jossa olisi ykkönen ja oktiljoona nollaa, ei mahtuisi kaikelle maailman paperille, vaikka jokainen nolla olisi pieni kuin elektroni ja toinen toisessaan kiinni. Mutta nyt voimme merkitä sen näin lyhyesti: $10^{10^{48}}$.

Järkevä lukija kysyy jo tietenkin: tarvitaanko edes tähtitieteessä noin suurta lukua. Näin meidän kesken: ihmettelen sitä itsekin. Mutta katsokaamme joka tapauksessa, kuinka suuria lukuja voi esiintyä tähtitaivaan talousarviossa. Tehdäksemme ne edes jossain määrin havainnollisiksi käytämme ns. jaksottaisen omistamisen periaatetta.

Alkaaksemme välimatkoista, geodeetit ovat mitanneet ja laskeneet Maan ekvaattorisäteeksi $6\,378$ km. Käytämme kaikkialla fysiikan mittajärjestelmää (senttimetri, gramma ja sekunti) ja merkitsemme tätä ensimmäisen oppijakson päätulosta, Maan sädettä, luvulla $6.378 \cdot 10^8$ cm.

Toisen oppijakson muodostavat aurinkokuntamme sisäiset välimatkat. Tässä mainitsen vain tärkeimmän: Maan etäisyys Auringosta on 150 miljoonaa kilometriä eli $1.5 \cdot 10^{13}$ cm. Lähitulevaisuudessa nämä välimatkat voivat tulla jo käytännöllisen elämän, nim. raketimatkojen ulottuville.

Seuraava oppijakso kohdistuu lähimpäin kiintotähtien etäisyyksiin tai yleensä kiintotähtien välimatkoihin »lähi»-ympäristössämme. Se etäisyys josta katsottuna Maan radan säteen näkökulma eli tähden parallaksi olisi tarkalleen yksi kulma-
sekunti, on nimeltään parsek. Suurin mitattu parallaksi on vähän alle sekunnin, joten lähin tähti on runsaan parsekin päässä. Suomen kielessä käytetään parsekista nimitystä tähtiväli. Fysikaalisessa järjestelmässä parsek eli tähtiväli on $3.1 \cdot 10^{18}$ cm.

Yleistajuisissa kirjoituksissa käytetään parsekin rinnalla myös pituusyksikkönä valovuotta, joka on se matka, jonka valo etenee vuodessa. Sen pituus on $0.94 \cdot 10^{18}$ cm, siis vajaa parsekin kolmasosa.

Koska kiintotähdet ovat keskittyneet linnunratajärjestelmäksi, niin seuraava oppijakso kohdistuu tämän järjestelmän mittasuhteisiin. Meidän Linnunratamme

läpimitta lienee kertaluokkaa 100 000 valovuotta = 30 000 parsekia = 10^{23} cm. Mittaluku ei voi olla tarkka, koska lähimmänkin reunan ulointa tähteä on vaikea löytää ja koska vastakkainen reuna on sakeiden pilvien takana.

Naapurilinnunradat ovatkin sitten jo suhteellisen lähellä. Niiden keskinäiset välimatkat ovat vain 10 kertaa oman järjestelmämme läpimittaa suuremmat, siis kertaluokkaa 10^{24} cm. Kaukaisimmat järjestelmät, joita suurimmilla kaukoputkillamme voit havaita, ovat noin tuhat kertaa kauempana. Siis etäisyys 10^{27} cm on suurin, josta havaintotuloksia on olemassa.

Sitä suuremmat etäisyydet ovat puhdasta spekulatiota, rohkeita yleistyksiä tai analogiapäätelmiä. On kaksi hyvin erilaista teoriaa suuremmista etäisyyksistä. Vanhempi on suhteellisuusteoria, joka vie »kaarevaan» avaruuteen. Kun sen mukaan avaruuden kaarevuussäde on noin $2.5 \cdot 10^{23}$ cm, ei avaruudessa voisi olla kahta pistettä, joiden lyhin välimatka olisi suurempi kuin kertaluokkaa 10^{20} . Uudemman, HOYLEN esittämän teorian mukaan linnunratajärjestelmät loittonevat toisistaan rajattomasti kiihtyvällä nopeudella. Kun välimatka on $2\,000\,000\,000$ valovuotta = $2 \cdot 10^{27}$ cm, loitonemisnopeus ylittää valonnopeuden, joten eri järjestelmät eivät enää voi »nähdä» toisiaan. Voimme siis kuvitella, että meitä ympäröi ääretön avaruus, mutta emme voi nähdä siitä muuta kuin tietyn osan. On hyvä, että on kaksi erilaista teoriaa: silloin ei erehdy pitämään kumpaakaan varmana.

Täydellisyysden vuoksi mainitsemme tähtitieteellisten etäisyyksien rinnalla myöskin mikrofysikaaliset pituudet. Valon aallonpituus on kertaluokkaa $5 \cdot 10^{-5}$ cm, molekyylien läpimitat kertaluokkaa 10^{-7} ja atomiytimien läpimitat 10^{-12} . Elektronin läpimitta on $2.8 \cdot 10^{-13}$ cm, mutta nyt tulee kummallinen seinä vastaan. On mahdotonta saada mitään havaintotuloksia, joissa esiintyisi vielä pienempiä läpimittoja. Elektroni ei ole mikään pallo vaan eräänlainen vaikutuspiiri. Kaksi vaikutuspiiriä ei voi olla osittain toistensa sisässä, vaan ne joko ovat täysin erillään tai yhtyvät täydellisesti. Koska tiedemies ei mielellään puhu siitä, mitä hän ei voi mitata ja koetella, hän yksinkertaisesti merkitsee elektronin läpimitan pienimmäksi pituudeksi, joka luonnossa esiintyy, »pituuskvantiksi».

Siirrymme nyt erilaisten massojen mittalukuihin. Käytämme samoja oppijaksoja kuin yllä, mutta merkitsemme tulokset vain lyhyesti taulukon muotoon:

Maan massa	$6 \cdot 10^{27}$ grammaa
Auringon massa	$2 \cdot 10^{33}$ »
Linnunradan massa	$4 \cdot 10^{44}$ »
Kaarevan tai näkyvän avaruuden massa	10^{55} »
Protonin massa	$1.67 \cdot 10^{-24}$ »
Elektronin massa	$0.91 \cdot 10^{-27}$ »

Ajan mittaluvuissa meillä ei ole vastaavanlaisia selviä oppijaksoja. Vuodessa on $3.15 \cdot 10^7$ sekuntia, mutta vuosien ketju näyttää juoksevan tasaisesti. Eri keinoin on koetettu arvioida Maan, Auringon, Linnunratajärjestelmän ja jopa maail-

mankaikkeuden ikää. On merkillepantavaa, että nämä iät eivät eroa kovin monta kymmenpotenssia toisistaan. Niissä kosmogonioissa, joissa maailmankaikkeus on syntynyt joko yhtenä alkuräjähdyksenä tai vain ensimmäisen protonin hiljaisena ilmestymisenä, tämä hetki on sijoitettu menneisyyteen 2—4 tuhannen miljoonan vuoden taakse. Sekunneissa saadaan siis mittaluku $1 \cdot 10^{17}$, joka olisi siis suurin mahdollinen »havaittu» aika, jos tulevaisuutta pidetään vain rohkeana yleistyksenä ja analogiapäätelmänä. HOYLEN kosmogoniassa vastaava suure olisi 10^{18} sek., jossa ajassa lähin erillinen linnunratanaapurimme loitonisi näköpiirimme ulkopuolelle. Nämä ajat ovat arvatenkin samaa kertaluokkaa kuin se, jonka valo on tarvinnut tullakseen näköpiirimme rajalta tänne.

Lyhin aika, joka fysiikassa voi tulla kysymykseen, on ilmeisesti se aika, jossa valo etenee yhden »pituuskvantin» pituisen matkan. Tämä aika on kertaluokkaa 10^{-23} sek.

Ennen kuin ryhdymme etsimään vielä suurempia lukuja, katsomme yhteenvetona, mitkä olisivat äärimmäiset suhteet näillä kolmella suurealalla. Suurin pituus mitattuna pituuskvantilla on kertaluokkaa 10^{41} , maailmankaikkeuden massa punnittuna protonin massalla 10^{79} ja elektronin massalla 10^{82} , maailmankaikkeuden ikä mitattuna aikakvantilla 10^{40} . Se että näistä luvuista ensimmäinen ja viimeinen ovat jokseenkin yhtäsuuret, ei ole niinkään hämmästyttävää, sillä maailmankaikkeuden ikä on saatu spekulatiolla, joka sisältää valonnopeuden samalla tavalla kuin aikakvantin määritelmän. Mutta massojen suhde — tai toisin sanottuna hiukkasten lukumäärä maailmankaikkeudessa — on yllättävästi samaa kertaluokkaa kuin pituuksien suhteen neliö. Tämä yhteensattuma on ollut fyysikoille, joilla on myöskin metafyyllisiä harrastuksia, kuin suurriistan jäljet metsästyskoirille. Ehkä se ei olekaan pelkkä sattuma vaan luonnonlaki.

Lisäksi tulee pari muuta yhteensattumaa. Protonin ja elektronin välillä vallitsee sekä sähköinen että massavetovoima, ja näiden voimien suhde on $2 \cdot 10^{39}$, siis melkein sama kuin pituuksien suhde. PLANCKIN vaikutuskvantti on $6.61 \cdot 10^{-27}$ cm² g sek⁻¹. Jos kerrotaan keskenään avaruuden kaarevuussäde, kokonaisuudessa ja valonnopeus, kukin siis alansa suurin edustaja, saadaan suure $3 \cdot 10^{84}$ samoissa yksiköissä. Siis maailmankaikkeuden »kokonaisvaikutus» sisältää $5 \cdot 10^{120}$ vaikutuskvanttia, mikä luku on ilmeisesti samaa kertaluokkaa kuin pituuksien suhteen kolmas potenssi eli tilavuuksien suhde.

Emme puutu tässä yhteydessä niiden yhteensattumien selitysyrityksiin, koska meidän piti vain tarkastella, kuinka suuria lukuja luonnossa voi esiintyä. Saamme luvut, 10^{40} sekä sen toinen ja kolmas potenssi, ilmoittavat kuitenkin vain olioiden lukumääriä maailmankaikkeudessa, mutta maailmanjärjestykseen kuuluu olioiden lisäksi niiden keskinäiset suhteet. Niitä tutkittaessa tarvitaan paljon suurempia lukuja.

Ottaaksemme aluksi hyvin yksinkertaisen esimerkin tarkastelemme tavallista korttipakkaa, jossa on 52 erilaista korttia. Maailmassa istuu joka hetki tuhansia bridgetpelaajia intensiivisessä tutkimustyössä vain sen takia, että nuo kortit ovat joka jaossa eri järjestyksessä. Milloin he saavat kaikki mahdolliset jaot pela-

tuiksi? Pakan päällimmäinen kortti voi olla mikä tahansa 52:sta, seuraava mikä tahansa 51:stä jne. Erilaisia järjestyksiä on siis $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot 51 \cdot 52$, siis tulo, jonka matemaatikko merkitsee $52!$, ja joka laskettuna antaa noin 10^{67} . Tämä ei tietenkään ole kaikkien erilaisten jakojen lukumäärä, koska on samantekevää, missä järjestyksessä kunkin pelaajan 13 korttia tulevat hänen eteensä. Siksi jaetaan se luvulla $13!^4 = 10^{36}$, jolloin saadaan 10^{31} erilaista jakoa. Maailmankaikkeuden historian 10^{17} sekuntia riittäisi parahiksi niiden pelaamiseen, jos miljoonalla planeetalla tuhatmiljoonaa pöytäkuntaa kullakin pelaisi yötä päivää jaon kymmenessä sekunnissa. On lohdullista tietää, että ihmisille riittää askartelua silloinkin kun koneet tekevät kaiken työn.

Kun siis jo 52 korttia voi muodostaa tällaisen määrän erilaisia järjestelmiä, niin kuinka monta erilaista maailmankaikkeutta voitaisiin rakentaa 10^{80} perushiukkasesta, kun ne sijoitetaan 10^{120} »lokeroon» ja annetaan kullekin kaikki mahdolliset alkunopeudet. Tämäkin luku on tietysti äärellinen. SKEWES on laskeutunut sen ja se voidaan merkitä näin lyhyesti:

$$10^{10^{10^{34}}}$$

Eräässä mielessä tämä luku on suurin, mitä luonnontieteessä voisi ajatella tarvittavan. Mutta se on jo äärimmäisen epähavainnollinen. Kun näkee SKEWESIN luvun ensi kerran, ei mielikuva hirmuisesta paljoudesta olisi yhtään suurempi, vaikka painovirhepaholainen olisi pannut sen perään vielä huutomerkkin.

Lopuksi huomautan — minkä älykäs lukija taisi jo huomata itsekin — että edellinen lause on teoreettisesti »suurin» vitsi, mitä tässä maailmankaikkeudessa voidaan keksiä.

Maan ja Auringon välimatka

HEISKASEN *Tähtitiede I* antaa hyvän kuvauksen Auringon etäisyyden määrittämiskeinoista ja tämän tärkeän pituudenmittauksen vaiheista 2 200 vuoden aikana. Tämä 1948 julkaistu teos päättyy parhaimpina parallaksin arvoon $8''.79$, joka vastaa välimatkaa 149 670 000 km. Samaa arvoa on käytetty v. 1947 ilmestyneessä *Tähtitieteen harrastajan kirjassa*. Se perustuu Greenwichin observatorion johtajan sir HAROLD SPENCER JONESin v. 1941 julkaisemaan tulokseen.

Ennen SPENCER JONESin arvoa oli parhaana arvona pidetty HINKSIN Erosplanetoidin v. 1901 tapahtuneen opposition havainnoista johtamaa arvoa

$$149\,390\,000 \pm 50\,000 \text{ km.}$$

Ennen kuin seuraava Eroksen oppositio sattui v. 1931, oli ryhdytty perusteellisiin valmistelutöihin. Oli mitattu satojen sopivien vertaustähtien tarkat paikat ja kansainvälinen yhteistyö oli järjestetty. Niinpä opposition sattuesssa 24 tähtitornia Pulkovasta pohjoisessa Melbourneen etelässä suoritti mittauksia ja valokuvauksia. Yhteensä valotettiin 2 800 valokuvauslevyä. Kymmenen vuoden työn jälkeen julkaisi SPENCER JONES näistä tulokset, jotka kilometreiksi muutettuna ovat:

Rektaskensiohavainnoista samalla koneella	149 670 000 km
Kaikista rektaskensiohavainnoista	149 720 000 km
Kaikista deklinaatiohavainnoista	149 660 000 km
Lopputuloksena kokonaisuudessaan	149 670 000 \pm 17 000 km.

Näin saadun etäisyyden arvon tarkistamiseksi on olemassa aivan toinen tie. Eroksen radan häiriöiden suuruus riippuu suuresti välimatkoista ja niin ollen noista häiriöistä voidaan johtaa Auringon parallaksi ja siis myös Auringon ja Maan väli. NOTEBOOM sai v. 1921 arvon

$$149\,520\,000 \pm 17\,000 \text{ km.}$$

STRACKE, ja hänen kuoltuaan RABE, laskivat Eroksen radan häiriöt vuosina 1926—1950 ja niistä RABE sai v. 1951 Auringon ja Maan väliksi

$$149\,532\,000 \pm 6\,000 \text{ km.}$$

Huomataan, että tämä sopii erittäin hyvin NOTEBOOMIN laskujen kanssa ja on myös hyvässä sopusoinnussa HINKSIN arvon kanssa. Lisäksi sen keskivirhe on erittäin pieni. Sen sijaan SPENCER JONESIN trigonometrisesti saama arvo osoittautuu suureksi. RABEN antamaa arvoa on pidettävä tämän hetken viimeisenä sanana.

Kaikki edelläolevat välimatkat on laskettu käyttäen Maan ekvaattorisäteenä HAYFORDIN antamaa arvoa 6 378 388 m.

REVONTULTEN ARVOITUS

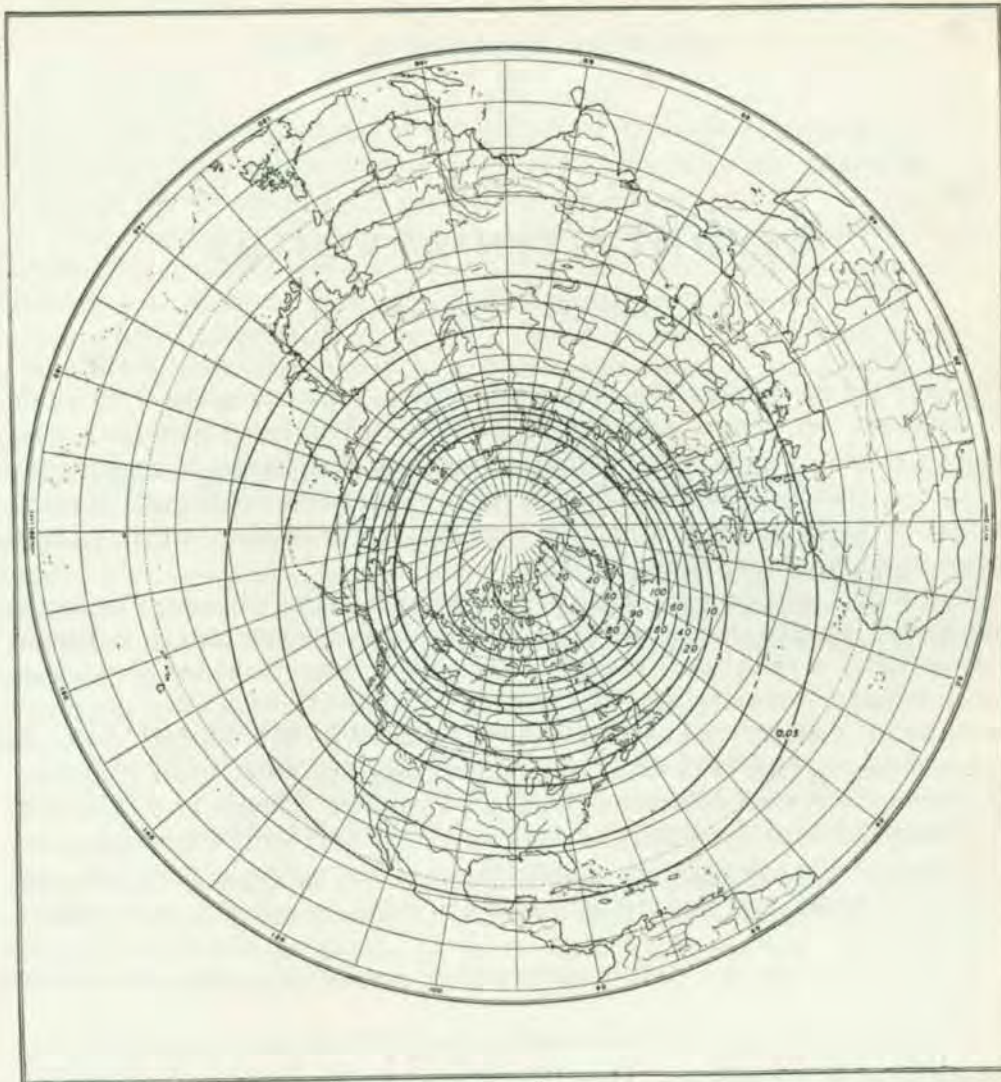
Kirj. E. SUCKSDORFF

Revontulet eivät oikeastaan kuulu tähtitieteen, vaan maapallon fysikaalisia ilmiöitä tutkivan tieteen, *geofysiikan* piiriin. Kuitenkin lienee paikallaan tässä kirjassa lyhyesti kertoa, mitä nykyisin revontulten olemuksesta ja synnystä tiedetään ja arvellaan; sillä Pohjolan taivaalla revontulten vaihtelevat, nopeasti ilmestyvät ja jälleen katoavat muodot herättävät myös jokaisen tähtien ystävän kiinnostusta mitä suurimmassa määrin.

Revontulten selittämiseksi on aikojen kuluessa luotu monen monta teoriaa ja hypoteesia. Meidän vuosisatamme puolella on nykyaikaisen tieteen tarjoamin keinoin käyty tarmokkaasti käsiksi näiden salaperäisten ilmiöiden arvoituksen ratkaisemiseen, ja tässä työssä ovat varsinkin norjalaiset tiedemiehet, ennen muita professorit C. STÖRMER ja L. VEGARD, tehneet uraauurtavaa työtä. Sen kautta on monta tärkeätä tosiseikkaa tullut ilmi; mutta pääkysymykseen, mistä revontulet aiheutuvat, se ei vielä saata antaa lopullista vastausta. Tuntuu kuitenkin siltä, että tutkimustyössä nyt ollaan kulkemassa oikeata tietä entistä tehokkaammin apuneuvoin, joita nykyaikainen atomitutkimus ja uusi radiotekniikka tarjoavat; ja on mahdollista, että revontulten vaikean arvoituksen ratkaisu jo piankin on näkyvissämme.

Mitä me tiedämme revontulista varmuudella? Seuraavassa esitän siitä yhteenvedon.

Tiedämme ensinnäkin, että revontulia ei esiinny kaikkialla maapallolla yhtä usein eikä yhtä voimakkaana. Esim. Etelä-Suomessa ne ovat jo paljon harvinaisempia kuin Lapissa, ja Euroopan eteläosissa niitä havaitaan ylen harvoin. Viime vuosisadan lopulla H. FRITZ suoritti tilastollisen tutkimuksen revontulten esiintymisestä, ja hänen työtään on sittemmin täydentänyt E. H. VESTINE, jolla sitä varten oli käytettävissään mm. toisen kansainvälisen ns. polaarivuoden (1932—33) tuottama runsas havaintoaineisto. VESTINEN saavuttama tulos käy selville kuvasta 1. Siinä näkyy joukko samankeskeisiä umpinaisia käyriä; niissä olevat luvut tarkoittavat, prosentteina lausuttuna, kuinka monena yönä kaikista havainnoista on miltäkin paikkakunnalta katsottuna näkynyt revontulia taivaalla. Huomataan, että päiväntasaajan seudussa revontulet ovat tavattoman harvinaisia, ja että ne tulevat sitä yleisemmiksi, mitä kauemmas pohjoista kohti mennään; — ei kuitenkaan jatkuvasti, sillä 100 prosentin käyrä saavutetaan jo

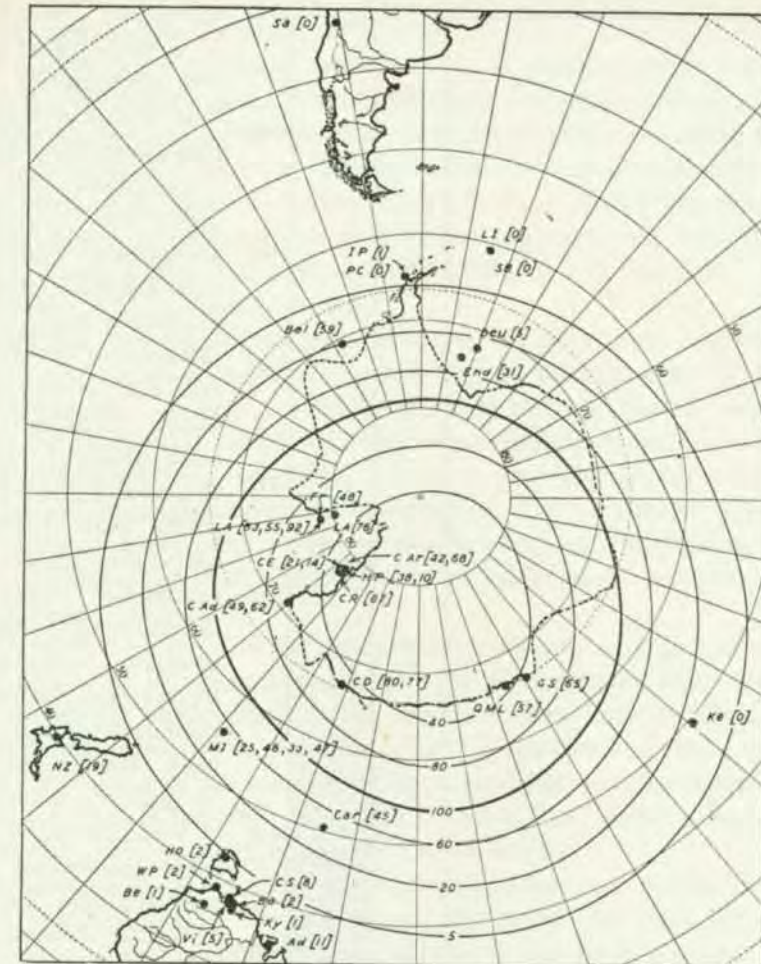


Kuva 1. Revontulten keskimääräinen lukuisuus Maan pohjoisella pallonpuoliskolla, lausuttuna prosentteina kaikista havaintoista. E. H. VESTINEN mukaan.

kohta Fennoskandian pohjoispuolella. Näillä seuduin siis revontulet palavat joka yö. Jos matkaa jatketaan edelleen pohjoista kohti, revontulet käyvät jälleen harvinaisemmiksi, ja kun tullaan kuvassa näkyvän sisimmän kehän keskelle, ne ovat yhtä harvinaisia kuin Etelä-Euroopassa.

Tuon sisimmän ympyrän keskipiste on sinänsä sängen merkittävä: Kun näet kaiken käytettävissä olevan havaintoaineiston avulla lasketaan Maan *magneettisen pohjoisnavan* paikka, päädytään juuri tuohon pisteeseen.

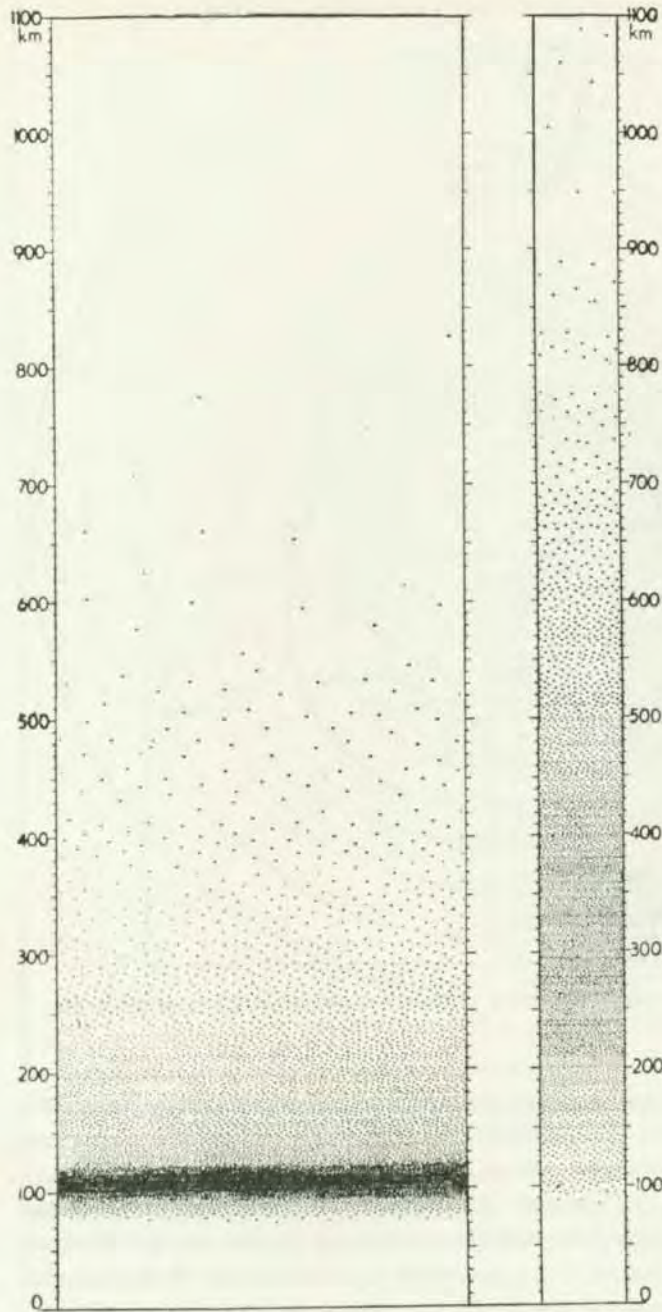
Eteläisellä pallonpuoliskolla revontulia nähdään samaan tapaan kuin täällä



Kuva 2. Revontulten keskimääräinen lukuisuus eteläisellä pallonpuoliskolla, prosentteina. E. H. VESTINEN ja E. J. SNYDERIN mukaan.

pohjoisessakin ja käytännöllisesti katsoen samanlaisina, mutta sieltä on havaintoaineistoa käytettävissä paljon niukemmin. Vanhempaan aineistoon perustuen F. T. DAVIES on tutkinut eteläisten revontulten esiintymistä, ja hänen työtään ovat E. H. VESTINEN ja E. J. SNYDER täydentäneet tuoreemman aineiston avulla (kuva 2). Eteläisiä revontulia koskeva tulos on varsin samankaltainen kuin kuvan 1 esittämä, ja myös siinä ympyrämäisten käyrien keskipisteeksi tulee laskemalla saadun maapallon magneettisen navan paikka.

Nämä tilastolliset tutkimukset osoittavat siis, että revontulet keskittyvät pääasiassa kahteen vyöhykkeeseen, jotka ympäröivät Maan magneettisia napoja. Niitä sanotaan *revontulivyöhykkeiksi*. — Todellisuudessa revontulten keskittyminen näihin vyöhykkeisiin ja niiden lähimpään ympäristöön on paljon täyd-



Kuva 3. Norjassa suoritetun revontulten korkeudenmittausten tulokset: vasemmassa kuviossa ilmakehän pimeässä, oikeassa sen Auringon valaisemassa osassa. C. STÖRMERIN mukaan.

havaintopaikasta. Tulokseksi saadaan kuvapareja, joissa tähtitaivas näkyy

lisempikin kuin kuvien 1 ja 2 esittämä; tämä johtuu revontulten tavattoman suuresta korkeudesta maanpinnasta. Revontulivyöhykkeen yllä palavat revontulet voidaan näet suotuisissa säätilanteissa nähdä Keski-, jopa Etelä-Suomessa asti, ja kaikki tällaisetkin havainnot ovat mukana siinä tilastossa jonka perusteella käyrät ovat laaditut. Ilmeisesti revontulivyöhykkeet ovat melko kapeita nauhamaisia voita, joiden alueelta revontulet silloin tällöin »karkaavat» kauemmas ulospäin. Tällainen »karkaaminen» edellyttää aina voimakasta maamagneettisen kentän häiriötä eli »magneettista myrskyä».

Yllä sanottu jo osoittaa, että revontulilla ja Maan magneettisella kentällä on yhteyttä keskenään. Tämä yhteys käy tuonnempana vielä vakuuttavammaksi.

Revontulten korkeuden ja sijainnin maanpinnan suhteen ovat STÖRMER ja hänen apulaisensa sekä monet muutkin tutkijat mitanneet hänen kehittämänsä menettelytapaa käyttäen. Tämä perustuu siihen, että revontuliesiintymä valokuvataan yhtäaikaan kahdesta

taustana, muodostaen ikään kuin asteverkon kumpaankin kuvaan, ja revontuli on molemmissa hieman eri asemassa tähtitaustaan nähden. Kun nämä erot mitataan — ja havaintopaikkojen asemat tunnetaan —, on yksinkertainen tehtävä laskea, miten korkealla maanpinnasta ja millä kohdin siihen nähden revontulet paloivat.

Mittausten tulokset osoittavat, että revontulten aliraja on melko tarkasti 100 kilometrin korkeudessa (kuva 3; matalin varma mittausta antoi korkeuden 65 km). — Tämä varsin täsmällinen alirajan korkeuden arvo käsittääksemme merkitsee, että ilman tiheys on eräs tärkeä revontulten esiintymiseen vaikuttava tekijä; ts. 100 km:n alapuolella ilma yleensä on siksi tiheätä, ettei ainakaan näkyvää revontulta siellä enää pysty ilmenemään.

Korkeimpien revontuliesiintymien huiput sen sijaan yltävät tavattoman kauas maanpinnasta. Niinpä on valokuvattu säteitä, joiden kärjet ovat olleet jopa 1 100 km:n korkeudessa. Tällaisia säteitä on saatu kuvatuksi Oslosta, vaikka ne ovat palaneet Jäämeren yllä. Näin korkeiden revontuliesiintymien olemassaolo todistaa, että ilmakehää, tosin tavattoman ohuena, on vielä noinkin etäällä maasta. Tämän lisäksi korkeudenmittaukset osoittavat, että revontulet ovat ylempänä niissä ilmakehän osissa joihin Auringon säteily osuu, kuin varjossa olevissa osissa (kuva 3), ja keskimäärin sitä ylempänä mitä kauempana revontulivyöhykkeen ulkopuolella ne palavat.

Vastoin edellä sanottua on sellainen käsitys yleinen ainakin Lapissa, että revontulet saattavat toisinaan tunkentua aivan maapintaan asti. Tämä edellyttäisi 10 000 kertaa energiarikkaampaa säteilylaatua kuin revontulten synnyttäminen yleensä vaatii. Mutta koska varsin luotettavia todisteita matalista revontulista kuitenkin on olemassa, on niiden mahdollisuus myös otettava lukuun — tai löydettävä näille havainnoille selitys jonkin toisen, revontulista aiheutuneen sekundaarisen, maanpintaan ulottuvan ilmiön avulla.

Revontulten palamisesta ei saavu minkäänlaista ääntä, vaikka sangen monet maallikot niin luulevatkin. Se tuskin voisi olla mahdollistakaan sen suuren välimatkan takia, mikä ääniaalloilla olisi kuljettavanaan perin ohuitten ilmakerrosten läpi.

Äsken jo todettiin, että revontulilla ja Maan magneettisella kentällä on yhteyttä keskenään, koska Maa-magneetti selvästi ohjaa revontulten sijoittumisen oman voimakenttensä eikä maantieteellisten leveyspiirien mukaan. Tällaisia todisteita on muitakin. Niinpä revontulisäteet asettuvat (ainakin likimain) Maan magneettisten voimaviivojen suuntaisiksi, revontulikaari kohtisuoraan kentän suuntaa vastaan, ja revontulikorona siihen taivaankohtaan, johon painopisteestään ripustettu, vapaasti kääntyvä magneettineula osoittaa. Tiedetään lisäksi, että liikkuvaa, komeata revontulta eli revontulipurkausta ei vielä milloinkaan ole havaittu maamagneettisen kentän ollessa rauhallinen; revontulipurkauksen aikana Maan sekä magneettinen että sähköinen kenttä ovat aina häiriintyneessä tilassa. Aivan ilmeisesti revontulipurkaukset sekä maamagneettiset ja -sähköiset häiriöt kuuluvat samaan ilmiöryhmään; siitä voidaan päätellä, että revontuli-ilmiön täytyy olla luonteeltaan sähköinen.



Kuva 4. Revontulipäivien (N) ja auringonpilkkusuhdelukujen keskinäinen suhde TROMHOLTIN mukaan.

Nämä seikat käyvät vieläkin selvemmiksi tarkastelemalla näiden ilmiöiden *jaksollisuutta*, joka on niille kaikille yhteinen. Niinpä liikkuvia revontulia (ja magneettisia sekä sähköisiä häiriöitä) monesti esiintyy perättäisinä päivinä, ja vuodessa niillä on kaksi runsaudenmaksimia: keväisin ja syksyisin. Vielä merkittävämpiä ovat seuraavat kaksi jaksoa: Jos jonakin iltana on havaittu komeat revontulet, on todennäköistä että ne uusiutuvat — jopa varsin samankaltaisina — 27 vuorokauden kuluttua; välistä sattuu, että uusiutuminen tapahtuu vielä toisen tai kolmannenkin kerran. Tämä 27 vuorokautta on se aika, jonka kuluessa Aurinko pyörähtää kerran akselinsa ympäri Maasta katsottuna (synodinen pyörähdysaika). Toinen tärkeä jakso on Auringon sisäisen toiminnan keskimäärin 11-vuotinen periodi, joka tunnetaan *auringonpilkkusyklin* nimellä; revontulten voimakkuus ja niiden lukuisuus revontulivyöhykkeen ulkopuolella (itse vyöhykkelähän niitä on aina) noudattaa epäamättömän selvästi myös tätä jaksollisuutta (kuva 4). Tässä mainitut tosiseikat osoittavat, että revontulipurkaukset ja muut samaan ryhmään kuuluvat ilmiöt ovat riippuvaisuussuhteessa **A u r i n k o o n**.

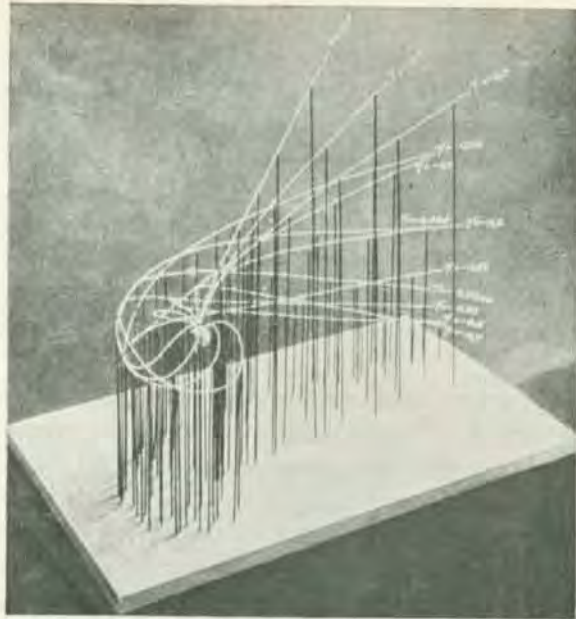
Jokainen tietää, mikä ainutlaatuisen tärkeä merkitys Auringon valon ja lämmön säteilyllä on kaikelle maanpäälliselle elämälle. Mutta tämän aistein tajuttavan säteilyn lisäksi Auringosta sinkoutuu avaruuteen — ja osuu maapallollekin — myös muunlaatuista säteilyä, mm. näkyvää valoa lyhytaaltoisempaa *ultraviolettisäteilyä*. Maanpintaan sitä saapuu vain hivenen verran, sillä ilmakehä *absorboi* eli imee itseensä suurimman osan; ilmakehän ohutaineiset ulkokerrokset sen sijaan vastaanottavat tämän energialtaan voimakkaan säteilyn täysitehoisena. Siitä on seurauksena, että ohut ilma-aine *ionisoituu*, ja meillä on syytä olettaa, että pääasiallisesti tämän kautta syntyvät ne sähköäjohtavat korkean ilmakehän kerrokset, jotka tunnetaan E- ja F-kerrosten nimellä, ja jotka mm. tekevät radiosähkötyksen pitkillä välimatkoilla mahdolliseksi sen kautta, että radioaallot heijastuvat näistä kerrostumista kuin peilistä ikään. Maamagneettisen tutkimuksen tulokset antavat aiheen olettaa, että nämä ionisoituneet, sähköiset kerrokset eivät suinkaan ole lepotilassa eivätkä yhtenäisen tasaisia, vaan niissä tapahtuu liikettä sekä

pysty- että vaakasuorassa suunnassa, ja niihin syntyy tiheytyimiä. Nykyisin oletetaan, että maamagneettiseen ns. ulkoiseen kenttään kuuluvat ilmiöt johtuvat sähköisistä virtauksista näissä kerroksissa; mutta koska virtausten sijainnista ja luonteesta ei ole olemassa mitään suoranaisia havaintoja, on toistaiseksi tyydyttävä pelkkiin olettamuksiin; — tästä syystä on syntynyt erilaisia teorioja ilmakehän ulkokerrosten sähkövirtausysteemeistä. Erään teorian mukaan, johon mm. tämän kirjoittaja on päätenyt, maapalloa ympäröi kolme sähköisen virtauksen voimakasta tiheytyimää: yksi kummankin revontulivyöhykkeen kohdalla ja yksi kauempana maanpinnasta magneettisen ekvaattorin yläpuolella; näiden avulla voidaan oleellimmat »normaaliset» magneettiset vaihtelut ja niiden jaksollisuudet selittää.

Ilmeisesti Auringosta sinkoutuu avaruuteen myös vallan toisenlaatuista, nimittäin sähköllä varautunutta *hiukkassäteilyä*. Todennäköisesti sitä jonkin verran virtaa Auringon kaasukehästä aina, mutta erikoisen runsaasti määräytyistä aktiivisista Auringon pinnan kohdista, mm. auringonpilkuista, ja tavattoman voimakkaana näiden reunamille silloin tällöin ilmestyvistä kirkasvaloisista lyhytaikaisista purkautumista, *soihduista*. On laskettu, että Auringon säteilypaine on riittävän voimakas lennättämään tuollaisen hiukkaspilven planeettojenväliseen avaruuteen. Tällainen pilvi etenee ilmeisesti eräänlaisen suihkun tavoin, luultavasti avaruudessa hieman kaartuen Auringon oman pyörimisliikkeen vaikutuksesta. Kun Maa osuu tuollaisen suihkun sisään, sen uloimman ilmakehän ionisoituneiden kerrosten sähkövirtauksiin täytyy tulla melkoisia häiriöitä, jotka kuvastuvat maanpäällä magneettisen kentän levottomuutena, jopa »magneettisena myrskynä».

Äskettäin on A. B. MEINEL voinut todeta voimakkaan magneettisen häiriön ja samanaikaisen revontulipurkauksen yhteydessä, että hyvin nopeita vetyatomeja tai protoneja tosiaan syöksi pitkin revontulikaaria maanpintaa kohti. Hiukkassäteily Auringosta on siis mitä suurimmassa määrin todennäköinen. Se ei saata edetä valon nopeudella (kuten ultraviolettisäteily tietenkin tekee), vaan paljon hitaammin. Käytettävissämme on joukko havaintoja Auringon pintaan havainto-aikana syttyneistä kirkkaista soihduista, joita on seurannut magneettinen häiriö; näiden ilmiöiden välinen aika on keskimäärin vähän yli vuorokauden. Valonsäde saapuu Auringosta Maahan n. 8 minuutissa (nopeus 300 000 km/sek); hiukkassäteilyn nopeudeksi on saatu 1000—2000 km/sek. On laskettu, että tällä nopeudella ilmakehään syöksyvä hiukkanen pystyy tunkeutumaan n. 100 kilometrin korkeusrajaan saakka. — Todennäköisesti Auringon »normaaleista» aktiivisista kohdista (pilkuista) saapuva säteily on hitaampaa kuin soihduista sinkoutuva, edeten 500—1000 km/sek.

Jo viime vuosisadan vaihteen maissa esitti norjalainen KR. BIRKELAND oletuksen, että revontulet aiheutuvat Auringosta saapuvasta hiukkassäteilystä. Oli näet silloin jo selvää, että Auringon täytyi tavalla tai toisella vaikuttaa revontulten syntyyn, ja tuon vaikutuksen oli oltava sähköistä laatua. Olettamustaan hän todisti pienen magnetisoidun maapallon-mallin avulla, jota hän pommitti



Kuva 5. C. STÖRMERIN laskemia Auringosta Maahan sinkoutuvien sähköisten hiukkasten ratoja.

klassillinen revontuliteoria. Sen mukaan, kuten jo ylläsanotustakin ilmenee, revontulet aiheutuvat Auringon lähettämästä, joko negatiivisesti tai positiivisesti varautuneesta hiukkas- eli *korpuskulaarisäteilystä*, joka Maan (samalla kertaa häirittyyn) magneettiseen kenttään saavuttuaan synnyttää ne muodot, joissa revontulet havaitsemme.

Monessa varsin oleellisessa kohdassa tämä teoria tuntui tulevan lähelle todellisuutta. Mutta kohta ilmeni myös epäilyjä. Todettiin näet varsin pian, ettei teoria riittänyt selittämään läheskään kaikkia havaittuja revontulten muotoja. Paljon vakavamman iskun teorialle antoi kuitenkin se huomio, ettei Auringosta lähtevä hiukkassäteily, missä osasten sähköinen varaus on samanniminen, voinut osasten keskinäisen poistovoiman takia saapua Maahan asti sellaisella voimalla, että se olisi pystynyt aikaansaamaan revontuliin verrattavan luonnonilmiön. Klassillisesta teoriasta sen alkuperäisessä muodossa oli siis luovuttava; mutta sen olennaisin kohta, että revontulet (ja Maan sähkömagneettisen kentän häiriöt) saavat alkunsa Auringosta, jäivät pysyviksi (STÖRMERIN ratalaskut saivat uuden tärkeän käytännön kosmisen säteilyn teoreettisessa tutkimuksessa).

Pian syntyi useita muita revontuliteorioja, mutta niiden menestys oli vielä huonompi, ja revontulitutkimus oli yli neljännesvuosisadan ajan eräänlaisessa umpikujassa. Mutta tätä kirjoitettaessa näyttää siltä kuin valkenemistä olisi jälleen odotettavissa. Englantilainen S. CHAPMAN ja italialaissyntyinen V. FERRARO ovat yhdessä käyneet tarmokkaasti käsiksi revontulten arvoituksen selittä-

katodisäteillä ohennetussa ilmassa. Näiden kokeitten innoittamana hänen maanmiehensä C. STÖRMER laski teoreettisesti, minkälaisia ratoja kulkien Auringosta sinkoutuvat elektronit tai positiiviset ionit saattoivat saapua magneettiseen Maahan. Kuvasta 5 nähdään eräs hänen laskujensa perusteella laadittu mallikuva tällaisista radoista. Siitä huomataan, että sähköiset hiukkaset tosiaankin osuvat magneettisen navan ympärille («revontulivyöhykkeelle») ja yöpuolelle.

Näiden kokeiden (joita myöhemmin on uusittu nykyaikaisemmin välinein) ja teoreettisten laskujen pohjalta syntyi BIRKELAND-STÖRMERIN eli ns.



Kuva 1. Revontulten perusmuoto: rauhallinen kaari (STÖRMER).



Kuva 2. Rauhallisia revontulikaaria (HARANG).



Kuva 3. Säteiseksi muuttunut revontulikaari (STÖRMER).



Kuva 4. Revontulipoimu (STÖRMER).



Kuva 1. Hulmuavia revontuliliepeitä (STÖRMER).



Kuva 2. Revontulensäteitä (STÖRMER).



Kuva 3. Revontuli-sädekimppu (STÖRMER).



Kuva 4. Revontulikorona (STÖRMER).

miseen teoreettista tietä, lähtien olettamuksesta, että Auringon sinkoama korpuskulaarisäteily onkin täysin neutraalista ja täysin ionisoitunutta, tiheydeltään hyvin vaihtelevaa Auringon ulomman kaasukehän omaa ainetta, jonka sisään maapallo kokonaisuudessaan ajoittain joutuu; siitä on seurauksena Maan sähkömagneettisen kentän häiriintyminen ja — sekundäärinenä ilmiönä — revontulten synty. Heidän teoriansa on vasta kehitysvaiheessaan eikä suinkaan lopullinen, mutta siltä voidaan odottaa paljon; eräiltä tärkeiltä kohdilta on täydentänyt D. F. MARTYN. — Varsin mielenkiintoisen, vaikka tuskin sellaisenaan hyväksyttävän teorian on ruotsalainen H. ALFVÉN myös äskettäin esittänyt.

Revontuliteorian luomisessa on erikoisena vaikeutena se seikka, ettei meillä toistaiseksi ole saatavissa selvää kuvaa niistä olosuhteista, jotka vallitsevat ilmakehän uloimmissa kerroksissa. Revontulten kirjotutkimus, jonka maineikkain edustaja on L. VEGARD, selvittää tosin jotakin, mm. että happi ja typpi (ionisoituneina) ovat vallitsevina ainesosina ilmakehän ulkokerroksissakin, ja että lämpötila siellä on oletettua paljon korkeampi; mutta nämä tiedot eivät vielä riitä. Radioteknillinen tutkimus on äskettäin osoittanut, että revontuliesiintymissä ainakin välistä tavataan lyhytikäisiä pilvekkeitä, joissa elektronitiheys on tavattoman suuri, ylittäen 10^8 elektronia kuutiosenttimetriä kohti, eli hyvin paljon suurempi kuin missään muualla ilmakehässä; tämän uuden tiedon merkitys ei kuitenkaan vielä ole selvä. Viime aikoina on koetettu V2-tyyppisillä rakettilaitteilla hankkia suoranaisia tietoja revontulista itsestään, mutta toistaiseksi ei tuloksia ole saatu. Kun niitä on käytettävissämme, siirtyy revontulitutkimus varmaankin uuteen ja hedelmällisempään vaiheeseen.

On kuitenkin olemassa vielä eräs seikka, joka kuuluu niihin tosiasioihin jotka revontulista tiedämme, mutta johon toistaiseksi on kiinnitetty liian vähän huomiota: revontulten muotojen systemaattinen tarkastelu. Tämän laiminlyönnin syy on helposti ymmärrettävissä: varsinaisista revontulitutkijoista ei juuri kukaan ole ollut tilaisuudessa oleskelemaan useampia vuosia revontulivyöhykkeen välittömässä läheisyydessä, missä revontulten kaikki muodot ja näiden muuttumiset ovat nähtävissä.

Koska minulle on tällainen tilaisuus tarjoutunut, esitän seuraavassa ne huomiot joihin olen päätenyt. Monivuotisten havaintojen perusteella rupeaa nimittäin revontulten muotojen kaaosmaisesta moninaisuudesta vähitellen erottumaan myös melko selviä systemaattisia piirteitä. Näihin perustuen jakaisin revontulet kolmeen ryhmään, jotka aivan olennaisesti eroavat toisistaan, vaikka ne tosin yksityisenä havaintoilta saattavatkin esiintyä vähemmän selvinä ja osittain toisiinsa sekoittuneina.

Ensimmäiseen ryhmään kuuluu tämän mukaan rauhallinen, tasavaloinen kaari (taulu XI, 1 ja 2). Itse revontulivyöhykkeellä se on yleisin revontulten muoto, ja se näkyy taivaalla, vaikkei varsinaista revontulipurkausta olisikaan. Se ulottuu itä-länsi-suuntaisena taivaanrannasta toiseen; sen aliraja on tarkka ja terävä, mutta ylöspäin sen valo himmenee vähitellen, joten ylärajan asemaa ei voi täs-

mälleen määrittää. Tällainen kaari ei monestikaan liiku juuri lainkaan; välistä se saattaa pysyä jopa tuntikausia paikoillaan. Ja, mikä tärkeintä, tällaisen kaaren esiintyminen taivaalla ei välttämättömmästä edellytä magneettista häiriöisyyttä, kuten on laita kaikkien muitten revontuliesiintymien. Rauhallista kaarta on sen vuoksi pidettävä revontulten häiriintymättömänä perusmuotona.

Toisen ryhmän muodostavat revontulten *liikkuvat muodot*, joita voi sanoa myös revontulihäiriöksi tai varsinaiseksi revontulipurkaukseksi. Tämän tavattoman monimuotoisen ryhmän yhteisinä piirteinä on muotojen nopea vaihtelevaisuus, säteisten muotojen esiintyminen, valovoiman kirkastuminen, värikyvyys ja — kuten ryhmänimikkeestäkin ilmenee — ennen kaikkea liikkuvuus (taulu XI, 3, 4; taulu XII, 1—3). Näyttää siltä, että revontulipurkaus pyrkii *koronan* (XII, 4) muodostamiseen; sen synnytettyään revontulipurkaus tavallisesti ikään kuin menettää valtiansa ja himmenee, mutta saattaa leimahtaa uudelleen esim. puolen tunnin kuluttua. Jos purkaus on heikohko, ei koronaa muodostu. — Liikkuvien revontulten aikana maamagneettinen kenttä on aina häiriytynyt.

Kolmas revontulten ryhmä on edellisiä paljon harvinaisempi *loimuaminen*. Sitä esiintyy vain melko voimallisen revontulipurkauksen jälkeen ja yleensä vasta puolen yön seudussa tai aikaisin aamuyöllä (liikkuvien revontulten maksimiaika on n. klo 21—22). Se on valtava näky, vaikkei läheskään yhtä valovoimainen kuin varsinaiset liikkuvat revontulet saattavat olla, eikä lainkaan värikäs. (Sen valokuvauksen ei toistaiseksi ole onnistunut.) Loimunnan alkaessa varsinainen revontulipurkaus on »palanut loppuun». Yhtäkkiä taivaankansi rupeaa ikään kuin aaltoilemaan; on kuin mahtavat valolaineet lakaisisivat sitä pitkin taivaanrannasta lakipisteeseen, ja tällaista laineitten kiittoa voi välistä kestää tuntikausia. Loimunnan aikana magneettinen kenttä on aina hyvin häiriytynyt. — Loimuntaa olen kerän havainnut jopa Helsingissäkin.

Nämä kolme revontulten ryhmää ovat olemukseltaan niin kerrassaan erilaatuisia, että tuntuu suorastaan mahdottomalta soveltaa niihin kaikkiin yhtä yhteistä fysikaalista selitystä. Auringosta sinkoutuva kaasukieleke tuskin voisi sellaisenaan saada näitä revontulten erilaisia ilmenemismuotoja aikaan.

Revontulten muotojen tarkastelu tuntuisi viittaavan siihen, että tarvitaan vähintään kaksi fysikaalista tekijää niiden selittämiseksi. Kummatkin ovat meille tuntemattomia, samoin myös eräät atomifysikaaliset seikat, jotka olisi tiedettävä ennen kuin revontulten arvoituksen ratkaisuun voidaan tältä pohjalta ryhtyä. Mutta näiden perustietojen puuttuessa sallittakoon minun kaavalla — osittain klassillisen teorian pohjalta — millä tavoin revontulet *kentties* saattavat syntyä.

Kuten edellä mainittiin, antaa magneettinen tutkimus perusteltua aihetta olettaa, että revontulivyöhykkeiden kohdalla, korkealla ilmakehän ulkokerroksissa, kulkee voimakas, konsentroitunut, miltei nauhamainen sähkövirta. Sen vaikutuksesta tavattoman ohut ilma-aine todennäköisesti saattaa ionisoitua, mikä merkit-

see että se muuttuu sähköiseksi ja tulee samalla Maan magneettisen kentän vaikutuksen alaiseksi. Tuo aine rupeaa putoamaan maata kohti (magneettisia voimaviivoja pitkin) ja pudotessaan himmeästi hehkumaan. Tällainen prosessi on, mikäli sen synty voidaan näin selittää, suurin piirtein vakinainen ja jokseenkin riippumaton magneettisen kentän häiriöisyydestä. — Tässä olisi luonteva selitys revontulten perusmuodon, rauhallisen kaaren, synnylle, mikäli virtaus tapahtuu riittävän korkealla. — Vähän modifioiden MARTYNIN ja ALFVÉNIN teorioja kaaren voitaisiin myös selittää syntyvän sellaisen sähköisen virtauksen vaikutuksesta, jonka he olettavat kulkevan aikaisemmin mainitusta ekvatoriaalisesta virtarengaasta, ulkopuolitse kaartaen revontulivyöhykkeeseen.

Revontulipurkaus liikkuvine muotoineen on, kuten edellisestä selvisi, häiriötila; maapallon magneettinen ja sähköinen kenttä on häiriytynyt samalla kertaa. On mitä suurimmassa määrin uskottavaa, että tämän häiriötilan on aiheuttanut Auringosta saapunut ionisoitunut kaasumassa, jonka piiriin maapallo on joutunut ja joka on saattanut ilmakehän korkeitten kerrosten sähkövirta-systeemin sekasortoon. Mutta voiko tällainen suihku sinänsä synnyttää myös liikkuvat revontulet moninaisine muotoineen ja nopeine muodonmuutoksineen? Klassillisen teorian perusteella tämä tuskin on mahdollista. Sen sijaan mahdollisuudet lisääntyvät melkoisesti, jos oletetaan, että hiukkassäteilyn vaikutus kohdistuukin pääasiassa rauhallisen kaaren ionisoituneeseen aineeseen, saaden siinä aikaan atomien *jälle* n r a k e n t u m i s e n, tulipalomaisen rekombinaatioprosessin tai muun atomifysikaalisen, toistaiseksi tuntemattoman tapahtuman, jonka vaikutus on nopea ja maasta pois päin suuntautuva. Eräässä toisessa yhteydessä olen vertauskuvallisesti esittänyt, että rauhallisen kaaren aine on tullut »tulenaraksi» ja Auringosta saapunut sähköinen hiukkassäteily »sytyttää sen palamaan». Jokin tämän tapainen prosessi on tosiaan välttämätön liikkuvien revontulten selittämiseksi.

Tällaista käsityskantaa tukee se seikka, että revontulipurkaus ei milloinkaan ole pitkäaikainen; kun se saavuttaa huippukohtansa, koronan syntymisen, se yleensä pian sammuu; toisin sanoen purkaus »palaa loppuun» nopeasti. Purkaus saattaa kylläkin uusiutua jopa useitakin kertoja saman yön kuluessa; mutta on myös tavallista, että rauhallisia kaaria ilmaantuu taivaalle voimallistenkin purkausten välillä. Mikään ei siis estä kuvittelemasta, että tuollaista »tulenarkaa» ainetta on korkeissa ilmakehän kerroksissa olemassa tai jatkuvasti sinne syntyy vaikka jokin osa siitä olisi illan kuluessa jo »palanutkin».

Revontulten kolmas päämuoto, loimuaminen, joka ei ole sopinut minkään tähänastisen revontuliteorian puitteisiin, voisi ylläolevan mukaan myös saada luontevan selityksensä: Olettakaamme, että kaarien ionisoitunut aine hyvin voimallisen revontulipurkauksen kestäessä tosiaan on »palanut loppuun», mutta Auringosta lähtenyt hiukkassäteily, joka ympäröi koko maapallon, jatkuu edelleen. Tuntuu uskottavalta, että se tällöin saattaisi tulla silmin havaittavaksi tulviessaan sen aineen läpi, jota on ilmakehän ulommissa kerroksissa vielä jäljellä voimallisen revontulipurkauksen jälkeinä. Taivaankansi ei tällöin koskaan ole täysin selkeä,

vaan ikään kuin himmeitten savuhattaroitten peittämä, joihin tuo salaperäinen säteily siis joutuisi törmäämään.

Tosin tällä hetkellä ei tiedossamme ole mitään seikkaa, joka olisi ristiriidassa yllä esitetyn, kylläkin jonkin verran ylimalkaisen revontulten synnyn selityksen kanssa, mutta tutkimuksen edistyessä sellaisia tietenkin saattaa ilmaantua. Täysin varmaa ja luotettavaa vastausta kysymykseen, mistä revontulet aiheutuvat, ei tällä hetkellä voi vielä kukaan antaa.

NAPAPIIRIEN LIIKKEISTÄ

Kirj. ERKKI KÄÄRIÄINEN

Lappi on viime aikoina entistä suuremmissa määrin tullut matkailijain ja muidenkin kansalaisten mielenkiinnon kohteeksi. Erikoista Lapin tuntua ovat siellä herättäneet maanteiden varsille pystytetyt napapiirin merkit; onpa Rovaniemellä rakennettu napapiirille majakin postikonttoreineen. Tapaan kuuluu matkailijaseurueen valokuvaus tällä napapiirin merkin ilmoittamalla mielenkiintoisella paikalla. Mutta tulikohan tuo kuva sittenkään otetuksi aivan oikealla kohdalla? Tarkastelkaamme asiaa lähemmin.

Napapiirien paikan maanpinnalla määrää aurinkokuntamme kahden perustason, ekvaattorin ja ekliptikan keskinäinen asema. Kuten tiedämme, ekvaattori eli päiväntasaaja on se isoympyrä, jonka taso kulkee Maan keskipisteen kautta ja on kohtisuorassa taivaanakselia vastaan. Maanpinnalla se on vastaavasti Maan akselia vastaan kohtisuorassa oleva isoympyrä, jonka kulmaetäisyys Maan navoista on 90° . Ekliptika (pimennysvyöhyke) on taas se taso, jossa Maa kiertää Auringon ympäri tai myös se isoympyrä, jota pitkin tämä taso leikkaa taivaanpallon. Helpoimmin voimme kuvitella sen siksi isoympyräksi, jonka Auringon keskipiste Maasta katsoen piirtää vuoden kuluessa tähtiin nähden lännestä itään. Ekliptikan läheisyyteen ovat aurinkokuntamme planeetat sijoittuneet; sen isoympyrä leikkaa ekvaattorin isoympyrän ns. tasauspisteissä, jotka ovat 180° etäisyydellä toisistaan. Näiden kahden perustason välinen kulma eli ekliptikan kaltevuus on n. $23^\circ.5$. Tämän kulmasuureen avulla voidaan napapiirit nyt määrittellä niiksi kahdeksi, ekvaattorin suuntaiseksi paralleeliipiiriksi, joiden kulmaetäisyys Maan navoista on yhtä kuin edellämainittu ekvaattorin kaltevuus eli n. $23^\circ.5$. Tästä seuraa se napapiirien yleisimmin tunnettu ominaisuus, että niiden rajoittamilla napa-alueilla Aurinko voi olla keskikesällä horisontin yläpuolella keskiyönkin aikana ja talvella vastaavasti pysyä tietyn ajan kuluessa koko vuorokauden näkymättä.

Napapiirien paikan maapallolla määrää siis ekliptikan kaltevuus. Koska tämä suure on monien varsin pitkäaikaistenkin muutosten alainen, eivät napapiiritkään ole maanpinnalla kiinteitä, vaan jatkuvassa liikkeessä. Jos siis haluaisimme olla tarkkoja, olisi edellämainittua napapiirin merkkiä päivittäin siirrettävä, eräinä vuoden aikoina lähes metrin verran, ja varustettava napapiirillemme rakennettu maja siirtämisen helpottamiseksi pyörillä.



Kuva 1. Napapiiri Rovaniemellä.

Puuttumatta tässä lähemmin ekliptikan kaltevuuden määrittäytapoihin toteamme vain, että sen arvo jo vanhalla ajalla saatiin selville varsin alkeellisin keinoin. Kesä- ja talvipäivän seisausten aikana on nimittäin Auringon kulmaetäisyys tausauspisteistä $\pm 90^\circ$ ja sen deklinaatiolla ääriarvonsa, joka on sama kuin ekliptikan kaltevuus. Kun seisauspäivinä havaittiin Auringon keskipäivän korkeudet h_1 ja h_2 esim. pystysuoralla sauvalla eli gnomonilla, saatiin sekä ekliptikan kaltevuus ε että havaintopaikan maantieteellinen leveys φ . Yhtälöistä

$$\begin{aligned} h_1 &= 90^\circ - \varphi + \varepsilon \\ h_2 &= 90^\circ - \varphi - \varepsilon \end{aligned}$$

seuraa nimittäin

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{1}{2}(h_1 - h_2) \\ \varphi &= 90^\circ - \frac{1}{2}(h_1 + h_2) \end{aligned}$$

Niinpä PTOLEMAIOS sai arvon $\varepsilon = 23^\circ 50'$; myöhemmistä arvoista mainittakoon tässä arabialaisen ALFRAGANUKSEN (v. 900 jKr.) saama arvo $\varepsilon = 23^\circ 35'$ ja TYCHO BRAHEN arvo $\varepsilon = 23^\circ 31'.5$ sekä nykyinen arvo $\varepsilon = 23^\circ 26'.7$. Kuten näistäkin luvuista jo näkyy on ekliptikan kaltevuuden arvo nykyään pienenevässä ja napapiiri siis siirtymässä pohjoiseen.

Syynä ekliptikan kaltevuuden muutoksiin ovat Auringon, Kuun ja planeettojen vetovoimien vaikutukset litistyneeseen maapalloomme. Näiden syiden tarkempaan selvittelyyn ei tässä ole mahdollisuutta. Riittänee kun tähän liitämme tähtitieteellisistä vuosikirjoista löytyvän komean kaavan, jonka mukaan eklipti-

tikan kaltevuuden lyhytperiodiset korjaukset lasketaan. Siinä on Ω Kuun nousevan solmun pituus, T aika laskettuna julianisissa vuosissa hetkestä 1900.0, L on Auringon pituus radassaan, Γ sen perihelin pituus ja Γ' Kuun perihelin pituus.

$$\begin{aligned} \Delta\varepsilon &= +9''.210 \cos\Omega + 0''.0009T \cos\Omega - 0''.090 \cos 2\Omega + 0''.551 \cos 2L \\ &+ 0''.022 \cos(3L - \Gamma) - 0''.009 \cos(L + \Gamma) - 0''.007 \cos(2L - \Omega) \\ &- 0''.003 \cos(2\Gamma' - \Omega), \end{aligned}$$

siis kahdeksan enemmän tai vähemmän vaikuttavaa periodista korjaustermiä.

Näistä termeistä on kirjoittaja tässä laskussa ottanut huomioon vain merkittävimmät. Ne löytyvät myös *Tähtitieteen harrastajan kirjasta* sivuilta 156—157. Meillä siis on

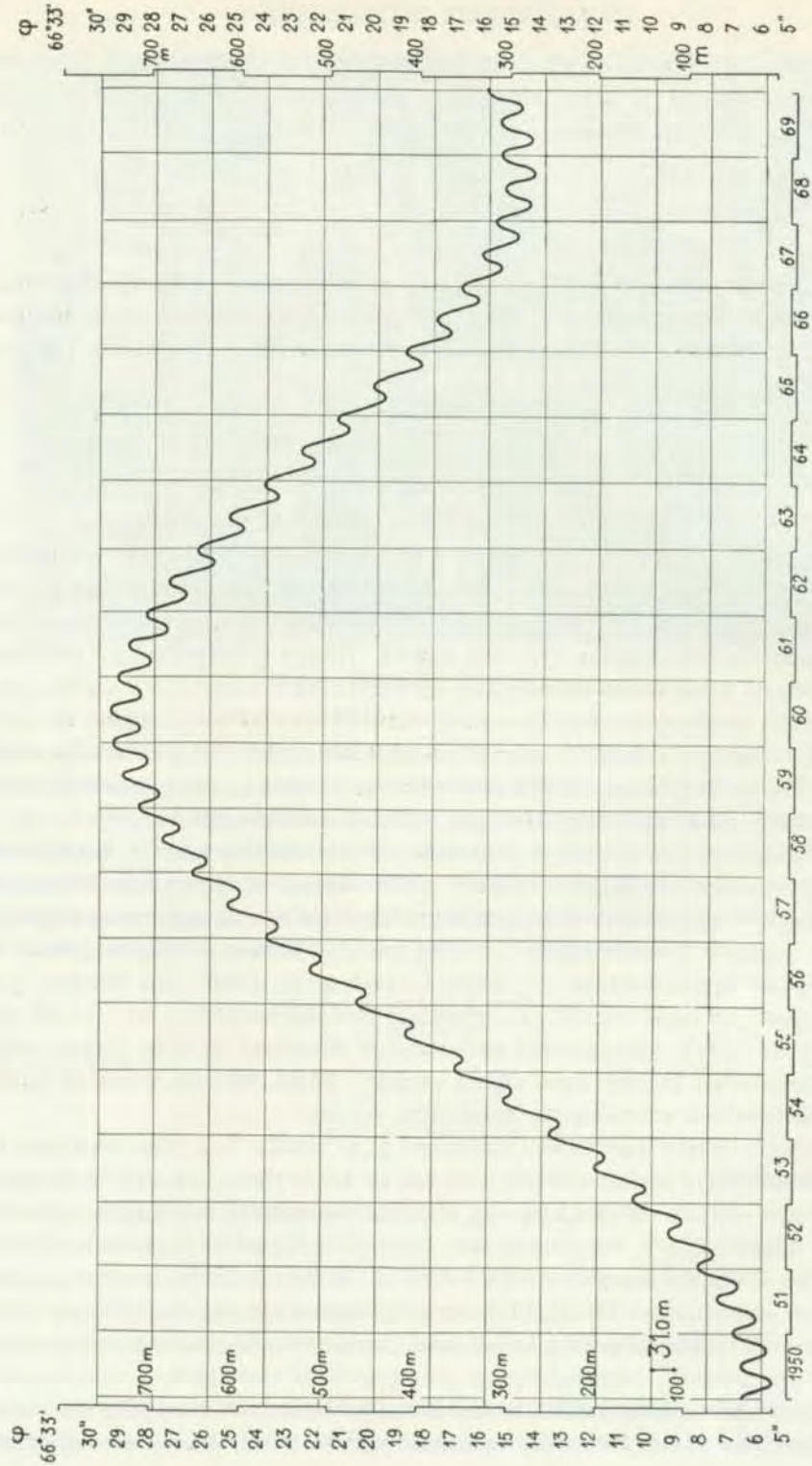
$$\begin{aligned} \varepsilon &= 23^\circ 26' 44''.84 - 0''.4684(T - 1950) + \Delta\varepsilon \\ \Delta\varepsilon &= +9''.21 \cos\Omega + 0''.55 \cos 2L \\ \Omega &= 12^\circ.106 - 19^\circ.3415(T - 1950) \text{ ja} \\ \Delta L &= -17''.224 \sin\Omega - 1''.271 \sin 2L. \end{aligned}$$

Näiden mukaan kirjoittaja on laskenut ε arvon vuosille 1950—1970 puolen kuukauden väliajoin pyrkien laskuissaan $0''.1$ tarkkuuteen, joka vastaa maanpinnalla noin 3 m:n tarkkuutta. Tätä suurempaan tarkkuuteen ei normaalisti astronomisilla paikanmäärityksilläkään nykyään päästä. Niinpä lyhytperiodiset kuutermi, joiden jakso on puoli Kuun kiertoaikaa, on otettu huomioon vain vuosille 1953 ja 1954. Niiden suurimmat arvot nousevat suunnilleen edellämäinittuun arvoon $\pm 0''.1$. Näin ollen on annetuilla napapiirin paikkaa esittävillä piirroksilla ensikädessä kvalitatiivinen luonne, niistä otettu kaarisekunnin kymmenesosa ei ole tarkka lukuunottamatta vuosia 1953 ja 1954, jotka on erikseen esitetty.

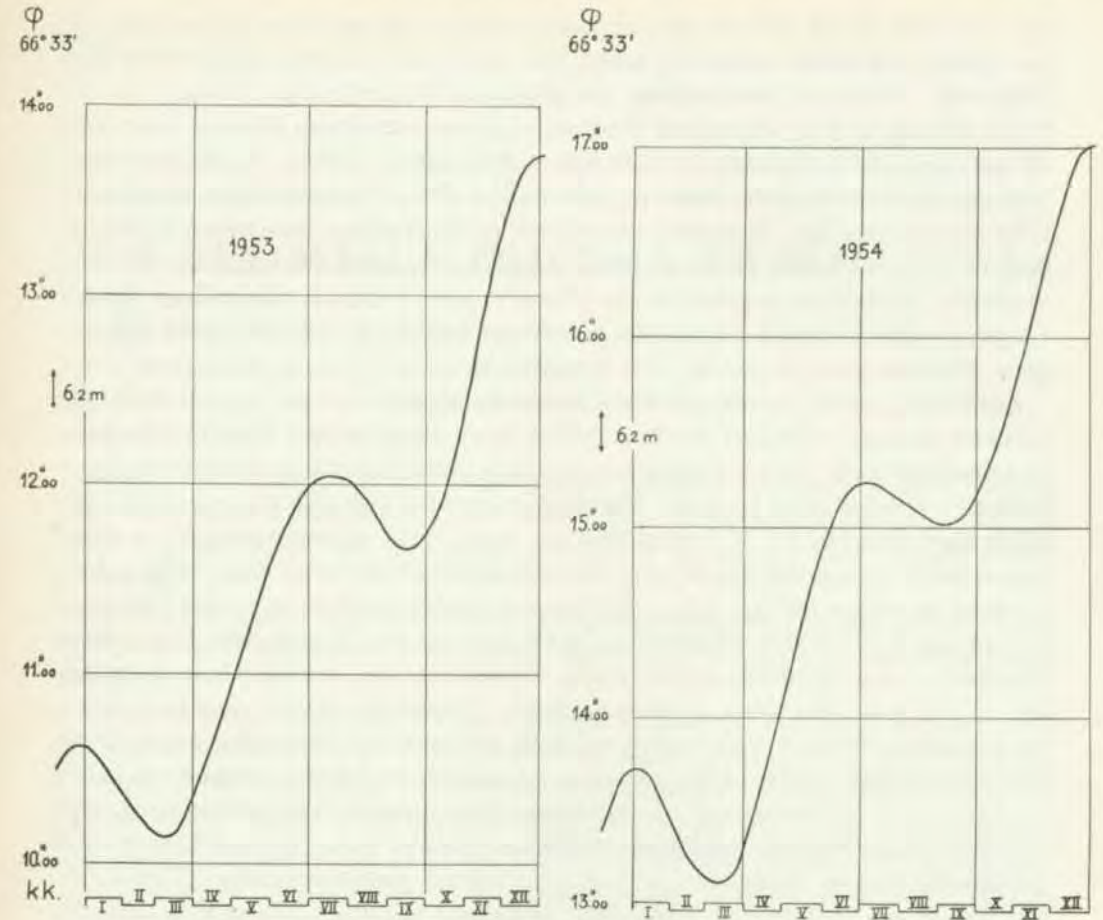
Tarkastakaamme siis lähemmin laskuissa käyttämämme kaavaryhmää ja siinä esiintyvien termien merkitystä. Kuten niistä näkyy, on napapiirin liikkeen tärkein osa koostunut pääasiassa kolmesta eri liikelajista. Alkaaksemme näistä pienimmistä otamme korjaustermin $+0''.55 \cos 2L$. Koska Auringon pituus kasvava radassaan kuukausittain 30° , esittää tämä termi jaksollista liikettä, jonka periodi (jakso) on puoli vuotta ja amplitudi (heilahduslaajuus) on $1''.1$ eli 34 m. Siis napapiiri siirtyy 3 kuukauden ajan samaan suuntaan 34 m ja saman määrän takaisin seuraavan kolmen kuukauden aikana. Tämä liike on verraten nopeaa, maksimisiirtyminen vuorokautta kohden on 92 cm.

Suurempiperiodista liikettä edustaa termi $9''.21 \cos\Omega$. Sen jakso on kuten kaavoista selviää $360: 19.3415 = 18.613$ vuotta eli 18 v. 7 kk. 10.6 vrk. ja amplitudi $18''.42$ eli 270 metriä. Siis on kyseessä aivan edellisenkaltainen liike, jonka ohella napapiiri liikkuu n. $9 \frac{1}{4}$ vuotta samaan suuntaan 270 metriä ja palaa suunnilleen saman ajan kuluessa saman määrän takaisin. Kuten kuvasta 2 selvenee, olemme v. 1950 sivuuttaneet tämän liikkeen minimiarvon ja nyt napapiiri on siis siirtymässä tämän liikkeen osalta kulumassa olevan vuosikymmenluvun ajan pohjoiseen.

Mielenkiintoisin mutta valitettavasti samalla vähimmin tunnettu on napapiirin sekulaarinen liike. Sen ensimmäinen derivaatta eli vuotuisen siirtymisen



Kuva 2. Napapiirin liike kaksikymmenvuotiskautena 1950—69. Luvut alhaalla ovat vuosia; molemmilla sivuilla on annettu napapiirin leveyteen 66° 33' liittyvät kaarisekunnit ja metrin mittakaava.



Kuva 3. Napapiirin liike vuosina 1953 ja 1954.

määrä on kyllä varmuudella ja varsin tarkasti havainnoista laskettavissa; sen mukaan napapiirin vuotuinen siirtyminen pohjoiseen päin on nykyisin 0".4684 eli 14.51 metriä. On tietenkin selvää, ettei tämä liike voi samansuuntaisena jatkua rajattomiin. Kun on kysymys todennäköisesti sängen pitkäperiodisesta liikkeestä ja verraten pienistä suureista, ei nykyisin käytettävissä olevan havaintomateriaalin turvin ole kyetty tätä periodia ja sen amplitudia tarkkaan selvittämään. Erään jo KEPLERIN esittämän teorian mukaan ekliptikan todellinen napa piirtää keski-asemansa ympäri ympyräviivan hyvin pitkän ajan kuluessa. Tämän liikkeen selvittämiseksi KEPLER lähtee omaksumastaan olettamuksesta, että kuumien ja kylmien vyöhykkeiden alojen summa maanpinnalla on yhtä suuri kuin lauhkeiden vyöhykkeiden alojen summa ja saa tällä perusteella ekliptikan keskikaltevuudelle arvon 24° 17' 42". Lähtemällä silloin tunnetuista ekliptikan kaltevuuden todellisista arvoista KEPLER sai edellämäinitun ympyrän säteeksi 2° 3' 44" ja kiertoaajaksi kokonaista 58 000 vuotta. Sen mukaan siis napapiiri tässä valta-

van pitkässä ajassa heilahtaisi n. 230 kilometriä keskiasemansa molemmin puolin. Missä olisi sitten napapiirin keskiasema ja missä vaiheessa nyt olemme tässä liikkeessä? Tämä on laskettavissa, jos pidämme yllämainittua jaksoa ja amplitudia oikeina ja kun tunnemme tarkasti nykyisen vuotuisen liikkeen suuruuden eli ensimmäisen derivaatan ja vielä toisen derivaatan merkin. Näillä perusteilla voimme sanoa napapiirin olleen n. 5 800 vuotta sitten eteläisimmässä asemassaan noin Kemin tienoilla. Napapiiri saavuttaisi pohjoisimman asemansa Utsjoen tienoon n. 23 000 vuoden kuluttua ja sen keskiasema siis olisi suunnilleen Muonion seuduilla. Heilahtelu tapahtuisi siis 58 000 vuoden kuluessa suunnilleen Kemin-Utsjoen välillä. Toisilla perusteilla suoritettut laskelmat antavat tämän sekulaarisen liikkeen sekä periodille että amplitudille jonkin verran pienemmät arvot.

Lähimmän parin vuosikymmenen kuluessa tapahtuvan napapiirin kokonaisliikkeen näemme oheisissa kuvissa. Niistä kuva 2 esittää tätä liikettä kaksikymmenvuotiskautena 1950—1969 ja kuva 3 napapiirin liikettä suuremmassa mitta-kaavassa vuosina 1953 ja 1954. Mainitun 20 vuoden kuluessa napapiirillä oli eteläisin asemansa $66^{\circ} 33' 5''.6$ maaliskuussa 1950. Siitä alkaen napapiiri on siirtymässä pohjoiseen kesäkuuhun 1960 asti, jolloin se saavuttaa ko. aikavälillä pohjoisimman asemansa $66^{\circ} 33' 29''.7$. Siirtymisen määrä pohjoiseen on siis yllämainitun runsaan 10 vuoden kuluessa $24''.1$ eli 746 metriä. Kesäkuusta 1960 alkaen napapiirin liike tapahtuu etelää kohti, tämänkertaisen eteläisimmän asemansa $66^{\circ} 33' 14''.3$ se saavuttaa syyskuussa 1968. Tämän runsaan 8 vuoden kuluessa on napapiiri siirtynyt etelään päin $15''.4$ eli 476 metriä. Koko ajan napapiiri samalla noudattaa puolivuotista jaksoaan, jota osoittavat kuvassa 2 ne pienet aallot, joista iso aalto on koostunut. Sekulaarinen liike ilmenee taas lähinnä siinä, ettei napapiiri palaa takaisin edelliseen minimiasentoonsa vaan jää uudelleen etelään palattuaan kuvan mukaisesti $8''.7$ eli 270 metriä pohjoisemmaksi. Tästä yllä kuvatunlainen 18.6 vuoden jakso alkaa uudelleen päättyen jälleen tätä lähtöasemaansa pohjoisemmaksi. Näin liike jatkuu kunnes pohjoisin asema Utsjoella n. 23 000 vuoden kuluttua on saavutettu, ja tämä kolminkertainen liikesysteemi alkaa jälleen aaltoilunsa etelään päin.

Voimme kuvitella kuvan 2 esittävän myös tätä sekulaarista liikettä. Ison aallon pituus olisi silloin n. 58 000 vuotta ja pienet aallot, joita kuvassa nyt pitäisi olla paljon runsaammin, esittäisivät 18.6 vuoden jaksoja. Pienimmät puolivuotiset jaksot eivät tällöin pienuutensa takia erottuisi lainkaan tässä kuvassa.

KUN SUOMELLA OLI OMA PÄÄSIÄISENSÄ

Kappale gregoriaanisen ajanlaskun historiaa

Kirj. V. R. ÖLANDER

Ensimmäisenä viime sotamme jälkeisenä keväänä olisimme voineet viettää erästä erikoislaatuista 100-vuotismuistoa: v. 1945 tuli kuluneeksi tasan 100 vuotta siitä, kun Suomessa vietettiin omaa pääsiäistä, eri aikana kuin muussa kristikunnassa.

Tietysti tällaisella tapahtumalla oli historialliset syynsä, joiden juuret osaksi ulottuvat hyvinkin kauas taakse päin. Koetamme seuraavassa selvittää jutun pääpiirteet.

Luonnollisesti pääsiäinen, Vapahtajamme Kristuksen kuoleman ja ylösnousemuksen muistojuhla, on aina ollut kristillisen kirkon suurin juhla. Sitä vietettiin varmasti jo ensimmäisissä kristillisissä seurakunnissa. Mutta samoin kuin sen viettomuodot alussa olivat epämääräiset, samoin oli myös sen ajankohta vaikeasti tunnettua. Lähinnä oli tietenkin ajatus viettää sitä juutalaisten *passah*-juhlan yhteydessä, jonka aatonahan evankeliumien mukaan Kristuksen ristiinnaulitseminen oli tapahtunut. Juutalaisten *passah* on nisan-kuun 15. pnä, jolloin heidän — vieläkin voimassa olevan — Kuun vaiheisiin perustuvan kalenterinsa mukaan aina on täysikuu. Toisissa seurakunnissa taas pidettiin tärkeämpänä viettää pääsiäistä samoina viikonpäivinä jolloin ensimmäisen pääsiäismysterin tapahtumat olivat sattuneet. Viimeksimainittu kanta saavutti yhä enemmän kannattajia, kun kristittyjen kesken levisi tapa viettää ylösnousemuksen viikonpäivää, sunnuntaita, lepo- ja pyhäpäivänä juutalaisten sapatin, lauantain, sijasta. Ja kun kristinuskoko levisi maihin, joissa juutalaisten ajanlasku oli tuntematon, ei ollut helppo tietää, minkä täydenkuun päivä vastasi 15. nisanä. Tiedettiin vain, että *passah* oli kevätjuhla, ja että nisan yleensä oli ensimmäinen kuukausi kevätpäiväntasauksen jälkeen.

Kirkon vahvistuessa pyrittiin vakiinnuttamaan sen monia, aluksi ehkä spontaanisesti syntyneitä toimintamuotoja yhtenäisten säännösten puitteisiin. Tällöin kysymys pääsiäisen oikeasta vietosta osoittautui erääksi kaikkein vaikeimmista. Siinä mielipiteet eri kansakuntien edustajien kesken menivät suuresti hajalle, ja kysymystä pohdittiin kai useimmissa yleisissä kirkolliskokouksissa aina 3:lta 6:lle vuosisadalle saakka. Suurimman maineen kristillisen pääsiäisen histo-

riassa on saanut Nikaian kokous v. 325. Emme aivan tarkkaan tiedä, minkä päätöksen tämä kokous teki, sillä mitään virallista pöytäkirjaa allekirjoitukseksi ei ole olemassa. Emme kuitenkaan voi kieltää todennäköisyyttä siltä traditiolta, joka kiteytyi seuraavien vuosisatojen kuluessa ja jonka mukaan kokouksessa oli säädetty, että pääsiäinen on vietettävä kevätpäiväntasauksen päivälle sattuvan tai ensimmäisen sitä seuraavan täydenkuun jälkeisenä sunnuntaina. Päätöstä on väitetty yksimieliseksi; jos näin oli, oli se hyvän tahdon ilmaisu, sillä käytännössä pääsiäisenvieton kirjavuus jatkui vielä useita satoja vuosia.

Syynä tähän olivat periaatteellisten erimielisyyksien rinnalla käytännöllisetkin seikat. Täysikuu ja päiväntasausta olivat tosin sen ajan ihmisille tuttuja käsitteitä, mutta niiden tarkka määrittäminen, etenkin kriittisissä rajatapauksissa, ei ollut helppoa. Eikä suinkaan käynyt päinsä jäädä niitä odottamaan; pääsiäisen viettohan oli itse asiassa aloitettava hyvissä ajoin, viimeistään seitsenviikkoisen paaston alkaessa. Pian muodostuikin tavaksi julistaa kirkoissa »oikea» pääsiäispäivä viimeistään loppiaisenä, epifanian-päivänä, joka oli kristikansan toinen suuri vuotuinen juhla.

Tämä pääsiäisen etukäteen laskeminen antoi aihetta moniin sääntöihin ja taulukkoihin, joiden avulla kirkon johtomiehet ja heidän asiantuntijansa yrittivät helpottaa omia ja toisten vaivoja. Voiton saavutti näiden joukossa lopulta roomalaisen apotin DIONYSIUS EXIGUUKSEN noin v. 525 laatima pääsiäistaulukko.¹ DIONYSIUS ei näissä taulukoissa pyri mihinkään tähtitieteellisesti tarkkaan kevätpäiväntasausten ja Kuun vaiheiden ennakkolaskentaan, mikä olisikin silloisten tietojen pohjalla ollut varsin vaikeata, vaan hän ratkaisee tehtävän jaksollisten eli syklisten laskujen avulla. Voimme sanoa, että hän korvaa todellisen Auringon ja Kuun eräillä kuvitelluilla taivaankappaleilla, jotka liikkuvat kiinteitä ratoja ja tasaisella nopeudella, siis periaatteessa samalla tavalla kuin myöhemmän ajan tähtitieteilijät menettelevät esimerkiksi määritellesään keskiaurinkoaajan. Jaksoja on DIONYSIUKSEN pääsiäislaskun — tai niin kuin sitä myöhemmin tavallisesti on nimitetty: juliaanisen pääsiäissäännön — pohjana vain kaksi: juliaaninen vuosi joka neljäntenä vuonna toistuvine karkauspäivineen ja ns. METONIN kuunjakso, jonka mukaan Kuun vaiheet aina 19 vuoden kuluttua toistuvat samoina vuodenaikoina. Juliaanisen vuoden oikeana pitäminen tietää sen, että kevätpäiväntasauksen oletetaan lankeavan aina samalle päivälle, nim. maaliskuun 21:lle. METONIN jaksosta seuraa, että jos tunnetaan — vaikkapa empiirisesti — keväiset täydetkuut 19 peräkkäisenä vuonna, ne ovat tiedossa ikuisiksi ajoiksi eteenkinpäin. Tästä ja pääsiäisen määritelmästä seuraa edelleen, että pääsiäispäivä voi olla aikaisintaan maaliskuun 22. ja viimeistään huhtikuun 25. p:nä. Teoreettisesti mahdollinen kombinaatio, täysikuu maaliskuun 20. ja huhtikuun 19., jolloin pääsiäinen voisi olla huhtikuun 26., ei satu niille METONIN jaksoson alkuarvoille, mitkä DIONYSIUS oletti.

Kumpikaan kuunjakso ei suinkaan ollut DIONYSIUKSEN keksimä.

¹ Sama mies on myös ensimmäisenä ottanut käyttöön nykyisen vuosilukujen laskemisen Kristuksen syntymästä.

Juliaanisen vuoden sääti, kuten tiedämme, JULIUS CAESAR Roomassa v. 45 eKr., lähinnä egyptiläisten kalenteri esikuvanaan, ja se saavutti roomalaisvallan laajentuessa yleisen levikin. METONIN jakso taas oli ollut tunnettuna lähes 1 000 vuotta, sitä oli yleisesti käytetty todellisiin ns. lunaatio-kuukausiin perustuvien kalentrien karkauskuukausia määrättäessä. Kumpikaan jakso ei ole tarkka, ja kun juliaaninen pääsiäissäntö tuli olemaan muuttumattomana voimassa yli 1 000 vuotta, poikkeamat ennättivät saavuttaa huomattavan suuruuden. Juliaanisen vuoden virrehän on yleisesti tunnettu. Se on 11^m 14^s vuotta kohti, mistä syntyy täysi vuorokausi 128 vuodessa. Juliaanisen vuoden ollessa liian pitkä ajanlasku jää todellisesta Auringosta jälkeen, ja kevätpäiväntasausta kuten muutkin vuoden kiintokohdat sattuvat yhä aikaisemmille päiville. 1500-luvulla ero oli jo kokonaisuutena 10 päivää ja kevätpäiväntasausta maaliskuun 11. p:nä. METONIN jaksoson virhe on huomattavasti pienempi. Synodisen kuukauden pituus on keskimäärin 29^{vrk} 12^t 44^m 3^s eli 29.53059 vrk. 235 kuukautta tekee 6939.689 vrk. ja METONIN jaksoson vastaavan »kuuvuoden» pituus on siis 365.2468 vrk. Ero todellisesta troopillisesta vuodesta on 0.0045 vrk., mutta juliaanista vuodesta hiukan vähemmän, vain 0.0032 vrk. Edellinen ero tekee 1 vrk:n 222:ssa, jälkimmäinen 312 vuodessa. Jos täydenkuun päivien oletetaan olleen oikeat DIONYSIUKSEN aikana, olivat ne siis 1500-luvulla siirtyneet kalenteriin nähden noin 3 vrk., ts. pääsiäinen oli keskimäärin 1/2 viikkoa myöhässä Kuuhun nähden, samalla kun se oli 1 1/2 viikkoa myöhässä kevätpäiväntasaukseen nähden.

Nämä poikkeamat olivat tietenkin tunnetut jo paljon ennen 1500-lukua. Ne olivat itse asiassa olleet pitkät ajat huolestumisen aiheena kirkon johtomiehille, jotka vain vaikeasti suvaitisivat poikkeuksia, tahattomiakaan, yleisen kirkolliskokouksen päätöksistä. Niin pian kuin oli päästy selville myös poikkeamien syistä ja siitä tosiasiaista, että ne korjaamattomina jatkuvasti vain kasvaisivat, pohdittiin keinoja niiden poistamiseksi. Kun pidämme tämän mielessä, huomaamme helposti, että GREGORIUS XIII:n kalenteriuudistus ei ollut yksin porvarillisen ajanlaskun korjaus vuodenaikojen määräämän vuoden mukaiseksi, vaan myöskin ja ennen kaikkea juuri kirkkovuoden liikkuvien juhlien palauttaminen Nikaian päätösten mukaisiksi.

Tämä saattoi tietenkin tapahtua usealla eri tavalla. Se asiantuntijalautakunta, jonka paavi asetti, asian jouduttua ratkaisuvaiheeseen, lopullista ehdotusta laatimaan, pohti varmaankin kaikkia tarjolla olevia mahdollisuuksia. Kevätpäiväntasauksen palauttamiseksi tradition edellyttämälle päivälle, maaliskuun 21:lle, tehtiin kertakaikkinen leikkaus, jättämällä pois almanakasta 10 päivää, mutta kaikki muut toimenpiteet, joiden tarkoituksena oli estää uusien erojen syntyminen vastaisuudessa, yritettiin tehdä mahdollisimman huomaamattomiksi ja traditioita säilyttäväksi. Mehän kaikki tiedämme, miten vuoden pituutta korjattiin: välttämätön muutos juliaanisen kalenterin sääntöön karkausvuosista tehtiin pienenä, vain tasaisia satalukuja koskevana lisäyksenä. Samoin meneteltiin pääsiäissäännön suhteen: gregoriaanisenkin kalenterin pääsiäislasku perustuu METONIN 19-vuotiseen jaksoon, johon on tehty muutamia vähäpätöisiä muutoksia. Tärkeim-

mät niistä ovat kaksi karkauspäivän tapaista ns. tasausta (ekvaatiota), jolloin Kuun ikää, sellaisena kuin se saadaan juliaanista taulukoista, muutetaan kulloinkin yhdellä vuorokaudella, nimittäin »aurinkotasaus» poisjätettyjen vuosisataisvuosien karkauspäivien kohdalla, ja pienempi päinvastaiseen suuntaan vaikuttava »kuutasaus» juliaanisen kalenterin ja METONIN jakson välisen eron poistamiseksi, sekin pyöreinä sekulaarivuosina, tavallisesti 300, joskus 400 vuoden väliajoin. Edellinen siirtää Kuun vaiheita 3 päivää taaksepäin 400 vuodessa, jälkimmäinen 8 päivää eteenpäin 2 500 vuodessa; tuloksena on 43 päivän siirtyminen 10 000 vuodessa eli 0.0043 vrk. vuotta kohti, mikä on täsmälleen METONIN »kuuvuoden» ja gregoriaanisen vuoden ero. Näin on gregoriaanisessa kalenterissa pääsiäisen säilyminen täydenkuun suhteen taattu inhimillisesti katsoen »ikijajoiksi». On kuitenkin muistettava, että pääsiäislasku edelleenkin on syklinen ja että yksityistapauksissa esiintyy eroja taulukkojen mukaan lasketun ja todellisen täydenkuun välillä. Tämä ero heilahtelee aikojen kuluessa puoleen ja toiseen; se muuttuu sitä paitsi aina tasausvuosina äkillisesti täydellä vuorokaudella.

Edellisen lisäksi on gregoriaanisessa pääsiäissäännössä pari oudolta tuntuva poikkeusta. Juliaanisessa kalenterissa olivat äärimmäiset mahdolliset pääsiäispäivät maaliskuun 22. ja huhtikuun 25. Viimeinen teoreettisesti mahdollinen päivä, huhtikuun 26., joka on kevätpäiväntasauksesta $30 + 7 = 37$ päivää, ei esiinny, sillä sen edellytyksenä olevat kuunvaiheet, nim. täysikuu maaliskuun 20. ja huhtikuun 19., puuttuvat DIONYSIUKSEN tauluista. Tämä on sattuma, sillä kun METONIN korjaamattomassa jaksossa on vain 235 kuunkierrosta, ei täydenkuun päiviä riitä vuoden joka päivälle. Edellä esitettyjen tasausten jälkeen sen sijaan tämä tapaus voisi hyvinkin esiintyä gregoriaanisessa kalenterissa; perinteisten pääsiäisrajojen säilyttämiseksi on tässä tapauksessa pääsiäinen säädetty vietettäväksi jo huhtikuun 19:nä siirtämällä jälkimmäinen yllämainituista täydenkuun päivistä huhtikuun 18:lle. Ja vihdoin, jos saman METONIN jakson sisällä sattuu jo olemaan toinen vuosi, jolloin täysikuu on huhtikuun 18:nä, siirretään tämä »alta pois» edelliselle päivälle, siis huhtikuun 17:lle, sillä muutenhan huhtikuun 18. esiintyisi uudestaan täydenkuun päivänä lyhyemmän ajan kuin 19 vuoden kuluu! Kun kolme perättäistä vuodenväliä ei koskaan voi esiintyä täydenkuun päivinä saman jakson sisällä, ei sen enempää siirtoja tarvita. Tämä esimerkkinä toiselta puolen niistä meille ehkä hiukan käsittämättömiltä tuntuvista periaatteista, jotka olivat johtavana uudistusta laadittaessa, toiselta puolen siitä tarkkuudesta, millä yksityiskohdatkin säädettiin.

Kun näin jälestäpäin arvostelemme paavi GREGORIUKSEN kalenteri uudistusta, myönnämme kai kaikki sen oikeaksi mitä tulee vuoden pituuden muutokseen, mutta pidämme sen pääsiäissääntöä koskevia muutoksia joksikin merkityksettöminä. Silloisen ajan arvostelussa jälkimmäinen puoli tuli kumminkin merkittävään enemmän ja nostattamaan enemmän vastarintaa. Kun paavi GREGORIUS XIII tunnetussa bullassaan v:lta 1582 sääti uuden kalenterin, niin se otettiin käyttöön välittömästi vain roomalaiskatolisissa maissa. Protestantit sen sijaan asettuivat vastustavalle kannalle. Uskonpuhdistuksen herättämä mielenkuuhu

oli vielä liian tuoreessa muistissa jotta olisi voitu alistua hyväksymään Roomasta lähtenyt määräystä. Sitä paitsi protestanteilla oli viimeisen vuosisadan aikana ollut muuta ajattelemista kuin ikivanhat pääsiäissäännöt, ja he eivät olleet perillä uudistuksen perusteista. Samoin Itä-Euroopan kreikkalaiskatolinen kirkko ja Länsi-Aasian kirkkokunnat asettuivat kielteiselle kannalle, paavin lähettiläiden suostuttamisyrytyksistä huolimatta. On sanottu, että paavi oli tehnyt psykologisen virheen, kun hän ei etukäteen ollut varmistautunut muun kristikunnan myötämielisyydestä. Mitään asiallista selontekoa uuden kalenterin perusteista ei myöskään julkaistu ennen kuin v. 1603. Silloin oli kalenteririita jo monien enimmäkseen asiattomien riitakirjoitusten ansiosta paisunut sellaiseksi, että sovinto näytti mahdottomalta. Seuraavien vuosikymmenien poliittiset ja uskonnolliset vastakohdat, jotka huipentuivat kolmikymmenvuotiseen sotaan, eivät asiaa parantaneet. Westfalin rauhanneuvotteluissa paavin lähettiläs vielä yritti saada protestantit hyväksymään gregoriaanisen kalenterin, mutta tuloksetta, ja sen jälkeen katoliset näyttävät jättäneen asian sikseen. Eikä myöskään auttanut, vaikka protestanttien keskuudessa eräät yksityiset henkilöt, etupäässä astronomit, koettivat asiallisin perustein suostuttaa uskonveljiään hyväksymään uuden ajanlaskun, yhtä vähän kuin tulokseen saattoi johtaa vastakkainkaan kanta, että yksimielinen vastustus lopulta pakottaisi »paavilliset» peräytymään.

Näin olivat Euroopassa molemmat kalenterit voimassa rinnan pari vuosisataa. Sellaisissa maissa, joissa vallitsi vain yksi uskonto, siitä tuskin oli mitään tuntuva haittaa; yhteydet ulkomaihinhan olivat harvat ja hitaat. Mutta suurissa osissa Keski-Eurooppaa, kuten Sveitsissä, Hollannissa, Puolassa ja monissa Saksan valtioissa, missä eri uskontokuntiin kuuluvat ihmiset asuivat rinnan, ilmeni hankaluuksia, joita uskonnollinen suvaitsemattomuus oli vielä omiaan paisuttamaan. 1600-luvun toisella puoliskolla näyttää tilanne tasoittuneen. Yksityiset kanttoonit ja ruhtinaskunnat siirtyivät uuteen lukuun, muualla syntyi eräänlainen käytännöllisen elämän ja tottumuksen sanelema aselepo. Mutta kun lähestyttiin vuotta 1700, jolloin gregoriaanisen kalenterin uutta karkausvuosisääntöä oli ensimmäistä kertaa sovellettava ja jolloin sen johdosta siihenastinen 10 päivän ero oli kasvava 11 päiväksi, pelättiin taas vaikeuksia. Agitaatio gregoriaanisen kalenterin puolesta heräsi uudelleen henkiin, tällä kertaa protestanttien itsensä keskuudessa. Sen innokkaimpina puoltajina esiintyivät tiedemiehet, niiden joukossa mm. tanskalainen tähtitieteilijä OLE RÖMER, joka taivutti kuningas Christian V:n puolelleen. Mutta kun Saksan protestanttiset valtionsäädät päättivät siirtyä uuteen ajanlaskuun v:n 1700 alusta, ei tämä uusi ajanlasku sitenkään ollut gregoriaaninen kalenteri, vaan eräänlainen kompromissi, jonka esitaistelijana mainitaan saksalainen tähtitieteilijä ERHARD WEIGEL. Tämä ns. »parannettu kalenteri» omaksuu gregoriaanisen kalenterin päivämäärän ja karkaus säännön, mutta hylkää sen pääsiäislaskun. Sen sijaan määrättiin, että pääsiäinen oli vietettävä täysin sanallisesti Nikaijan päätöksen mukaisesti, siis kevätpäiväntasauksen ja täydenkuun tähtitieteellisesti laskettujen momenttien mukaan. Näiden laskujen perustaksi oli »toistaiseksi» otettava KEPLERIN planeetta-

kuntaa koskevat taulut; lähtömeridiaanina oli sen mukaisesti oleva TYCHO BRAHEN tähtitornin Uraniborgin meridiaani. Sama »parannettu kalenteri» otettiin käyttöön Hollannissa ja Sveitsissä sekä, RÖMERIN vastalauseesta huolimatta, myös Tanskassa ja Norjassa. Hiukan myöhemmin siihen lisättiin ns. passah-sääntö, jonka mukaan pääsiäistä ei saanut viettää yhtä aikaa juutalaisten kanssa; jos tähtitieteellisesti laskettu pääsiäispäivä sattui nisanin 15:lle, oli se siirrettävä viikkoa myöhemmäksi. Englanti jäi konservatiiviseksi ja säilytti juliaanisen kalenterinsa vielä toistaiseksi.

Protestanttisista maista Ruotsi tällä kertaa kulki omaa tietään. RÖMER oli koettanut taivuttaa ruotsalaisetkin uudistuksen kannalle, mutta onnistumatta. Viitattiin kansan vanhoillisuuteen ja haluttomuuteen luopua totutuista perityistä tavoista. Juliaaninen kalenteri jäi pääasiassa voimaan, mutta jotta ero gregoriaaniseen nähden ei suurenisi totutusta 10 päivästä, jätettiin v. 1700 karkauspäivä pois ja jouduttiin siten yhtä päivää edelle vanhasta luvusta. Toinen ero esiintyi pääsiäisen päivämäärässä: Täydenkuun päivämäärä laskettiin juliaanisen pääsiäissäännön perusteella, mutta kun viikonpäivät olivat siirtyneet päivämääriin nähden, saattoi pääsiäispäivä erota viikolla juliaanisen kalenterin pääsiäisestä. Näin oli laita vuosina 1705, 1709 ja 1711. Näinä vuosina pääsiäinen kahdesti sattui lankeamaan yhteen gregoriaanisen kalenterin pääsiäisen kanssa, mutta v. 1709 Ruotsissa vietettiin kokonaan omaa pääsiäistä, 4 viikkoa gregoriaanisen pääsiäisen jälkeen ja 1 viikko ennen juliaanista. Tällaisten kokemusten jälkeen luovuttiinkin jo v. 1712 ruotsalaisesta kalenterista ja siirryttiin takaisin vanhaan lukuun antamalla helmikuulle 30 päivää. Seuraava muutos kalenteriin tehtiin Ruotsissa v. 1739, jolloin tähtitieteilijän ja fyysikon ANDERS CELSIUKSEN aloitteesta säädettiin pääsiäinen vietettäväksi tähtitieteellisten laskujen perusteella, tarkoituksena saavuttaa yhteinen pääsiäinen parannettua kalenteria käyttävien protestanttisten maiden kanssa. Tämä toinen ruotsalainen kalenteri, joka siis yhdisti juliaanisen päivämäärän ja »parannetun» pääsiäissäännön, oli voimassa 13 vuotta. Kun Englannissakin kalenteri uudistettiin siirtämällä v. 1752 uuden vuodenpäivä maaliskuun 25:stä tammikuun 1:ksi ja ottamalla seuraavana vuonna käyttöön gregoriaaninen kalenteri kokonaisuudessaan, olisi Ruotsi jäänyt ainoaksi juliaanista kalenteria käyttäväksi protestanttiseksi maaksi. Silloin päätettiin seurata Englannin esimerkkiä ja siirryttiin uuteen lukuun v. 1753, tällöin helmikuussa oli vain 17 päivää. Mutta sääntö pääsiäisen tähtitieteellisestä laskutavasta jäi edelleen pysyväksi, ja Ruotsin uusi kalenteri ei siis ollut gregoriaaninen, vaan saksalainen parannettu kalenteri. Ja tämä jäi Ruotsissa pysyväksi senkin jälkeen, kun Tanska, Saksa ja Sveitsi v. 1776 luopuivat siitä ja siirtyivät gregoriaaniseen kalenteriin myöskin pääsiäispäivän osalta. Mitään poikkeuksia Ruotsin ja gregoriaanisen säännön mukaan laskevien maiden pääsiäispäivissä ei kuitenkaan 1700-luvun lopulla esiinny, mikä ilmeisesti johtuu siitä, että gregoriaanisen laskun »virheet» tänä aikana olivat pienet; myös »passah-sääntö» lienee osaltaan vaikuttanut tähän. Mutta gregoriaanisen kalenterin v. 1800 tapahtuneen karkaus-tasauksen johdosta ilmenee ero taas, ja vv. 1802, 1805 ja 1818 oli

pääsiäinen Ruotsissa viikkoa myöhemmin kuin muissa Länsi-Euroopan maissa. Näistä kaksi ensimmäistä yhtyi juliaanisen kalenterin pääsiäiseen, mutta v. 1818 sattui toiseen kertaan, että pääsiäinen Ruotsissa ja Suomessa vietettiin eri aikana kuin missään muussa maassa. Seuraavan kerran tämä olisi sattunut v. 1825, mutta sitä ennen Ruotsissa luovuttiin tähtitieteellisestä pääsiäislaskusta ja siirryttiin gregoriaaniseen. Päätös tästä vahvistettiin lopullisesti kuninkaallisella julistuksella v. 1844.

Niin kauan kuin Suomi oli Ruotsin valtakunnan osana, täällä noudatettiin tietenkin samoja kalenterisääntöjä kuin Ruotsissakin. Suomen erottua Ruotsista jäivät meillä tälläkin alalla kaikki entiset säännökset voimaan. Kaikki mitä edellä on sanottu vuosien 1705—1711 ja 1802—1818 eriävistä pääsiäispäivistä pitää siis paikkansa Suomeenkin nähden. Mutta kun Ruotsissa määräys pääsiäisen tähtitieteellisestä laskusäännöstä kumottiin kuninkaallisilla kirjeillä v:ltä 1823 ja 1844, eivät nämä enää koskeneet meitä. Näin johduttiin siihen, että vielä v:n 1818 jälkeenkin pääsiäinen Suomessa on kolme kertaa poikennut gregoriaanisen kalenterin pääsiäisestä, nim. vuosina 1825, 1829 ja 1845. Kaikkina näinä vuosina sykliset pääsiäistaulut sijoittivat pääsiäistermiinin eli täydenkuun lauantaiksi ja pääsiäisen siis seuraavalle päivälle. Taulukoiden mukaan laskettu Kuun ikä oli kumminkin tähän aikaan yleensä liian suuri ja todellisuudessa täysikuu oli vasta sunnuntaina, mistä ero ilmeisesti aiheutui. Niinkuin useasti ennenkin pääsiäinen näinä vuosina kahdesti sattui yhteen toisen käytössä olevan kalenterin kanssa, tällä kertaa siis juliaanisen, mutta v. 1845 meidän pääsiäisemme poikkesi kumpaisestakin kalenterista. Meillä pääsiäinen oli nimittäin maaliskuun 30. p:nä, kun sen sijaan gregoriaanisen kalenterin pääsiäinen oli maaliskuun 23. ja »venäläisten pääsiäinen» vasta huhtikuun 15/27. p:nä. Me voimme siis tosiaan sanoa vuoden 1845 pääsiäistä omaksi pääsiäiseksemme.

Mutta se jäi tässä ominaisuudessaan samalla myös viimeiseksi. Seuraavan kerran olisi aivan samanlainen tilanne sattunut v. 1869, mutta sitä ennen oli meilläkin herätty huomaamaan, miten merkityksetön on tämäntapainen itsepäisyyden ilmaisu, ja pääsiäissäntö muutettiin: armollisella julistuksella syyskuun 12. p:ltä 1867 säädettiin gregoriaaninen ajanlasku »kokonaisuudessaan» Suomessa noudatettavaksi. Siitä lähtien on meillä pääsiäisen määräämisessä noudatettu samoja periaatteita kuin muissakin maissa, jotka käyttävät gregoriaanista kalenteria.

Protestanttisista maista Suomi viimeisenä alistui paavi GREGORIUS XIII:n toimeenpanemaan kalenteriuudistukseen. Lähes 300 vuotta kesti, ennen kuin sen nostattama aallokko asettui. Viimeiset mainingit tuntuivat Pohjolan perukoilla.

Kreikkalaiskatoliset maat samoin kuin Turkkinakin ovat vasta tällä vuosisadalla omaksuneet gregoriaanisen ajanlaskun. Tällöin lienee eräiden tietojen mukaan siihen tehty joitakin pieniä korjauksia, joista joskus tulevaisuudessa ehkä voi koitua samanlaisia vaikeuksia kuin mistä edellä olemme nähneet esimerkkejä. Mutta se on jo toinen juttu. Suomen ortodoksiseen kirkkoon nähden on v:sta 1918 lähtien olemassa määräys, jonka mukaan se viettää pääsiäisensä, kuten muutkin suuret kirkkojuhlaansa, samoina päivinä kuin meidän luterilainen kirkkommeekin.

Tietoja Plutosta

Heti vuonna 1930 kun Pluto oli keksitty, ilmoitettiin sen massaksi neljä Maan massaa ja läpimitaksi puolet Maan läpimitasta, eli n. 6 000 km. Tämän mukaan sen tiheys olisi n. 30 kertaa Maan tiheys eli yli 160 kertaa veden tiheys.

Pitkä matka Plutoon ja muutkin vaikeudet ovat aiheuttaneet sen, että saatuihin läpimitan ja massan arvoihin ei ole oltu tyytyväisiä, vaan on yritetty lukuisia kertoja suorittaa yhä uudelleen näiden tarkkoja määrityksiä ja laskuja. Ylimalkaan kaikki halkaisijan määritykset ovat pitäneet melko hyvin yhtä. Pitkät ajat on pidetty parhaana AITKENin ja WRIGHTin arvoa: pienempi kuin 7 600 km, ja suurin lienee NICHOLSONin arvo: ei yli 10 000 km. Kolmen vuoden työn tuloksena ilmoitti KUIPER v. 1950 arvon $5\,870 \pm 250$ km. Työnsä hän teki lopullisesti Palomar-vuoren kaukoputkella ja tulosta pidetään melko luotettavana.

Pluton ainemäärästä on saatu vaihtelevia arvoja 1.1—0.1 Maan massan väliltä. KUIPER pitää pienimpiä arvoja todennäköisimpinä, vaikkakin useimmat mittaukset johtanevat suuremmissa päässä oleviin arvoihin. Asiassa on vielä tutkimista.

Kun planeetan läpimita, etäisyys ja näennäinen kirkkaus tunnetaan, on valon takaisinheijastuskyvyn laskeminen helppo tehtävä. Uutta halkaisijaa käyttäen saadaan Pluton albedolle suunnilleen sama arvo kuin Marsinkin, nimittäin 0.17.

Lämpötila Plutossa on 230 pakkasasteen paikkeilla. Siinä lämpötilassa useimmat kaasukehän kaasutkin ovat jäänä ja lumena. KUIPER on arvostellut Pluton kaasukehän tiheyden 10 %:ksi siitä, mitä ilmakehän tiheys on Maan pinnalla.

AVARUUSSÄHKÖ

Kirj. HANNES ALFVÉN

Suomentanut R. A. HIRVONEN

Sähköä johtavan nesteen liike magneettisessa kentässä aiheuttaa aikaisemmin tuntemattoman aaltolajin, magneettis-hydrodynaamiset aallot. Niissä voi piillä se salaperäinen luonnonvoima, joka aiheuttaa auringonpilkut ja kosmisen säteilyn.

Melkein kaikki se, mitä tähtiavaruudesta tiedetään, on saatu selville soveltamalla maanpäällisestä fysiikasta opittuja periaatteita. NEWTONin liikelait, valon hajottaminen sateenkaaren väreiksi, atomiydintutkimukset ja muut laboratoriokeemme ovat lisänneet myös tietämystämme tähdistä — niiden liikkeistä, kemiallisesta kokoomuksesta, lämpötilasta ja energialähteistä.

On kuitenkin eräs laaja fysiikan haara, joka tähän mennessä ei ole paljoakaan valaissut tähtitiedettä. Se on sähköoppi. Sähkö, jota niin perinpohjin on tutkittu maan päällä, on oikeastaan hämmästyttävän vähän auttanut meitä tähtitaivasta tutkittaessa. Se valaisee kaupunkejamme mutta ei taivaan ilmiöitä; se on luonut tiheän tiedotusverkon maapallon ympäri, mutta ei ole antanut meille tietoja avaruudesta.

Tosin on saatu runsaasti todisteita siitä, että avaruudessa on sähkölläkin osuutensa. Viime vuosikymmenien kuluessa on keksitty tärkeitä ilmiöitä, jotka ovat sähkön aiheuttamia: vahvoja magneettisia kenttiä, joita voi synnyttää vain voimakas sähkövirta, radioaaltoja, jotka ovat lähtöisin Auringosta ja monista tähti-järjestelmistä, sekä energiarikkaat avaruussäteet, jotka ovat hirvittäviin nopeuksiin kiihdytettyjä sähkövarauksia.

Mutta kaikki nämä ilmiöt ovat vielä hyvin salaperäisiä. Meillä ei ole aavistustakaan siitä, kuinka sähkövirrat ovat syntyneet ja lähteneet liikkeelle tähdissä tai avaruudessa. Vaikka tiedämmekin sähköstä jo aika paljon, niin melkein kaikki tietomme perustuu siihen, kuinka sähkö esiintyy langoissa. Sähköä synnytetään liikuttamalla kuparilankaa magneettisessa kentässä, ja sitä siirretään, lähetetään avaruuteen ja käytetään energialähteenä vain lankojen avulla. Jos sähköinsinöörillä ei ole metallilankaa, hän ei pysty tekemään yhtään mitään.

Mutta tähdissä ei ole metallilankaa. Ne ovat pelkkää kuumaa kaasua. Fyysikot ovat nähneet paljon vaivaa tutkiessaan sähkövirtojen kulkua kaasuissa, mutta eivät vain tiedä, kuinka kaasut voisivat synnyttää sähköä. Sen johdosta sähkö-ilmiiöiden esiintyminen tähdissä tarjoo meille aivan uuden arvoituksen.

Tähtiä ei voi tuoda laboratorioihin. Mutta voimme tutkia sähköilmiöitä väliaineissa, jotka likipitään vastaavat tähtien kaasukerroksia samantapaisissa olosuhteissa. Tiedetään, että tähdissä on magneettisia kenttiä. Tiedetään myös, että hehkuvan kuumat kaasut, joita tähti sisältää, ovat hyviä sähkönjohtimia. Tähtien sisustassa kaasut ovat niin suuren paineen alaisina, että niiden tiheys ylittää tavalliset nesteet. Koska laboratorioissa emme voi käsitellä kaasuja näin suurissa paineissa, on tyydyttävä korvaamaan ne tutkimuksissa nesteillä. Ainoa tavallinen neste, joka on riittävän hyvä sähkönjohdin, on elohopea.

Olemme äskettäin suorittaneet yksinkertaisia kokeita magneettiseen kenttään sijoitetulla elohopealla ja tehneet useita eriskummallisia ja mullistavia havaintoja.

Jokainenhan tietää, mistä elohopea on saanut nimensä. Jos koputtelee elohopea-astiaa, nesteen pinta väräilee niin kuin se olisi «elävää». Totesimme, että kun elohopea-astia pantiin 10 000 gaussin vahvuiseen magneettiseen kenttään, neste muuttui heti kuin kuolleeksi. Sen pinta ei liikahtanutkaan vaikka astiaa olisi ravisteltu. Magneettinen kenttä teki elohopean kummallisen sitkaaksi. Sen huomasi parhaiten, kun taivutti metallilangan ja pani molemmat päät elohopeaan. Tavallisesti lankaa voi liikuttaa elohopeassa yhtä kevyesti kuin missä muussa nesteessä tahansa. Mutta magneettisessa kentässä lanka veti elohopeaa mukanaan nostaten siihen korkeita valleja. Tuntui, kun olisi liikuttanut tikkua hunajassa tai siirapissa.

Tämä muutos on helppo selittää. Lanka ja elohopean pinta muodostavat johdinpiirin. Kun lankaa liikutetaan magneettisen kentän poikki, syntyy sähkövirta. Sähkövirta synnyttää vuorostaan uuden magneettisen kentän. Se joutuu vuorovaikutukseen ensimmäisen kentän kanssa, johon elohopea-astia aluksi sijoitettiin, samoin kuin kaksi magneettitankoa aina vetää puoleensa tai karkoittaa toisiaan. Kahden magneettisen kentän välinen voima vastustaa liikettä, joka aiheuttaa sähkövirran. Lopputuloksena on, että lanka takertuu elohopeaan niin kuin tämä olisi hyvin sitkasta nestettä.

Tarkastellaan nyt toista koetta, joka paljastaa vielä merkillisemmän ja varsin valaisevan ilmiön. Täytetään pieni kattila elohopealla. Kattilassa on irtonainen pohja, jota voidaan kiertää edestakaisin niin kuin pesukoneessa. Tavallisesti pohjan hidas liikuttelu, joka vatkaa elohopean alimpia kerroksia, ei tunnu pinnalla asti; molekyylit liukuvat toistensa ohi niin että liike vaimenee ennen kuin se etenee kovin korkealle ylöspäin. Jos pinnalle pannaan pystysuora peili, josta heijastava valonsäde paljastaisi pienimmänkin liikkeen, nähdään pinnan pysyvän täysin rauhallisena. Mutta jos kattila on vahvassa magneettisessa kentässä, pohjakerroksen liike etenee hyvin äkkiä pintaan saakka.

Tässä on saatu aikaan uusi aaltolaji, jonka teoria oli jo ennakoita selvitetty 10 vuotta sitten, mutta joka nyt vasta tuli ensi kerran esille laboratoriokokeessa. Aalto syntyy magneettisten ja hydrodynamisten voimien vuorovaikutuksesta. Kun elohopean pohjakerrokset liikkuvat magneettisessa kentässä, syntyy sähkövirtoja. Näihin virtoihin liittyvä magneettinen kenttä panee liikkeelle seuraavat elohopeakerrokset, jotka vuorostaan aiheuttavat uusia sähkövirtoja. Näin liike

etenee nesteen pintaan saakka. Nouseva liikeaalto on nimeltään magneettis-hydrodynaminen aalto. Sillä on kolme tuntomerkkiä: mekaaninen liike, magneettinen kenttä ja sähkökenttä.

Palatkaamme tähtiin. Voidaan osoittaa, että elohopeakokeemme vastaa monessa suhteessa tähtiaineen sisäisiä olosuhteita. Tosin tähtien magneettinen kenttä on paljon heikompi kuin kokeessa käytetty 10 000 gaussia (Auringon kenttä lienee 1 ja 25 gaussin välillä). Mutta teoria osoittaa, että jos elohopeakattila olisi suurempi, niin heikompiin magneettinen kenttä saisi aikaan magneettis-hydrodynamisen aallon: tarvittava magneettinen kenttä on kääntäen verrannollinen kattilan kokoon. Kun tähti on esim. 10^{10} kertaa niin suuri kuin käyttämämme kattila, siellä riittäisi 0.000001 gaussin kenttä. Tähdissä on varmasti paljon voimakkaampia kenttiä kuin tämä.

Kokeemme perusteella tähtien sisäistä rakennetta on tarkasteltava aivan uudelta kannalta. Ennen on oletettu, että kaasujen liikkeet tähtien sisässä tapahtuvat hydrodynamian lakien mukaan niin kuin tavallisissa nesteissä ja kaasuissa. Mutta jos magneettinen kenttä muuttaa yhtä jyrkästi tiheiden tähtikaasujen ominaisuuksia kuin elohopean, ne liikkuvat aivan toisella tavalla kuin tavalliset nesteet. Näin saamme aivan uutta valaistusta tähtitieteen arvoituksiin.

Tarkastelkaamme auringonpilkkuja, joita on tutkittu perinpohjaisemmin kuin useimpia muita tähtitieteellisiä ilmiöitä. On selvitetty niiden kulku Auringon pinnalla, havaittu niiden jaksollisuus ja niiden vaikutus Auringon säteilyyn, analysoitu niiden valo ja todettu (Zeeman-efektin avulla), että niissä on vahva magneettinen kenttä. Mutta mitä auringonpilkkut ovat, kuinka ne syntyvät ja kuinka ne saavat aikaan magneettisen kentän — sitä on ollut vaikea selittää. Kerran arveltiin, että auringonpilkkut olisivat Auringon kaasukehän pyörteitä, samanlaisia kuin pyörremyrskyt Maan pinnalla. Auringonpilkkujen liike on kuitenkin aivan toisenlaista kuin ilman liike pyörremyrskyssä.

Arvoitus alkaa selvitä, kun vertaamme Aurinkoa elohopeakattilaamme. Voimme olettaa, että Auringon sisustassa tapahtuvat atomydinreaktiot panevat aineen liikkeeseen. Tämä vastaa elohopean pohjakerroksen vatkaamista. Auringon yleisessä magneettisessa kentässä, jonka voimaviivat kulkevat ilmeisesti keskustasta pintaan päin, liikkeet aiheuttavat magneettis-hydrodynamisia aaltoja, jotka etenevät pinnalle saakka. Nämä aallot voivat olla syynä niihin voimakkaisiin magneettisiin kenttiin, jotka liittyvät auringonpilkkuihin.

Magneettis-hydrodynamiset aallot aiheuttavat myöskin sähkökentän. Se puolestaan voi olla syynä muihin ilmiöihin, joita on havaittu Auringon pinnalla. Aaltojen synnyttämät hyvin suuret jännitteet voivat purkautua Auringon kaasukehään samaan tapaan kuin laboratoriokokeissa käytetyt purkausputket aiheuttavat korona-purkauksia ilmaan. Sellaiset purkaukset voisivat olla syynä Auringon kielekkeisiin (protuberansseihin). Ne erinomaiset elokuvat, joita Pic du Midin ja Climaxin tähtitornit ovat ottaneet Auringon kielekkeistä, antavat hyvin vahvan mielikuvan siitä, että ne ovat sähköpurkauksia.

Auringon lähettämä radioääni, toinen suuri arvoitus, voisi myöskin saada sel-

vityksensä tällä tavalla syntyneestä sähköstä. Niin kuin radion kuuntelijat liiankin hyvin tietävät, kaikki sähkövirrat — suurjännitejohtimet, talouskojeet jne. aiheuttavat radioääniä. Ne suuret sähkövirrat, joita magneettis-hydrodynaamiset voimat synnyttävät tähdissä, voivat aiheuttaa radioaaltoja ja lähettää niitä avaruuteen.

Lopuksi magneettis-hydrodynaaminen ilmiö näyttää tarjoavan uskottavan selityksen kosmisten säteiden energiarikkaudelle. Kuinka näihin hiukkasiin on kasautunut sellainen mielikuvituksellinen energiamäärä kuin jopa 10^{15} elektronivoltia, on ollut tähtitieteen käsittämättömiä arvoituksia. Ei mikään tunnettu eikä edes tuntematonkaan atomiydinreaktio voisi välittömästi ampua näin voimakkaita hiukkasia; vaikka koko protoni tuhoutuisi täydellisesti, saataisiin irti vain 10^9 elektronivoltia.

Mutta jos oletamme, että avaruussädehiukkasia kiihdytetään vasta avaruudessa sähkömagneettisilla kentillä, niin kuin niitä kiihdytetään suurissa laboratorionkoneissamme, niin on helppo ymmärtää, kuinka päästään noin suuriin energiamääriin. Tiedämme, että tähtienvälinen avaruus ei ole tyhjä. Vaikka aine on hyvin harvaa, yleensä enintään yksi atomi kuutiosenttimetriä kohti, niin tähtien välisillä pitkillä taipaleilla siitä kertyy valtavia määriä. Ainakin paikka paikoin se on ionisoitunutta, joten se toimii hyvänä sähköjohtimena. Edelleen on syytä olettaa, että läpi koko avaruuden ulottuu heikko magneettinen kenttä, joitakin gaussin miljoonasosia. On todennäköistä, että magneettis-hydrodynaamiset aallot vyöryvät lakkaamatta avaruuden läpi, synnyttäen heikkoja mutta sitä laajempia sähkökenttiä, varsinkin tähtien lähellä. Jos niin on, voimme kuvitella, että sähköiset atomiytimet ajautuvat halki sähköisen avaruuden, saavat kulkiessaan koko ajan lisää nopeutta ja iskeytyvät lopuksi Maan ilmakehään voimalla, jota ei olisi voitu kehittää missään yksityisessä tähdessä.

Published by arrangement with *Scientific American Inc*, New York, N.Y., U.S.A., exclusive owner of the rights.

KANSANPERINTEEN TÄHTITAIVAS

Kirj. JOUKO HAUTALA

Tähtitaivaan ilmiöiden tarkkaaminen, tutkiminen, tulkitseminen ja tehtyjen havaintojen tulosten käytännön tarpeisiin soveltaminen on nykyisenä työnjaon ja erikoistumisen aikakautena jäänyt vain suhteellisen harvojen ammattimiesten ja asiantuntijoiden tehtäväksi; maallikkojen tiedot tältä alalta ovat yleensä varsin vähäiset ja satunnaiset, joskin luonnollisesti tieteen kehityksen ja kouluopetuksen ansiosta niin sanoakseni yleisesti oikeammat kuin entisinä aikoina vallinneet ja perinnäiset, kansan parissa suusta suuhun ja polvesta polveen kulkeneet tiedot, kuvitelmat ja käsitykset. Nämä tiedot ja käsitykset olivat kuitenkin verrattomasti suuremmassa määrässä joka miehen omaisuutta kuin nykyiset, vaikka tietysti on selvää, että kaikkina aikoina on ollut henkilöitä, jotka harrastuksensa, luontaisen älykkyytensä tai esim. ammattinsa — noidan, tietäjän, papin, merenkulkijan jne. — takia ovat olleet alaan paremmin perehtyneitä kuin toiset. Menneiden aikojen ihmiset elivät joka tapauksessa paljon lähempänä taivasta ja maata kuin me nykyajan ihmiset, jotka olemme järjestäneet koko elämämme almanakan ja kellon mukaan tapahtuvaksi edes muistamatta, mihin luonnon ilmiöihin nämä apuvälineemme nojautuvat, ja joita keinotekoiset, räikeät valaistuslaitteemme estävät jopa näkemästä taivasta; sen merkkejä emme enää välittömästi tarvitse. Voi hyvin ymmärtää, että luonnonihminen, kansanihminen, muinaisajan ihminen ei ole voinut olla kiinnittämättä mitä suurinta huomiota iltaisin ja öisin yllään kaareutuvaan mahtavaan näkyyn, ikuisen, muuttumattoman tähtitaivaan kirkkaina kimmeltäviin valoihin, ja panematta merkille sen juhlallisten ilmiöiden ajasta aikaan järkkymättömän täsmällisesti toistuvaa säännöllisyyttä, ja myös, koska hän on ollut ihminen, etsimättä selitystä, alkusyytä, näille ilmiöille.

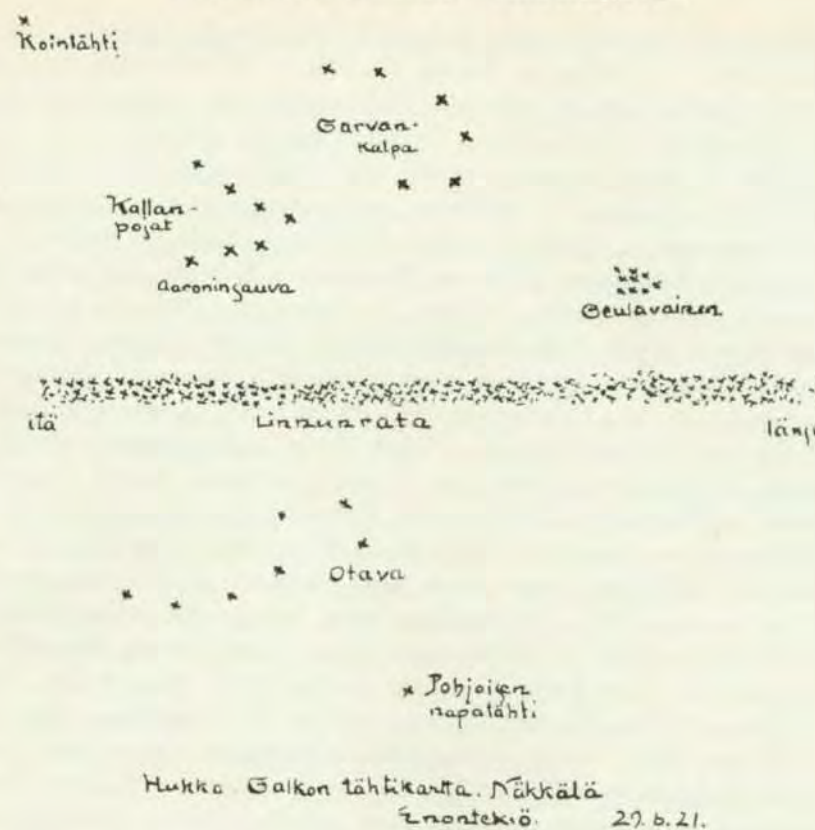
Tähtitaivas onkin kautta kaikkien aikojen ja kaikkien maiden synnyttänyt ja kietonut itseensä valtavan määrän erilaista kansanperinnettä: runoa, tarua, uskomusta ja taikaa; ja siitä tehtyjä havaintoja on myös hyvin varhain käytetty hyväksi puhtaasti käytännöllisiin tarkoituksiin, esim. ajan laskemiseen ja ilmansuuntien määrittämiseen. Kun muistamme, miten varsinainen tähtitiedekin on alkuaan syntynyt ja kehittynyt uskomuksellisten, taianomaisten ja tarullisten käsityksien ja tarkoitusprien piiristä ja — suhteellisesti ottaen — vasta sangen myöhään vapautunut niistä, ja miten kaikenmoisilla pseudotieteellisillä sen alaan liittyvillä harrasteluilla vieläkin on uskomattoman laaja kannattajajoukko, ym-

määrämme hyvin, että tähtitaivaaseen liittyvä kansanperinne muodostaa oman laajan maailmansa, jonka selvittämiseen tarvittaisiin kokonainen kirjallisuus. Näin on laita jopa meidän pohjoisen maamme suhteen, jossa taivas usein on pilvien ja sumun peitossa, jossa talven kylmyys on haittana havaintojen teolle ja jossa kirkkaat kesäyöt himmentävät tähtien valon, niin että tarjolla ei ole ollut samanlaista säännöllistä, jatkuvaa tilaisuutta taivaanmerkkien tarkkailuun kuin Kaksoisvirran maassa ja itäisissä Välimeren maissa, joissa yöt ovat kesälläkin pimeitä ja taivas miltei aina sees. Vaikka olosuhteiden pakosta siten taivaanmerkkeihin liittyvä perinnäinen tietous ja kansanrunous- ja uskomusaineisto Suomessa on useimpiin muihin maihin verrattuna vähäinen, varsinkin kun ottaa huomioon meidän kansanperintemme yleisen vertaansa vailla olevan rikkauden, se kuitenkin on niin runsas, että tämän esityksen puitteissa saatan ottaa puheeksi vain eräitä luonteenomaisimpia ilmiöitä. Kansanrunous, kansan suullinen perimätieto ja peritty usko, on lisäksi, kuten kaikki muukin kulttuuri, mitä suurimmassa määrässä kansainvälistä: samat sadut, tarinat, taiat, uskomukset, sananlaskut ovat yleensä tunnetut kautta koko asutun maailman, niin omaperäisinä ja kansallisesti erikoisina kuin niitä yleensä onkin tapana pitää, ja ne ulottuvat myös mittaamattoman kauas menneisyyteen. Erikoisesti nyt kysymyksessä olevaa perimätiedon alaa tarkasteltaessa olisi mitä mielenkiintoisinta yrittää valaista sen ilmiöiden erittäin monimutkaista ja -piirteistä kulttuurihistoriallista, perinneaantieteellistä ja perinnepsykologista taustaa mahdollisimman laajalti; mutta tässä on pakko siinäkin suhteessa rajoittua vain viittauksiin: ajateltakoon vain, miten pitkä historia ja laaja tausta on yksinomaan esim. kansanomaisella ajanlaskulla, joka sekin pohjautuu tähtitaivaan ilmiöiden havainnoimiseen, ja miten mutkikkaat vaiheet on ollut aurinkovuoden ja kuukuukausien yhteen sovittamisella, puhumattakaan niistä tapauksista, joissa eri kulttuuripiireistä peräisin olevat ajanlaskutavat ovat kohdanneet toisensa.

Vaikka varsinainen tähtitieto kansan keskuudessa ennen muinoin oli huomattavasti yleisempää kuin nykyään, se ei kuitenkaan ollut kovin syvällistä. 81-vuotias Utsjoen mies Andaras Kitti kehui tosin v. 1925 SAMULI PAULAHARJULLE, että »kyllä porolappalaiset ovat viisaita; heillä on nimi kaikille tähdille; jos yksikin katoaisi, niin lappalainen huomaisi, että yksi on pois¹»; mutta itse asiassa on todettavissa kansan kiinnostaneen taivaankappaleista sille tärkeimpien, Auringon ja Kuun, ohella huomiota suhteellisen harvoihin tähtiin ja tähtikuvioihin, joita syystä tai toisesta on pidetty muita huomattavampina. Enontekiöläisen Hukka-Salkon tietojen mukaan v. 1921 laaditussa tähtikartassa² on kaiken kaikkiaan vain kahdeksan nimeä. Tiedustellessaan Juvalla 1930-luvun puolivälissä sanastajana toimiessaan tähtien nimiä ARVO T. INKILÄ totesi kansalla niitä siellä olevan kymmenkunta. Hänelle tosin kerrottiin eräästä vanhasta ruotusotamiehestä, joka

¹ SKS (Suom. Kirj. Seura) Samuli Paulaharju 23 630. 1925., vrt. SAMULI PAULAHARJU, Takalappia. Helsinki 1927, s. 164.

² SKS Samuli Paulaharju 23 612. 1921., vrt. SAMULI PAULAHARJU, Lapin muisteluksia. Helsinki 1922, s. 211.



Kuva 1. Hukka-Salkon tähtikartta.

oli tuntenut kolmattakymmentä tähteä, mutta kävi selville, että eräs hänen upseereistaan oli ne hänelle opettanut. Tieto meni ruotusotamiehen mukana hautaan, koska ei ollut näin laajan tietämisen tarvetta.¹ A. PETRELIUS sai v. 1888 Karstulasta eräältä laajasta tähtitietämyksestään tunnetulta naiselta varta vasten kysellessään viitisenkymmentä kansanomaisista tähden nimeä, joista kumminkin useat osoittautuivat samoja tähtiä tai tähtikuvioita tarkoittaviksi, tai sitten samoilla nimillä saatettiin eri kerroilla osoittaa kokonaan eri tähtiä.² Osittain ne sitä paitsi näyttävät epäluotettaviltakin. Mutta se tieto, mikä on todella ollut olemassa, on ollut varsin laajalle levinnyttä ja yleistä.

Tärkeimpiä kansan tuntemia tähtiä ja tähtikuvioita ovat Suomessa olleet Otava, Pieni Otava I. Pieni karhu, Pohjantähti, Plejadit, Orionin tähdistön kolme rivissä olevaa tähteä ynnä muutkin Orionin tähdet, Kotkan tähdistön niin ikään rivissä olevat tähdet, joista keskimäinen on kirkas Altair, Pohjan kruunu, Linnunrata; kiertotähdistä Venus; mutta tiedossa on ollut nimiä myös sel-

¹ ARVO T. INKILÄ, Vuorokauden ositus ja ilmansuunnat vanhojen juvalaisten tietämyksessä. Viittäjä 1938, ss. 25—26.

² A. PETRELIUS, Suomalaisia tähtien nimityksiä. Fennia I, 10. 1889.

7 — Tähtitiedettä harrastajille

laisille vähemmän tunnetuille kuin Arcturus, Sirius, Vega, Cassiopeia jne., vain eräitä esimerkkejä mainitakseni. Useilla tähdillä ja tähtikuvioilla on ollut hyvinkin monta erilaista nimeä, jopa niin, että monesti on vaikea saada selville, mitä niillä oikeastaan on tarkoitettu, varsinkin kun eri seuduilla, jopa samoillakin paikkakunnilla, samoja nimiä on saatettu käyttää vieläpä eri tähdistä. Niinpä esim. mainittujen Orionin ζ , ϵ , δ -tähtien muodostaman kuvion nimenä saattaa olla mm. Aaronin sauva, Aatamin sauva, Härkäpari, Jaakopin sauva, Kalevan miekka, Keppiset, Kolmonen, Kolmoset, Kolmioiset, Korento, Mooseksen sauva, Orjan kyynärä, Pietarin sauva, Sauvaset, Sudenkorento, Taivaan korento, Viikate, Väinämöisen sauva, Väinämöisen viikate, Väinön viikate, Väinön vyö, Ämmänrukki. Tässä yhteydessä voi huomauttaa, että yleisemmin Orionin ζ , ϵ , δ -tähdet muodostavat vain Väinämöisen viikatteen terän, ja että esim. Ämmänrukki voi olla myös Corona Borealis. Plejadeilla on vielä enemmän nimiä, joista mainittakoon Kakaravas, Koirakopelo, Koiran kiermitsä, Koiran kiimatähdet, Koirankuono, Koirankärppä, Koirankärsä, Koirankäräjät, Koiranpennut, Lapin Otava, Marian kruunu, Pajulöttö, Pikku Otava, Rianseula, Ryhmätähti, Rykelmättähti, Rysmänen, Seiliäinen, Seula, Seulajaiset, Seulaset, Seulanpohja, Seuliaiset, Siankärsä, Viron seula, Virsu, Väinämöisen virsu, Väinämöisen virsunjälki. Otava on tavallisimmin juuri Otava, mutta myös Oikea Otava, Pohjan Otava, Suomen Otava, Seitsentähti; Pieni karhu taas mm. Lapin Otava, Pieni Otava, Ruotsin Otava. Arcturus saattaa olla esim. Auringontähti, Sirius Kalevan tähti, Corona borealis Taivaan rukki. Venus on aamulla esiintyessään Aamutähti, Huomentähti, Kointähti, illalla taas Ehtootähti, Iltatähti; useassa tapauksessa kansa on tajunnut, että kysymyksessä on sama tähti, mutta ei aina. Kuunseuraaaja 1. Kuunrenki tai Kuunkasakka voi olla esim. Regulus, Mars, Spica, jopa jokin muukin tähti; Kukkotähti saattaa olla Arcturus tai Aldebaran; Piiritähti Deneb tai Capella; taas vain eräiksi esimerkeiksi.¹

Huomaamme, että kansanomaisia tähtien nimiä on pääasiallisesti kahta lajia: toisille on antanut aiheen tähtikuvion jotakin tunnettua esinettä muistuttava muoto, toisille taas jokin uskomuksellinen seikka; jälkimmäisessäkin tapauksessa tähtikuvion muodolla on ollut huomattava merkitys. Tähtien ja tähtikuvioiden uskomuksellisilla ja taruperäisillä nimityksillä saattaa usein olla sangen laaja kansainvälinen tausta, vaikka ne eivät olisikaan samoja kuin ne viralliset nimitykset, jotka periytyvät meille antiikin kulttuurin ja arabialaisten välittämänä ja muuntamina Etu-Aasian muinaisista sivistysmaista ja jotka niin ikään useimmiten, kuten tiedämme, ovat uskomuksellisia ja tarunomaisia. Tähän puoleen palaan vielä tuonnempana.

Käytännöllisessä elämässä tähtitaivaan merkkejä on tietenkin lähinnä käytetty toisaalta ajanlaskullisiin tarkoituksiin, toisaalta ilmansuuntien selville saamiseen ja osoittamiseen. Varsinaisen, erittäin monipiirteisen ja -muotoisen vuotuisen

¹ SS:n (Sanakirjasäätiön) kokoelma tähtien nimiä; A. PETRELIUS, mt.; ARVO T. INKILÄ, mt., ss. 25—26.

ajanlaskun sivuutan tässä, koska aihepiiri on sekä liian laaja että muutenkin veraten tunnettu.

Päivän kulumista seurattiin kellottomassa talossa valoisana aikana tietenkin Auringon asemasta; yöllä tähdistä, mikäli ne olivat näkyvissä. Tärkein ajan osoitin oli Otava. Sananlasku sanoo: »Ei kuusta eikä kukosta eikä vanhasta ukosta, vaan Otavasta on orjan merkki» tai: »Otavassa on orjan merkki, ei ole kuussa, ei kukossa, eikä päivän koitannassa».¹ Muinaisruno neuvoo tämän valtavan kellon käyttöä tarkemmin: »Kun on oikein Otava, sarvet suorahan suvehen, pursto perin pohjasehen, silloin nuorten nousuaika, vanhojen lepuuaika.»² Sanottiin, että »Otavan häntä osoittaa yölläkin aurinkoa»³ ja »Kun Otava nousee päin miestä, silloin on ylösnousun aika.»⁴ Nurmeksesta kerrotaan: »Otavan häntä tietää, missä on aurinko. Näin äiti meitä aina herätti: nouskoo ylös, Otavan häntä mänöö itään päin!»⁵ Kittilässä katsottiin aikaa Seulasista: »Seulavainen kun se kulki maatapanon ajalle, itä-etelään, piti panna maata, mutta kun se oli luoteen päällä, niin oli ylösnousemisen aika.»⁶ Kansa on muuten huomannut, että tähtien asema muuttuu vuodenaikojen mukaan: »Iso otava oli ennen kellona, katsottiin sen kääntymistä, miten se kääntyi. Syystalvella se näytti päivänlaskua ja koittoa niinkuin kello, mutta kevättalvella se meni eteen, niinkuin kello, joka jätättää. Se täytyi tietää.»⁷ »Ku aekakii muuttuu, tähti linjakii muuttuu; puolvällii helemkuuta otamakii pittää paekkase, mut siit se männöö hupasesti.»⁸ On muuten pantava merkille, että, kuten ARVO T. INKILÄ huomauttaa ja kuten käy selville useistakin muistiinpanoista, useimmat henkilöt, varsinkin vähän liikkuneet naiset, pystyvät käyttämään tähtiä kellonaan vain omalla pihamaallaan, missä maiseman kokonaiskuva rakennuksineen, maanselänteineen ja metsänreunoineen on tuttu.⁹

Paitsi kellona, taivaankansi luonnollisesti on palvellut myös kompassina; ilmansuuntien määrääminen on useimmiten ollut aurinkovaltainen — sana *etelä* merkitseekin 'edessä olevaa', sitä puolta, johon pirtin ovi sijoitettiin kohti keskipäivän aurinkoa —, mutta yöllä on luotettavana pohjoisen osoittimena käytetty ennen kaikkea Taivaan napaa, Pohjannaulaa eli Pohjantähteä, joka on ollut helppo löytää Otavan avulla ja joka muutenkin on ollut mitä merkittävin ja tärkein taivaan-kappale.

Luonnonihmisen ajattelu ei erota toisistaan taikaa, magiaa, ja reaalisia syy- ja seuraussuhteita; »myyttillinen» ja »maagillinen» toisaalta ja »todellinen» toisaalta eivät siinä suinkaan edusta eri maailmoita; yhtä todellisina ne kietoutuvat monin

¹ A. V. KOSKIMIES, Kokoelma Suomen kansan sananlaskuja. Helsinki 1906, s. 373.

² Mt., s. 423.

³ SS Pielisjärvi. O. Eronen 1936.

⁴ SS Kirvu. A. Kykkänen 1936.

⁵ SS P. Lasanen 1937.

⁶ SKS Samuli Paulaharju 23 638. 1920.

⁷ SKS Kolari. Samuli Paulaharju 23 634. 1921.

⁸ ARVO T. INKILÄ, mt., ss. 26—27.

⁹ Mt., s. 27.

tavoin toisiinsa, ja siksi myös ne taivaankannen merkit, joista pyrittiin saamaan selville maanviljelijälle erittäin tärkeitä tulevia sääsuhteita ja joiden arveltiin vaikuttavan asioiden menestykseen, ovat periaatteessa täysin rinnastettavissa edellisiin. Näitä merkkejä on suunnaton paljous.

Aurinkoon liittyviä uskomuksia meidän maassamme ei ole kovin runsaasti. Vuodentuloa ja säitä on kyllä ennustettu eri merkkipäivien aurinkoisuudesta; on esim. tiedetty, että »jos Paavalin päivänä aurinko paistaa sen verran, että juopunut ehtii hevosen valjastaa, tulee kaunis kevät ja hyvä hernevuosi»¹, ja pääsiäisaamuna on meillä kuten muuallakin Euroopassa yleisesti käyty ihailmassa Aurion tanssia sen noustessa², mutta Aurinkoon verrattuna on Kuu ollut paljon suuremmissa määrässä uskomusten kohteena. Näinhän on asianlaita ollut muuallakin maailmassa sen johdosta, että Kuun säännölliset muodon vaihtelut, sen syntyminen, kasvaminen, väheneminen ja häviäminen, samoin kuin Kuussa nähdyt kuviot ovat salaperäisyydellään suuresti kiinnostaneet ihmisten mieliä.

Kautta koko maailman on ollut vallalla käsitys, jonka mukaan juuri Kuun kasvaminen ja väheneminen vaikuttaa erilaisiin toimiin ja myös luonnontapahtumiin; niin meilläkin: kaikki sellaiset työt, joissa toivotaan lisääntymistä, menestystä, kasvamista, on suoritettava Kuun kahden ensimmäisen neljänneksen aikana, ne taas, jotka edellyttävät loppumista, vähenemistä, kuivumista, loppukuussa; kysymyksessä on yksinkertainen sympateettisen magian lakien mukainen idea-assosiaatio: samanlainen aiheuttaa samanlaista. »Viljaa on aina kylvettävä uudessakuussa, kahtena ensimmäisenä korttelina, se tulee silloin vahvempaa.»³ »Ohran kylvö on aina alettava uuteenkuuhun, vaikka ei silloin vielä olisi muuten sopiva aikakaan.»⁴ »Lantaa ajetaan uudellakuulla, muuten se ei vaikuta.»⁵ »Jos alkukuussa vaikka vain kopistaa rekensä pellolle, niin se on yhtä hyvä kuin jos loppukuussa veisi koko kuorman.»⁶ »Sen, joka tahtoo, että hänen lehmänsä lypsäisivät hyvin suvella, pitää laskea ne keväällä laitumelle uudellakuulla.»⁷ »Uudenkuun aikana keritään lampaat, että villa kasvaisi hyvin.»⁸ »Kalanpyydykset pitää tehdä yläkuulla, niin niihin käyvät kalat mielellään.»⁹ »Onki pitää tehdä sillä minuutilla, jolla uusikuu syntyy, jos sillä tahtoo kaloja saada.»¹⁰ »Jos loppukuulla kyntää peltoa, niin se ei ruohotu, niin kuin jos sen tekisi alkukuulla.»¹¹ »Pellon kyntö on aina tehtävä loppukuussa, että rikkaruohot paremmin kuolevat.»¹²

¹ SKS Vihti. K. Ranta 144. 1936.

² Ks. esim. ELSA ENÄJÄRVI-HAAVIO, The Sun Dances on Easter Morning. Studia Fennica V 1947, ss. 5—24.

³ SKS Unkuniemi. Kotikielen Seuran kok.

⁴ SKS Laihia. J. Kotkanen 161. 1887.

⁵ SKS Kauvatsa. Kotikielen Seuran kok.

⁶ SKS Urjala. V. Suomi 4. 1885.

⁷ SKS Lohja. M. Österberg 6. 1889.

⁸ SKS Uskela. A. Valve 765. 1905.

⁹ SKS Kiestinki. H. Meriläinen II 1 069 a. 1889.

¹⁰ SKS Korpilahti. M. Nurmio 808. 1888.

¹¹ SKS Loimaa. Kotikielen Seuran kok.

¹² SKS Urjala. V. Suomi 31. 1885.

»Kun kaski hakataan alakuulla, puut kuivuvat hyvin.»¹ »Rakennushirret pitää hakata alakuun aikana, että huoneet pysyisivät kuivina eikä niihin sikiäisi eläviä.»² »Jos luteita tappaa loppukuulla, niin ne katoavat, vaan jos alkukuulla, niin ne kasvavat ja lisääntyvät.»³ Avioliiton solmiaminenkin on onnistuakseen tarvinnut uudenkuun voimaa. 1600-luvulta Virosta kerrotaan: »He kosivat ja viettävät hänsä aina uudenkuun aikana, koska he lujasti uskovat, että heillä tällöin on parempi onni ja siunaus kuin muulloin ja että heidän vaimonsakin siten pysyvät sievinä, somina ja sileäpintaisina, kun nämä sitä vastoin, jos heitä kosittaisiin loppukuulla, pian kävisivät vanhoiksi ja kurttuksiksi.»⁴ Siihen, että suomalaisellakin taholla on ollut tapana viettää häitä uudenkuun aikana, viitannevat muinaisrunon, häävirren, sanat: »Miero vuotti uutta kuuta, lumi tervaista rekeä, mie vuotin minjuttani.»⁵ Uudeltakuulta on ollut myös tapana pyytää terveyttä sen ensimmäistä kertaa näyttäytyessä: »Terve, terve, uusikuu, sinä täydeksi, minä terveeksi!»⁶ »Terve, terve, uusikuu, sie vanhaks, mie nuoreks!»⁷ Kuulla oli erikoisesti syylä parantava vaikutus. »Kun ensi kerran näkee uudenkuun, pitää ottaa koivunlastu, pyyhkiä sillä kolmesti kutakin syylää ja sanoa: syö kuu syylää, älä syylän kantajaa; sitten pitää panna lastu samaan paikkaan, josta se otettiin, kyllä syylät katoavat.»⁸ Myös säätä ennustettiin Kuusta. »Missä tuuli on kuun syntyessä, siellä se on koko kuukauden.»⁹ »Vastuupäivät ovat silloin kun kuu syntyy. Niitä on kolme päivää, vastuupäiviä, oikeastaan viisikin, ja kolmas ja viides päivä ovat kaikkein tarkimmat. Millainen on silloin ilma, niin sellaista piisaa viime korttelille saakka.»¹⁰ »Jos kuu syntymisensä jälkeen on kolmen päivän perästä näkyvissä, tulee pakkaskuu; samoin, jos se on paljon pystyssä.»¹¹

Eri tähtiin ja tähtikuvioihin sekä taivaan tähtisyyteen yleensä on liittynyt samantapaisia käsityksiä, jotka nekin yleensä ovat kansainvälisiä. »Kuun ajaja jos on kuun jäljessä, niin silloin ajavat piit isäntiä jäljessä, jos taas on tähden ja kuun asento päinvastoin, niin on asiakin päinvastoin.»¹² »Kuunkasakka eli -renki kulkee hyviä viljavuosia ennustaen kuun edellä, huonoja kuun jäljessä. Se merkitsee, että hyvinä vuosina isäntä etsii työmiehiä, huonoina renki etsii työtä ja isäntää, joka antaa työtä.»¹³ »Kointähti ja Ehtoötähti on sama tähti. Kun Koin-

¹ SKS Haukivuori. K. Widbom 170. 1890.

² SKS Koivisto. U. Mannonen 883. 1936.

³ SKS Loimaa. Kotikielen Seuran kok.

⁴ FR. R. KREUTZWALD, Der Ehsten abergläubische Gebräuche, Wesen und Gewohnheiten von Johann Wolfgang Boecler. St. Petersburg 1854, s. 24., vrt. UNO HARVA, Suomalaisten muinaisusko. Porvoo 1948, ss. 156—157.

⁵ Suomen Kansan Vanhat Runot VII, 2, 2 966, vrt. UNO HARVA, mt., s. 157.

⁶ Suomen Kansan Vanhat Runot XI, 2 475 (Töysä).

⁷ SIMO HÄMÄLÄINEN, Inkerin Tyrön sananparsia. Virittäjä 1945, s. 576.

⁸ SKS Hollola. A. Leino 938. 1891.

⁹ SKS Vehmaa. Kotikielen Seuran kok.

¹⁰ SKS Oulu. Samuli Paulaharju 23 589. 1933.

¹¹ SKS Vehmaa. Kotikielen Seuran kok.

¹² SS Nurmes. R. Pikkarainen 1936.

¹³ SS Repola. P. Kyöttinen 1928.

tähti näkyy syksyllä ja katoaa uudeltavuodelta, niin se ennustaa hyvää viljavuotta. Jos Kointähti nousee korkealle, se on hyvän vuoden merkki, mutta jos Ehtootähti kulkee korkealta, se on huonon vuoden merkki.¹ »Muutamien vuosin on kaksi kointähteä; se ennustaa hyvää vuotta.»² »Jos uudenvuoden vastaisena yönä taivas on tähtinen, tulee hyvä ohravuosi.»³ »Jos uudenvuoden vastaisena yönä ei ole taivas tähdessä, niin sinä vuonna eivät vasikat elä eivätkä sienet kasva.»⁴ »Jos Mikkelin päivänä tarkastaa Linnunrataa, niin missä kohden siinä on sumuläikkä, sen mukaan sataa lunta talvella, ja mitkä paikat Linnunradasta ovat kirkkaita, ne tulevat olemaan kirkkaita päiviä. Linnunradan itäpää tarkoittaa syyspuolta talvea, keskikohta keskitalvea ja länsipää kevättalvea.»⁵ »Jos tähdet hyvin tuikkivat, tulee pakkassää, mutta jos ne tynnesti palavat kirkkaina, tulee lauha sää.»⁶ »Kun tähti lentää, tulee tuisku.»⁷ »Minne päin tähti lentää, sieltä päin on seuraavana päivänä tuuli.»⁸ »Traaki lentää kovien ilmojen edellä.»⁹

Viimeksi mainitun enteen mukana olemmekin joutuneet askeleen eteenpäin uskomusten parissa, ns. aitiologisiin eli syntyä, alkuperää, selittäviin uskomuksiin ja taruihin. Siinähan selitetään tähdenlento myyttilliseksi olioksi, lohikäärmeeksi eli traakiksi. Joskus saman ilmiön katsotaan johtuvan siitä, että silloin autuas sielu pääsee taivaaseen, taivaankannen raoittuessa välähtää hetkiseksi näkyviin se valo, joka muuten tuikkii vain taivaankannessa olevista rei'istä.¹⁰ Samantapaisia selityksiä on paljon; ne ovat usein yhteydessä taivaankappaleiden kansanomaisten nimityksien kanssa.

Mielenkiintoisia aitiologisia taruja on Suomessa liittynyt etenkin Kuun vähene-miseen, jonka aiheuttajaksi jo AGRICOLA tunnetussa Psalmtarin suomennoksensa alkupuheessa mainitsee erään myyttillisen olennon, kirjoittaessaan: »Rachkoi/Cuun mustaxi iacoi.» Tämä sama Rahko eli Rahkonen esiintyy vielä nykyäänkin elävässä kansanperinteessä. »Rahkos-äijä, joka oli varas, lähti kerran voita varastamaan naapurista. Silloin sattui olemaan kirkas kuutamo, jonka vuoksi Rahkos-äijä päätti tervata kuun. Hän otti tervapytyn ja pensselin ja meni kuuhun, mutta sinne hän jäi, ja siitä alkaen on kuussa nähtävänä Rahkos-äijä tervapyt-tyineen ja pensseleineen.»¹¹ Tässä on siis lähinnä selitetty Kuun tummia täpliä. Paitsi tervapyttyineen ja suteineen, Rahkonen on nähty Kuussa myös mukanaan varastamansa tavarat. »Rahkoo-Matti oli mennyt pitkänäperjantaina puita varastamaan, ja siitä rangaistukseksi hänet nostettiin kuuhun ainaiseksi. Kuussa

¹ SS Laihia. E. Rintala 1936.

² SS Kalanti. S. Saarnio 1936.

³ SKS Kivennapa. L. Pulliainen KRK 136:65. 1933

⁴ SKS Ylöjärvi. S. Sillanpää 22. 1920.

⁵ SKS Vehmersalmi. L. Karhu 2 786. 1936.

⁶ SKS Kolari. Samuli Paulaharju 23 647. 1921.

⁷ SKS Puolanka. Samuli Paulaharju 23 680. 1916.

⁸ SS Mouhijärvi. K. J. Laitakari 1936.

⁹ SKS Muonio. Samuli Paulaharju 23 705. 1922.

¹⁰ Esim. SKS Puolanka. Samuli Paulaharju 23 702. 1916.

¹¹ SS Rovaniemi. V. Nuotio 1936.

näkyikin Rahkoo-Matti puutaakka selässään.»¹ Kuun ukko nähdään puutaakka selässään myös esim. Virossa, Saksassa ja Englannissa.² Siitäkin on esimerkkejä, että Rahkonen vielä ajoittain tervaa Kuun. »Kun kuun toinen reuna pienee, sanotaan, että Rahkoo-Matti sen tervaa.»³ »Rahkonen lähti kosimaan vastahakoisen nait-tajan luo, kuu paistoi, Rahkonen otti tervapytyn ja sutin ja nousi kuuhun sitä tervaamaan ja tervaa vieläkin.»⁴ Monin paikoin Suomessa, kuten säännöllisesti ulkomailla, Kuun tervaaja on nimetön.

AGRICOLA kuvailee myös Kuun pimennykseen liittyvää vanhaa kansanselitystä: »Capeet / mös heilde Cuun söit.» Kuuta syövät kapeet esiintyivät edelleen Mynämäen kirkkoherran ANTTI LIZELIUKSEN 1780-luvun alkupuolelta peräisin olevassa »Tiedustuskirjassa»: »Oikiat Christityt, jotka Jumalan Sanasa ja sen ymmärryksesä harjantunet ovat, ei usko Martaus Kapeita eli Kuun kapeita: ne ovat pakanain pimeyden ja taikaus aavistusten aikana haalitut; vaikka ei niiltä olekkan.»⁵ Kuun kapeet mainitaan myös eräissä loitsuissa: »Vuota, vuota, Hiijen poika, kun mä saisin kuun kapeita!»⁶ Tunnetun vermlantilaisen tietoniekän Kaisa Vilhusen sanojen mukaan »kapeat kalus' kuuta», »niijen pit kalua niin kauvoin kun se tul' ikään rihma.»⁷ Kapeet kuun ahdistajina eivät ole yhtä vaikeasti selitettävissä kuin Rahko tai Rahkonen, sillä tämä sana on ennen vanhaan merkinnyt yksinkertaisesti vain 'eläintä'.⁸ Käsitys, jonka mukaan Kuun tai Auringon pimennyksen aiheuttaa jokin eläin tai hirviö nielemällä ne kitaansa, onkin eri tahoilla maailmaa yleinen. Mm. muinaisskandinaavisessa kirjallisuudessa puhutaan kahdesta sudesta, joista toinen vainoaa Aurinkoa, toinen Kuuta⁹; Kiinassa pimennyksien aikaansaajana on lohikäärme. Näitä petoja on yleisesti yritetty karkoittaa huutamalla, meluamalla, ampumalla, lyömällä rumpua jne., ja kun tällaiset toimenpiteet säännöllisesti ovatkin johtaneet toivottuun tulokseen, usko niihin on säilynyt. Mainittakoon vielä, että LAURENTIUS TAMMELINUS kirjoittaa v. 1706 julkaisemassaan suomalaisessa almanakassa puhuessaan »Auringon ia Cuun Pimenemisen Aluista ia syistä ia mistä ne tulevat»: »Nijn on myös meidän Suomalaisten seasam muinaisin



Kuva 2. Unsikuu voittaa Kuuta ahdistavan pedon. Muinaisbabylonialaiseen astronomiseen tekstiin liittyvä piirros. ALRED JEREMIAKSEN teoksesta *Handbuch der altorientalischen Geistes-kultur*.

¹ SS Laihia. V. Kotkanen 1936.

² UNO HARVA, mt., s. 159.

³ S. SEPPÄLÄ, »Rahkoo-Matti.» Kotiseutu 1914, s. 207 (Laihia).

⁴ M. RÄSÄNEN, Rahkonen tervaa kuuta. Kotiseutu 1915, s. 117 (Simo).

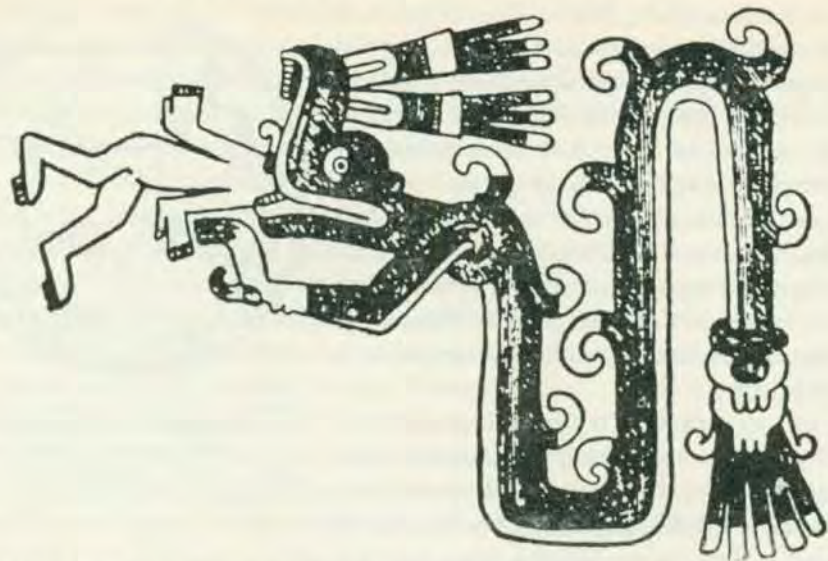
⁵ PERTTI VIRTARANTA, Antti Lizeliuksen suomenkielisiä kirjoituksia III. Satakunta XII, s. 246.

⁶ Suomen Kansan Vanhat Runot VII, 4 1 764 (Kitee).

⁷ LAURI KETTUNEN, Vermlannin suomalaisten uskomuksia, taruja ja taikoja. Suomi V: 17, s. 78.

⁸ UNO HARVA, mt., s. 164.

⁹ Mt., s. 165.



Kuva 3. Lohikäärme nielemässä kuuta. Vanha maya-kulttuuriin kuuluva kuva. H. HENTSEN teoksesta *Mythes et symboles lunaires*.

aicoin ollut sencaltainen turha taicuri luulo cuun pimenemisestä, että hänen pitäis silloin paljo kärsimän ja niyn cuin coirilda syötämän / ia tämän turhan luulon jälken owat he sanonet cuun pimitiesä: Cuu syödän / ioca puhen parsi wielä nytkin pidetän / cosca cuu pimeneppi.» Tämä sanonta elää vieläkin mm. Varsinais-Suomessa ja Vienan Karjalassa.¹

Useiden tähtien ja tähtikuvioiden syntyä selitetään Suomessa — kuten muinaisessa Kreikassa — aitiologisista taruista, tai sitten niihin liittyy käsityksiä, jotka viittaavat jo unohtuneisiin taruihin. Alussa luetelluissa suomalaisissa tähtien nimissä oli sellaisia kuin Kalevan miekka, Väinämöisen viikate, Väinön vyö, Ämmänrukki, jotka helposti ovat yhdistettävissä tarinoihin ja mytologisiin käsityksiin ja joille on olemassa kansainvälisiä vertauskohtia. Saksassa, Sveitsissä ja Italiassa nähdään Orionissa viikate, kuten meilläkin², Hämeessä yleisellä Orionin nimityksellä Ämmänrukki on skandinaavinen vastine Friggjarrok, Friggsspinnrocken, Friggtenen, jossa Frigg on tietyn jumalattaren nimi³ jne.

Varsinaisista tähtikuvioiden syntyä selittävistä aitiologisista taruista esiteltäköön tässä yksi. Samainen Andaras Kittu, joka PAULAHARJULLE kertoi porolappalaisten erinomaisesta tähtien tuntemuksesta, esitti myös seuraavan tiedon: »Sarvan eli Hirven jälkipuolella on kaksi tähteä, ja niillä on vielä kaksi pientä tähteä. Toinen pieni tähti ensimmäisen ison tähden rinnalla on ihan melkein kiinni. Se on ison tähden koiran nuorassa. Ja toinen pieni tähti toisen ison tähden välillä,

¹ UNO HARVA, mt., s. 165.

² MARTTI HAAVIO, Väinämöinen. Porvoo 1950, s. 290.

³ Mt., s. 295.

se on jälkimmäisen ison tähden koiran. Ja ne ajavat koirineen Sarvaa, Hirveä.»¹ J. A. FRIIS kertoo lappalaisten Kalla barnek l. Kallanpojat-sankareista, jotka olivat suksien keksijöitä ja jotka lappalaiset ovat näkevinään taivaankannella. Kun nämä taivaalliset hiihtäjät viimein saavat otuksen saaliikseen, tulee maailmanloppu.² K. F. KARJALAINEN esittää tälle tähtitarulle mielenkiintoisen vastineen ostjakkien ja vogulien kansanperinteestä. Tähdennettyään erikoisesti hirven, »taivaalla loistavan pyhän eläimen», myyttillisyyttä hän kertoo: »Hirvi asui alkujaan taivaassa, sanovat irtyskiläiset, ja alkuperin sillä oli kuusi jalkaa, joten se juoksi niin nopeaan, ettei yksikään kuolevainen kyennyt sitä saavuttamaan. Tämän epäkohdan poistamiseen ryhtyi *Tunġ-pax* l. *Töröm-pax*-niminen sankari. Hän laati sukset pyhästä puusta, niin nopeat, että tarvitsi niihin erikoiset pidätyslaitteet, voidakseen niitä ohjata. Kiista tuli ankaraksi. Vogulien mukaan hirvi vaatimiseen ja vasaamiseen meni sellaista vauhtia, että kun laskeutui maahan etujalkansa, jäi taakse koivuinen maa, kun laskeutui takajalkansa, jäi taakse mäntyinen maa. Ajaja ei ollut huonompi, yhdellä potkaisulla hänkin sivuutti koivuisen maan, toisella mäntyisen maan, ja missä sauvalla sysäsi, siihen syntyi vedenkalojen asuma järvi. Kiidettyään halki taivaan laskeutuivat kiistaajat maahan, missä *Tunġ-pax* saavutti ajamansa — ja hakkasi hirveltä kaksi jalkaa. Nyt siis tavallinenkin ihminen voi sen saavuttaa. Tämän merkkitapauksen todisteet ovat vieläkin nähtävissä taivaalla. Linnunrata on ajajan suksenlatu, Otava on ajettu hirvi, jonka poishakattujen jalkojen tyngät vielä näkyvät pieninä lähitähtinä.»³ Saman tarinan kertoo UNO HARVA, joka lisäksi huomauttaa, että useilla Pohjois-Siperian kansoilla on tapana nimittää Otavaa hirveksi.⁴ Turuhanskin piirin samojedit kuvittelevat, että Pohjantähti on metsästäjä joka koettaa kaataa tämän hirven. Jenisein-ostjakit näkevät Otavassa sekä hirven että metsämiehen. Burjatit, taaleetit, mongolit ym. kertovat niin ikään taivaankannella tapahtuvasta hirvenajosta.⁵

On aivan ilmeistä, että lappalaisten ja siperialaisten taivaallisesta hirvestä ja sen ajosta kertovat tarut ovat geneettisessä yhteydessä keskenään; mutta vertauskohdat eivät rajoitu tähän. Jo muinaisintialaisessa kirjallisuudessa kerrotaan sama tarina, siinä vain hirvenä on gaselli tai antilooppi⁶, eikä sen ajajalla tietenkään ole suksia — miljöö muuttaa kansanperinteen mukaisekseen —, ja siihen on myös yhdistettävissä Euroopassa antiikin ajoilta nykypäiviin saakka yleisenä tavattava tarinatyyppejä metsästäjän takaa-ajamista saksanhirvestä.⁷ Meikäläiseltä kannalta on mielenkiintoisinta, että sama tarina-aihe näyttää kuvastuvan myös eräas-

¹ SKS Utsjoki. Samuli Paulaharju 23 624. 1925.

² J. A. FRIIS, Lappisk Mythologi, Eventyr og Folkesagn. Christiania 1871, ss. 169—170.

³ K. F. KARJALAINEN, Jugralaisten uskonto. Suomensuvun uskonnot III. Porvoo 1918, ss. 395—396.

⁴ UNO HARVA, Altain suvun uskonto. Porvoo 1933, s. 139.

⁵ UNO HARVA, mt., ss. 133—134.

⁶ ANGELO DE GUBERNATIS, Die Thiere in der indogermanischen Mythologie. Leipzig 1874, ss. 330—332.

⁷ Esim. Handwörterbuch des deutschen Aberglaubens II s.v. Elend, Elentier, Elch; IV s.v. Hirsch.

sä muinaisrunossamme, Hiiden hirven hiihdännässä, jossa sankari sukset valmistetaan »tuosta kerran potkoakse silmän siintämättömähän, toisen kerran potkoakse korvan kuulemattomahan, kolmannen kohenteleikse lautasille Hiien hirven.» Hirvi kuitenkin pääsee häneltä pakenemaan, ilmeisesti taivaankannelle.¹

Tämä johtaa minut lopuksi koskettelemaan juuri eräitä kalevalaisen muinaisrunouden astraalimyytillisiä tulkintoja.

Kansanrunoudentutkimuksessa tai pikemminkin mytologian tutkimuksessa, koska kansanrunoudentutkimusta itsenäisenä tieteenä nykyaikaisessa mielessä ei vielä ollut olemassa, vallitsi 1800-luvun puolivälissä ja loppupuolella miltei yksinomaisesti ns. luonnontarullista tulkintatapaa edustava koulukunta, jolle oli ominaista että se kaikissa kansanrunoudentuotteissa: saduissa, tarinoissa, runoissa, näki myyttejä, jumalaistaruja, ja että se selitti ne järjestään eräänlaisiksi luonnonilmiöiden vertauskuvallisiksi esityksiksi. Varsinkin kaikki säännöllisesti toistuvat luonnonilmiöt, sellaiset kuin yön ja päivän tai kesän ja talven vaihtelu, Kuun kasvamisen ja vähenemisen sekä muut taivaankannen tapahtumat kuvastuivat tämän koulukunnan mielestä sen mytologiaksi käsittämässä kansanrunoudessa. Tulkinnoissaan nämä tutkijat, joita Suomessa edustivat ennen muita JULIUS KROHN ja OTTO DONNER, päätyivät usein mitä mielikuvituksellisimpiin ja hypoteettisimpiin tuloksiin. Annetut selitykset olivat erittäin usein juuri astraalimyytillisiä. Keskenään ristiriitaisiakin tulkintoja syntyi, sillä sama satu, tarina, runo voitiin selittää yhtä hyvin aurinkomyytiksi, kuumyytiksi, tähtimyytiksi, sademyytiksi, kesä- ja talvimyytiksi, yö- ja päivämyytiksi, kulttuurimyytiksi jne. sen mukaan, mikä oli kunkin selittäjän mieliajatus.

Tällainen menettelytapa herätti luonnollisesti vastavaikutusta, ja niinkuin usein käy, nytkin mentiin päinvastaisissa tulkinnoissa monesti liian pitkälle, ja valtaan pääsi meilläkin kauan yksinomaista vallinnut historiallinen koulukunta, joka piti kaikkia kansanrunoudentuotteita, ennen muuta muinaisrunojamme, tiettyjä historiallisia tapahtumia, oloja ja henkilöitä kuvailevina eikä myöntänyt myytillisille selitystavoille minkäänlaista oikeutusta.

Viime aikoina on jälleen todettu tämänkin koulukunnan yksipuolisuus, ja tutkimus, joka pohjautuu entistä laajempaan kulttuurihistoriallisten, perinnemaantieteellisten ja kansanpsykologisten tosiseikkojen huomioon ottamiseen, oivaltaa, että se uusi astraalimyytillinen suunta, jota edustaa esim. saksalainen ALFRED JEREMIAS² ja jonka tärkeimpiä vertailukohtia ja todistuskappaleita ovat muinais-itämaiset, babylonialaiset, assyrialaiset ja egyptiläiset tähtitarut ja tähtiuskomukset, monessa suhteessa on oikeilla jäljillä. Suomalaisten muinaisrunojen tutkimukseen tämä koulukunta on vaikuttanut ennen muita E. N. SETÄLÄN ja myöhemmin Y. H. TOIVOSSEN välityksellä.

Puhumatta nyt tässä yhteydessä Luomisarunosta, jonka yhteys ikivanhojen kosmogonisten ja astraalimyytillisten maailmansyntytarustojen kanssa on ilmeinen, voidaan ennen muuta kiinnittää huomiota arvoitukselliseen samporunostoon,

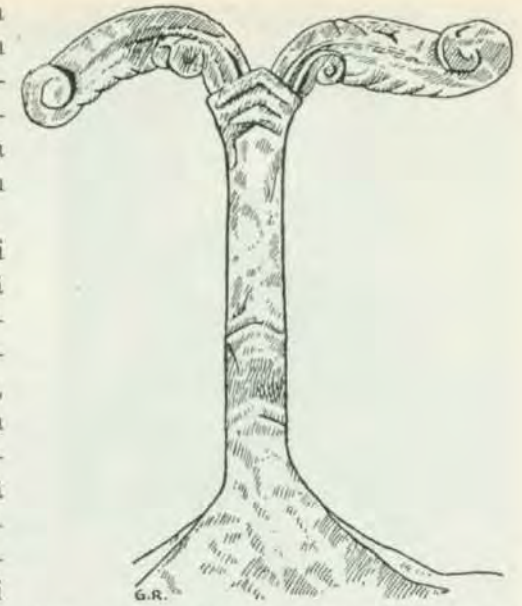
¹ JOUKO HAUTALA, Hiiden hirven hiihdäntä. Helsinki 1947, ss. 213—232.

² Esim. Handbuch der altorientalischen Geisteskultur. Leipzig 1913.

tarinaan ihmeellisestä sammosta, jonka takoo sama mies, Ilmarinen, joka on taivaan kannenkin takonut, joka joutuu Pohjolaan ja joka yritetään ryöstää sieltä takaisin mutta joka matkalla hajoaa, niin että Pohjolaan jäävät vain sen kirjokansi ja ripa.

Sen jälkeen kuin KAARLE KROHN oli lähtien sampo-sanana merkityksestä 'patsas, pylväs' selittänyt sen pakanallisten suomalaisten kristitystä Gotlanista ryöstämäksi pyhimyksenkuvaksi¹, UNO HARVA esitti sille niin ikään 'patsas' merkityksestä lähtevän selityksen. Hänen tulkintansa lähti siitä eri puolilla maailmaa tunnetusta käsityksestä, josta Suomessakin on runsaasti kaikuja, että taivaankansi pyörii valtavan maailmanpatsaan, maailmanpylvään, varassa. Tämän pylvään huippuna on Pohjantähti, jonka ympäri taivas kiertyy. Väitteensä tueksi HARVA esitti tavattoman laajan vertailuaineiston, josta mainittakoon mm., että sekä muinaisilla germaaneilla että lappalaisilla on ollut tapana tehdä patsaasta palvontakuviakin, joiden nimenä on ollut irminsül, maylmen stytto, veralden tšuold (nämä nimet merkitsevät juuri maailmanpatsasta), että sen huipuksi todella on ollut tapana kuvitella Pohjantähteä, ja että Pohjantähdellä on ollut sellaisia nimiäkin kuin Pohjannaula ja Naulatähti. HARVAN selitys itse runon kohdalta ei kuitenkaan ollut astraalimyytillinen, vaan hän käsitti siinä kerrottavan juuri tuolloisesta maailmanpatsaan käsin tehdystä kuvasta ja sen ryöstämisestä.²

E. N. SETÄLÄN selitys, joka rakentui HARVAN esittämille tosiasioille, meni sen sijaan johtopäätöksissä loppuun asti. Sampo on itse tuo patsas tai pikemminkin sen päässä oleva naula, Pohjantähti. Sammon taonta on esitetty ansiotyönä ihanan Pohjan neidon eli päivän kajon puoliseksi saamiseksi; ansiotyönä, jonka ilman jumala Ilmarinen suorittaa voittaen kilpailevan veden jumalan Väinämöisen. Säkeet »saatko sampoa takoa, kirjokantta kirjoitella» kuuluisivat nykykielelle muutettuina: »osaatko takoa maailmaa kannattavan patsaan, Pohjantähden, osaatko tähdittää taivaan». Runoelman pohjana on se tieteellis-myytillinen aja-



Kuva 4. Irminsül-maailmanpatsas Externsteiniin, Teutoburgissa. O. S. REUTERIN teoksesta *Germanische Himmelskunde*.

¹ KAARLE KROHN, Kalevalankysymyksiä II. Suomalais-ugrilaisen Seuran Aikakauskirja XXXVI. Helsinki 1918, ss. 208—210; Kalevalastudien IV. Folklore Fellows Communications 72. Hamina 1927, ss. 52—74.

² UNO HOLMBERG (HARVA), Lisiä Sammon selityksiin. Virittäjä 1918, s. 136; Sammon ryöstö. Helsinki 1943.



Kuva 5. Imarinen takoo tähtiä taivaan kannelle. Virolaisen taiteilija A. PROMETIN kuvitusta Kalevipoeg-runoelmaan.

tus, että maailmaa kannattavana keskuksena on taivaanlaella kiinteästi paikallaan pysyvä Pohjantähti, jota on nimetty sampaaksi eli deminutiivimuodolla sammoksi. Runoilija lähtee siitä, että oli aika, jolloin maailmalla ei vielä ollut tällaista kannattavaa tukea, ja että Pohjolan valtijat tämän aikaansaamiseksi lupasi palkinnon.¹

Toinen muinaisruno, joka niin ikään on saanut mielenkiintoisen astraalimyytillisen selityksen, on runo Isosta tammesta, puusta, joka oli niin kookas, että se pidatti pilvet juoksemasta ja esti päivän paistamista. Sysäyksen tämänkin runon nyt kysymyksessä olevan laatukselle tulkinnalle on antanut UNO HARVA, joka on esittänyt ajatuksen, että Iso tammi alun perin olisi tarkoittanut Linnunrataa. Että Iso tammi on ollut kosmellinen puu, ilmenee jo siitä, että se kasvaa taivaaseen asti ehkäisten tähtien kulkua. Sen oksat hohtavat kuin hopea, lehdet

paistavat kuin kulta. Myytin mukaan se makaa kaadettuna, ja HARVA onkin arvelut, että juuri tämä asento on antanut aiheen sen kaatamismyyttiin. Luonnonihmisen silmien edessä on luonnonmyytin syntyessä tavallisesti jokin ilmiö. Isosta tammesta sanottiin, että se kaadettiin »latvoin suurehen suvehen, tyven puolin pohjasehen»; siis talvisen Linnunradan suunta, jonka tyvi talvi-illoin, eli silloin kun se selvimmin näkyy, on pohjoisessa, mutta latva etelässä. Varmaan juuri huomio, että Linnunradan toinen pää on yhtenäinen, kun taas toinen haarautuu, on antanut aiheen puhua tuon taivaallisen puun tyvestä ja latvasta, päättelee HARVA. Tarun synnyn alkusysäyksenä on hänen mukaansa siis ollut itse luonnonilmiön herättämä mielikuva, taivaalla nähty suunnattoman suuri puunrunko. Seuraava askel on ollut puun arvoituksellisen alkuperän selittäminen, ja kanta-muotoon on vähitellen sekaantunut muunlaisista kertomuksista ja saduista saatuja lisäpiirteitä. HARVA huomauttaa myös, että esim. Pohjois-Amerikan luoteisrannikon intiaanit ovat Linnunradassa nähneet mahtavan puunrungon.²

Y. H. TOIVONEN yhtyy tulkinnassaan UNO HARVAN selitykseen. Hän huomauttaa lisäksi, että mikään ei estä tämän selityksen soveltamista myös muiden kansojen tarustoissa tavattaviin vastaavanlaisiin jättiläispuihin — niistä on tietoja

¹ E. N. SETÄLÄ, Sammon arvoitus. Helsinki 1932.

² UNO HOLMBERG (HARVA), Nykyaikainen tutkimus ja kansamme vanhat runot. Aika 1918, ss 26—34; Vintergatan. Budkavlen 1945, ss. 140—147.

mitä runsaimmin kaikilta ajoilta lukuisista maista; yhtäläisyydet meidän Ison tammen runomme kanssa ovat jopa Indokiinaa ja Japania myöten, Kaksoisvirran maista puhumattakaan, hämmästyttävät. TOIVONEN toteaa, että tämä laajalti tunnettu myytti nimenomaan meillä on säilyttänyt useita alkuperäisimpiä piirteitä ja yksityiskohtiaan ja että se varmaan kuuluu kansanrunoutemme vanhimpiin, ikivanhoihin tuotteisiin, samaan myytilliseen ryhmään, johon kuuluvat myös Ison härän runo, Sampo-epos ja Hiiden hirven hiihdäntä. Käsitellessään kysymystä tarun iästä ja alkuperästä TOIVONEN kirjoittaa: »Missä ja milloin sellainen mielikuva on syntynyt, että linnunrata on jättiläiskokoinen puu, ja onko se todella syntynyt vain yhden kerran ja sen jälkeen levinnyt laajalle eri kansojen keskuuteen, vai onko sellai-



Kuva 6. Lappalaisten maailmanpatsas Porsangerin vuonon läheisyydessä olevassa uhripaikassa. KNUD LEEMIN teoksesta *Beskrivelse over Finnmarkens Lagger* v:lta 1767.

seen kuvitelmaan itsenäisesti tultu eri tahoilla, näihin kysymyksiin tuskin koskaan voidaan saada lopullista vastausta. Saatetaan kuitenkin huomauttaa, että erityisen otollisia tällaisen mielikuvan kehkeytymiselle näyttävät olleen eräät muinaisuuden ajanjaksot ja sopivat kalenterivuoden ajankohdat tietyillä maapallon seuduilla. ALFRED JEREMIAS huomauttaa teoksessaan *Handbuch der altorientalischen Geisteskultur*, että jos sijoitetaan tähtikartalle Babylonin horisontti siltä ajalta, jolloin Auringon kevätasema on ollut Kaksosten ja syysasema Jousimiehen tähdistössä, kuten asian laita on ollut pitkiä aikoja suunnilleen v:een 4 000 eKr., niin Linnunrata kevätpäiväntasauksen aikana seisoi pystysuorassa katsojan yläpuolella ikään kuin ihmeellinen tähtiä täyteen ripustettu puu, ja syyspäiväntasauksen aikaan kiersi horisonttia kuin taivaallinen meri. Härän aikakaudella (lähes Hammurabin aikoihin saakka) ei kuva vielä olennaisesti ollut toisenlainen; vanhat esiakkadilaiset sumerit ovat sitä vielä voineet täysin ihailla. Tuntuu houkuttelevalta ajatella, että kuvitelma suuresta maailmanpuusta ja sen kaatamisesta on syntynyt juuri tällaisten kosmisten olosuhteiden vallitessa. Ja tuntuu siltä, että taivaallisen puun alkuperäiseksi kaatajaksi on ollut luonnollista kuvitella taivaan jumala ja että hänen tilalleen sitten niillä seuduilla, missä tämä jättiläispuu on muuntunut taivaan ja maan ääri-



Kuva 7. Tähtihärkä luonnottaret sarvillaan. Antiikkinen kameekuva.

myös kuvastaa viimeksimainittua käsitystä. Samaa tietä vaeltavat vainajien sielut tuonpuoliseen maailmaan; Linnunrata on myös sielujen silta.¹

Astraalimyyttillisiä selityksiä ovat saaneet myös eräät muut runot, mm. Ison härän runo. Tämän jättiläiseläimen, jonka »häntä häilyi Hämeessä, pää keikkui Kemijoella», jonka »päivän lensi pääskylintu härän sarvien väliä, kuukauden orava juoksi häpäältä hännän päähän», on selitetty tarkoittavan joko Otavaa² tai Härän tähtikuviota.³

Sitä uskoa, jonka mukaan ihmisten kohtalot ja heidän toimiensa menestyminen ovat välittömästi sidottuja tähtiin, näitä voidaan etukäteen ennustaa taivaankappaleiden asemaa tarkkailemalla ja niihin vaikuttaa tähtien antamia varoituksia ja kieltoja tai kehoituksia noudattamalla ja joka astrologian nimellä tunnetuna on levinnyt kautta maailman ja kaikkien aikojen, ei meidän varsinainen kansanperinteemme tunne, siitä huolimatta, että jo suomenkielisen kirjallisuuden perustaja MIKAEL AGRICOLA liitti julkaisemaansa kalendariumiin astrologisia ohjeita, ja erilaiset muut kalendariumit ja kansankirjaset, sellaiset kuin Bondepraktikan suomenkielinen vastine »Talonpojan Sää- ja Ilma-Kirja», jotka niin ikään ovat syntyneet astrologian vaikutuksen alaisina, hyvinkin olisivat voineet levittää sitä kansan keskuuteen. Se ei ole ollut meillä perinnäistä, omia olosuhteita ja ajattelutapaa vastaavaa, kansa ei ole tuntenut sitä omakseen eikä siksi ole sitä omaksunut.

Mutta tähtitaivaaseen liittyvä kansanomaisen perimätieto ei silti suinkaan rajoitu vain nyt esiteltäviin asioihin. Kansa on kiinnittänyt huomiota siihen monin muinkin tavoin: runoin, lauluin, vertauksin, sananlaskuin, tarinoin; se on sepittänyt siitä arvoituksia; sen mielikuvitus on todella lentänyt »yli kuun, alitse päivän,

¹ Y. H. TOIVONEN, Ison tammen ongelma. Suomalais-ugrilaisen Seuran Aikakauskirja LIII, 2. Helsinki 1947.

² E. N. SETÄLÄ, Kaukovelähdys. Helsinki 1939, s. 77. — ONNI OKKONEN, Iso härkä. Kalevalaseuran vuosikirja 15, 1935, ss. 175—181.

³ Y. H. TOIVONEN, mt., ss. 33—34.

kasvavaksi, on tullut noiden seutujen pienikokoinen asukas.» Taivaan ja maan äärillä, alkumeren, maailmanvirran reunalla, missä taivaankansi on kovin alhaalla, elävät ihmiset nimittäin luonnollisesti ovat pieniä, että he mahtuisivat olemaan taivaankannen ja maan välisessä matalassa tilassa: tästä on paljon tietoja kansanperinteessä; Suomessa heitä nimitetään lintukotolaisiksi siitä syystä, että muuttolinnut lentävät talvisille olinpaikoilleen taivaan reunan taakse — se kohottautuu hieman päästääkseen linnut alitseen — juuri heidän maansa kautta. Nimitys Linnunrata



Kuva 8. Mithra surmaa Otavan härän. Oberfeldin Mithra-reliefi.

otavaisen olkapäitse», niin kuin muinaisruno sanoo. Tuosta viimeksi mainitusta kansanperinteemme erikoislaatuisimmasta ryhmästä voimme muistaa vaikkapa runon taivaankappaleiden kosinnasta, jossa Aurinko, Kuu ja Tähti vuoroon pyytävät suloista Salme-neitoa puolisosukseen, runon Päivän ryöstämisestä ja kätkemisestä Pohjolan kivimäkeen sekä sen vapauttamisesta, runon Marjatasta, joka etsii poikaansa ja kyselee hänen olinpaikkaansa vastaan tulevalta Tähdeltä, Kuulta ja Auringolta, tai vielä runon Tapanista, Ruotuksen tallirengistä, jolle lähteestä kuvastuva tähti tuo viestin uuden ruhtinaan syntymästä — kaksi viimeksimainittua kristillisiä legenda-aiheita Suomessa suomalaiseseen miljööseen sovittaen uudelleen runoiltuina. Esimerkkejä riittäisi vaikka miten paljon; toivon kuitenkin, että jo ne, mitkä olen voinut esittää, ovat riittäneet antamaan jonkinlaisen yleiskuvan siitä, mitä kansa on tiennyt taivaankannen ilmiöistä, mitä se on niistä kuvitellut ja uskonut, miten se on niitä selittänyt, ja mitä se on niistä runoilut. Omasta puolestani pitäisin tähtitaivaaseen liittyvän kansanperinteen tarkastelussa, niin kuin kaikkien muidenkin henkisen kansankulttuurin ilmiöryhmien tutkimisessa, mielenkiintoisimpina niitä kauas ulottuvia kulttuurihistoriallisia näköaloja, joita se on omiaan avaamaan, ja myös niitä näköaloja ihmisen psyykeen, joita se tarjoaa.

Pleionen tarina

Pleione on eräs Plejaadien avoimen tähtijoukon tähdistä. Sen kirjosta voidaan päätellä, että tuossa tähdessä on tapahtunut muutoksia, jotka ovat melko harvinaisia kiintotähdissä.

Ensi kerran huomattiin joulukuussa v. 1888 sen kirjossa kirkas vetyviiva. Se pysyi siinä 17 vuotta, kunnes heikkeni ja katosi v. 1905. Tuo emissioviiva ilmestyi näkyviin uudelleen v. 1938 vahvistuen jatkuvasti vuoteen 1946 saakka. Vuoteen 1950 mennessä tuo viiva oli jälleen kadonnut.

Tarkempi tutkimus osoitti, että tähden kirjossa vedyn tumma imeytymisviiva oli paikoillaan, mutta sen molempiin laitoihin ilmestyi kirkas reunus, joka merkitsi siis sekä muutaman kilometrin pakonopeutta että lähestymisnopeutta itse tähteen verrattuna. Samanlaista ilmiötä esiintyi myöskin muissa kirjoviivoissa.

Ilmiö selitetään Pleionessa tapahtuneitten purkausten aiheuttamaksi. Tähten pinnasta purkautuu ainetta, joka muodostaa kuoren tähden ympärille. Kuori hajaantuu jatkuvasti ja uutta ainetta tulee tähdestä siihen. Ilmiö on siis muuten sama kuin uuden tähden ollessa kysymyksessä, mutta viimeksimainitussa purkaus on räjähdysmäinen, kun sen sijaan Pleionen tapauksessa aine virtaa vain muutaman kilometrin sekuntinopeudella.

Nykyään Pleione on siis taas tavallinen »kuoreton» tähti.



Taivaannavan ympäristö. Valotusaika 20 min.

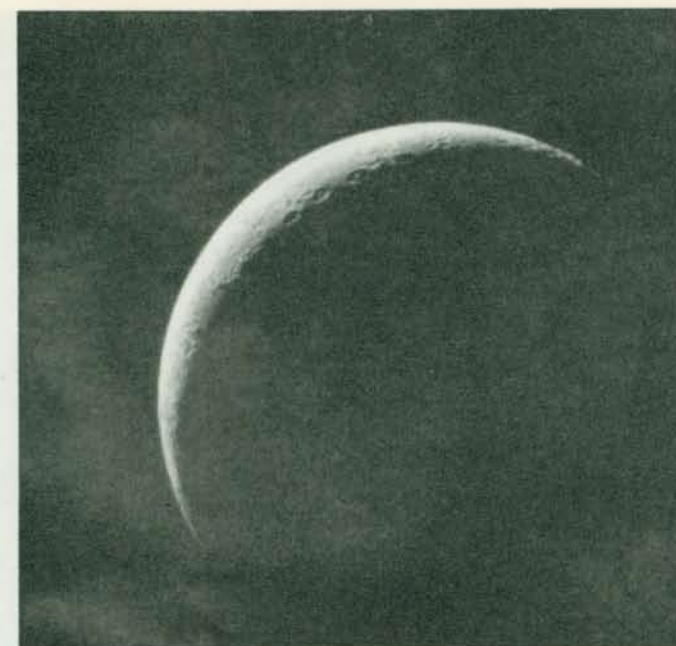


Kuva 1. Seulaset. Valotusaika 4 min.



Kuva 2. Orionin sumu. Valotusaika 20 min.

Kuva 1. Kuun sirppi 3 p:n vanhana. Valotusaika $\frac{1}{25}$ sek.



Kuva 2. Mare Serenitates ympäristöineen. Valotusaika $\frac{1}{5}$ sek.



Kuva 1. Venus. Valotusaika $\frac{1}{60}$ sek.



Kuva 2. Kuun viimeinen neljännes. Valotusaika $\frac{1}{26}$ sek.

TÄHTIVALOKUVAUSTA HARRASTAMAAN

Kirj. MATTI NURMIA

Tähtivalokuvaus on ala, joka meidänkin sääsuhteiltaan epäedullisessa maassamme tarjoaa harrastajalleen paljon. Kiintotähtitaivas sumuineen, tähtijoukkoineen ja linnunratoineen, Aurinko, Kuu ja planeetat tarjoavat laajan valikoiman, josta jokainen voi löytää käytettävissään oleville välineille sopivia kohteita. Pyrstötähden tai novan ilmestyessä voi harrastajan työllä olla tieteellistäkin merkitystä, sillä »kamera ei valehtele», ja vaatimaton valokuva on usein arvokkaampi kuin paraskin piirros.

Helpointa ja välineiden suhteen vähiten vaativaa on tähdistöjen valokuvaus, jota varten kamera kiinnitetään tällöin ohjausputkena käytettävän kaukoputken kylkeen tai vastapainoon. Hienoliikuntalaite helpottaa tietysti ohjaustähden seuraamista, mutta lyhytpolttovalaisia pienoiskameroita käytettäessä tullaan ilmanakin toimeen. Kameran polttovälin ollessa esim. 50 mm siirtyvät ekvaattori-seudun tähtien kuvat filmillä 0.2 mm minuutissa, jos laite on paikallaan. Tässä tapauksessa siis riittää, jos kaukoputkea liikautetaan pari kertaa minuutissa. Suuren valovoimansa ja laajan kuvakulmansa ansiosta pienoiskamerat sopivat erinomaisesti laajojen kohteiden, kuten tähtikuvioiden tai Linnunradan kuvaamiseen.

Jotta kuviin saataisiin mahdollisimman paljon tähtiä, on syytä käyttää herkinpiä saatavissa olevia filmejä tai levyjä ja tehokkaita herkistys- ja kehitysmenetelmiä, joita selostetaan alan kirjallisuudessa. Likimääräisenä sääntönä voidaan pitää, että n. 4 minuutin valotuksella saadaan mukaan kaikki tähdet, jotka näkyisivät kameran objektiivin läpimittaisella kaukoputkella, ja että valotusajan kaksinkertaistaminen tuo kuvaan aina yhden suuruusluokan lisää.

Taulussa XIII on taivaan pohjoisnavan ympäristö kuvattuna liikkumattomalla pienoiskameralla valotusajan ollessa 20 minuuttia. Tähtien piirtämät viivat antavat havainnollisen kuvan niiden vuorokautisesta liikkeestä.

Taulun XIV kuvat on otettu 7 cm aukkoisella ja 25 cm polttovälisellä pienoiskameran kauko-objektiivilla. Edellinen esittää Seulasia ja jälkimmäinen Orionin sumua ympäristöineen valotusaikojen ollessa 4 ja 20 minuuttia. Tällainen kauko-objektiivi on erinomainen tähtivalokuvauksineen, mutta sen pitkä polttoväli vaatii ohjausputken tukevan jalustan ja hienoliikuntalaitteen.

Kuu on mielestäni kunnollisen kaukoputken omaavan harrastajan kiintoisin kuvauksen kohde. Sitä valokuvattaessa kiinnitetään kamera, josta objektiivi on pois-

8 a — Tähtitiedettä harrastajille

tettu, suoraan kaukoputken okulaarin tilalle. Kuun kirkkaudesta johtuu — sehän on lähinnä »aurinkoinen maisema» jos käytetään valotustaulukkoa! — että valotukset jäävät hienorakeistakin ja siis epäherkkää filmiä käyttäen lyhyiksi, $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{100}$ sekuntiin. Tästä on se etu, että kaukoputkea ei tarvitse kiertää vuorokautisen liikkeen mukaan, eikä jalustan tärinästäkään ole suurta haittaa.

Kuun kuvauksen vaikein pulma on tarkentaminen. Jos käytettävissä on sellainen pienoiskamera, jossa tarkennus tapahtuu sulkiijan edessä olevan peilin avulla, ei mitään lisätoimenpiteitä tarvita. Muuten on polttopisteen likimääräinen paikka määrättävä himmeälasin avulla ja suoritettava sitten kuvaussarja (ks. *Tähtitieteen harrastajan kirja*, ss. 118—119). On huomattava, että jos kaukoputken valovoima on esim. 1 : 10, niin jo yhden millimetrin tarkennusvirhe muuttaa jokaisen kuvan pisteen 0.1 millimetrin suuruiseksi ekstrasfokaaliympyräksi, mikä näkyy epätarkkuutena kuvaa suurennettaessa.

Jos okulaari jätetään putkeen ja kamera kiinnitetään 3—6-kertaisen okulaarin polttovälin päähän sen taakse, saadaan kuva suuremmaksi. Tämä ns. okulaarisuurenus pienentää kaukoputken efektiivistä valovoimaa joten tarkennus tulee vähemmän kriittiseksi valotusajan samalla kasvaessa.

Visuaaliset linssikaukoputket rakennetaan akromaattisiksi silmään voimakaimmin vaikuttavien keltaisten ja vihreitten säteitten suhteen, mutta mentäessä pitemmälle varsinkin violettiin päin niiden polttovälin muutos eli värivirhe kasvaa nopeasti. Koska nykyaikaisen valokuvausmateriaalin herkkyysalue on hyvin laaja, ulottuen kaukaa ultravioletista punaiseen, ei määrätyn »valokuvauksellisen polttopisteen» löytäminen ole mahdollista, joten herkkyysaluetta on suotimilla rajoitettava. Valokuvausliikkeissä on runsas valikoima suotimia, joista keskivahva keltainen lienee yleensä paras. Kaukoputken objektiivista riippuen on joskus syytä käyttää lisäksi ultravioletti- tai vihreäsuodatinta.

Peilikaukoputken omistaja on näistä pulmista vapaa, paitsi okulaarisuurenusta käyttäessään, jolloin ultraviolettisuodin saattaa olla tarpeen. Muutenkin on reflektori erittäin sopiva valokuvauspuuhiin, sillä erotuskyky jää tällöin useista syistä joka tapauksessa heikommaksi kuin silmähavainnoilla, eikä kotitekoisen peilin virheistä siis ole haittaa.

Taulun XV kuvassa 1 on Kuu noin kolmen vuorokauden »ikäisenä» kuvattuna Ursan isolla linssikaukoputkella (aukko 13.5 cm, polttoväli 2 m) käyttäen keltasuodinta, valotusajan ollessa $\frac{1}{25}$ sek. Aivan valorajalla näkyvät suuret kraatterit Furnerius, Petavius, Vendelinus ja Langrenus, joita ei niiden suuruudesta huolimatta ole myöhemmissä vaiheissa helppo erottaa.

Esimerkkinä okulaarisuurenuksesta on kuva 2 taulussa XV (kuten edellä, mutta valotus $\frac{1}{5}$ sek.). Siinä näkyy Mare Serenitatis ympäristöineen ensimmäisen neljänneksen aikana. Kuvan yläreunassa olevan Haemus-vuoriston ja »meren» poikki alas vasemmalle kulkee vaalea juova, jota pidetään Kuun eteläosaan pudonneesta meteorista singonneiden osien jälkenä. Suurimman kraatterin, Aristoteleen, oikealla puolella näkyy hämärästä Alppien laakso, joka niin

ikään lienee loivasti pintaan osuneen meteorin jälki. Kuun viimeistä neljänneistä esittää kuva 2 taulussa XVI (valokuvattu kuten kuva XV, 1).

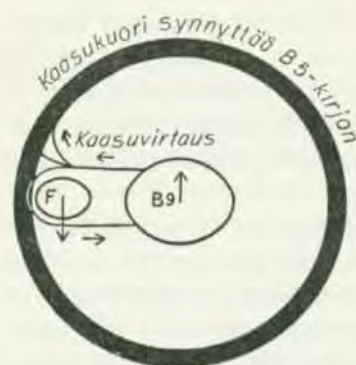
Sen yläosassa näkyy pienehkö, terävä kraatteri Tycho, jota pidetään kuvassa XV, 2 näkyvän »pölyjuovan» lähtökohtana. Siitä oikealle alas lähtee toinen juova, joka häviää Oceanus Procellarumin tummiin alankoihin. Alhaalla taas on pyöreä, vuorten reunustama Mare Imbrium, joka erään teorian mukaan on aikoinaan ollut Kuuhun törmänneen pikkuplaneetan synnyttämä jättiläiskraatteri. Törmäyskohta olisi puoliympyrän muotoinen Sinus Iridum »meren» pohjoisrannalla, ja sitä vastapäätä oleva Apenniinien vuoristo muodostaisi osan laavan täyttämän valtavan kraatterin reunasta.

Kiertotähtien valokuvaaminen on tehtävä, josta harrastaja ei tietenkään voi odottaa suuria tuloksia. Tarvittava suuri suurennus lisää kaukoputken tärinän ja ilmakehän väräilyyn vaikutusta, joka planeettojen vaatiman pitkäkhön valotusajan takia helposti pilaa kuvat. Helpoin kohde kiertotähdistä on Venus, josta voi sen suuren pintakirkkauden ansiosta saada okulaarisuurenuksella kuvan $\frac{1}{50}$ sekunnin valotuksella (taulu XVI, kuva 1).

Jupiter vaatii samoissa olosuhteissa vähintään kymmenkertaisen valotuksen ja Saturnus vieläkin enemmän, joten näiden planeettojen kuvaaminen on vain tehokkaita välineitä omaavien harrastajien ulottuvilla.

Tähtivalokuvaus on yhdistelmä kahdesta harrastuksesta, ja siksi se vaatii menestyäkseen molempien alojen tuntemista. Tämä ei kuitenkaan saa pelästyttää ketään, sillä on muistettava, että tyvestä puuhun nousemalla ja yhteistyössä muiden saman alan harrastajien kanssa selviävät visaisetkin pulmat, kunnes valvottujen öiden ja monien epäonnistumisten jälkeen syntyy kuva, joka kodin seinällä kertoo voittoon päätyneestä uurastuksesta ja maailmankaikkeuden ihmeistä.

Pimennysmuuttuvista



β Lyrae ympäröivine kaasukehiineen.

Kaksoistähdistä, jotka kiertäessään toisiaan vuorotellen peittyvät meistä nähden toistensa taa, on voitu saada paljon arvokkaita tietoja tähtien fysikaalisista olosuhteista.

Tyypillisimpänä pimennysmuuttuvana esitetään tavallisesti Algol, jonka valokäyrässä on kiertojakson kuluessa kaksi minimiä: syvä pääminimi ja matala sivuminimi.

Algolin valokäyrässä on selvät taitekohdat aina niissä kohdin, missä toinen tähti alkaa joutua toisen taa tai on päässyt täysin toisen taa tai eteen, mutta β Lyrae-tyyppisissä pimennysmuuttuvien valokäyrässä, joiden muuttuvien jakso on aina erittäin lyhyt, ei ole mitään kulmia, vaan valovoiman muutos tapahtuu aivan jatkuvasti.

Tämä selittyy siten, että nuo muuttujat ovat niin lähellä toisiaan, että ovat keskinäisen vetovoimavaikutuksensa vuoksi munanmuotoisia. Silloin kun molemmat ovat sivuttain, on valovoima suurimmillaan. Sitten se alkaa vähetä, meihin päin kääntyneen pinnan pienetessä, vaikk'eivät tähdet vielä peitäkään toisiaan, ja saavuttaa pienimmän arvonsa, kun tähdet ovat peräkkäin meistä katsoen kapea puoli meihin päin.

Nimenomaan tälle kaksoistähtityypille nimensä antaneesta β Lyrae-tähdestä on saatu selville mielenkiintoisia seikkoja. Tuon tähtiparin toisesta tähdestä virtaa jatkuvasti kaasua, josta osa putoaa tähden takaisin, mutta osa muodostaa ohuen kaasukuoren koko tähtiparin ympärille, josta se jatkuvasti haihtuu avaruuteen. Kuori ei siis jatkuvasti paksune.

Eräs kiintoisa kirjo-opillinen kaksoistähti ja pimennysmuuttuva on 32 Cygni. Sen jakso on pitkä, yli kolme vuotta, tarkemmin sanottuna 1 141 vuorokautta. Toinen komponenteista on punainen ylijättiläinen, jota ympäröi laaja läpinäkyvä kaasukehä, ja toinen A-kirjoluokan tavallinen tähti. Jättiläistähti on 2 suuruusluokkaa kirkkaampi A-tähteä.

Pimennystapahtuma, jollainen sattui vuoden 1949 lopulla ja vuoden 1953 alussa, tapahtuu seuraavaan tapaan. Kun A-tähti alkaa mennä K-tähden taa, alkaa se hyvin hitaasti himmetä, ja näkyy jatkuvasti himmeten kuutisen viikkoa K-tähden kaasukehän läpi ennen kuin lopullisesti häviää kuukaudeksi tähden taa. Sen jälkeen seuraa tietenkin kuuden viikon esilletulo.

K-tähden halkaisija on n. 400 Auringon halkaisijaa ja kaasukehä ulottuu säteen verran tähden pinnan ulkopuolelle. Jos tuo K-tähti olisi Aurinkomme paikalla, ulottuisi tähden pinta Marsin radan ulkopuolelle saakka ja kaasukehä lähelle Jupiterin rataa.

KAUKOPUTKEN-PEILIN VALMISTAMISESTA

Kirj. J. M. HEIKINHEIMO

On oikeastaan makuasia valitaanko peilin läpimitaksi 12 vaiko 15 cm. Valitsin 15 cm koon siksi, että pidän sitä vasta-alkajalle sopivimpana.

Lasin paksuus on ratkaisevan tärkeä. Jos peili on ohuempi kuin $1/10$ läpimitastaan on se taipuisuutensa vuoksi sekä äärimmäisen vaikea hioa että hankala asentaa. Useimmat ulkomaiset harrastajain kirjat pitävät $1/10$ läpimitasta kaikkein alimpana rajana, eräät jopa $1/8$, ja suosittelevat peilille paksuutta aina $1/6$ läpimitasta. Ei siis missään tapauksessa alle 15 mm jos läpimita on 15 cm. — Nyt luultavasti joku arvelee, ettei se niin tarkkaa liene, ja ottaa ohuemman lasin. Niin minäkin tein, koska »suomalainen ei usko ennen kuin koettaa», ja hioin kokonaista kuusi alipaksuista peiliä, läpimitat 12—25 cm ja paksuudet 5—10 mm. Epäonnistuminen oli niin täydellinen kuin kuvitella saattaa. Sen jälkeen en ole ryhtynyt peilintekoon ellei lasin paksuus ole täyttänyt minimivaatimusta.

Harrastelijalle suositellaan usein aukkosuhdetta $F/10$ tai $F/8$, jota jälkimmäistä mieluummin suosittaisin, koska sen mittaus ja korjaukset ovat aloittelijalle havainnollisemmat ja siis helpommat. Sen, joka aikoo ryhtyä peilintekoon, on ensin tutustuttava PESOSEN artikkeliin *Tähtitieteen harrastajan kirjassa* (seuraavassa lyhennetty: THK), jossa liioitta yksityiskohditta on erittäin hyvä yleiskatsaus työn pääpiirteisiin. Vaikka seuraava esitys tuleekin monesti toistamaan mainitun artikkelin esittämiä asioita, edellytetään silti tutustuminen PESOSEN ohjeisiin.

Sovimme nyt siitä, että peilimme läpimita on 15 cm ja aiottu polttoväli 120 cm eli $F/8$, ja hankimme seuraavat tarvikkeet:

1. Kaksi lasiekikkaa 15 cm, paksuus vähintään 15 mm, mieluummin 20 mm tai yli.
 2. Hyvää suutarinpikettä (Merikosken) pari pakkausta ja kourallinen puhtaanäköistä hartsia.
 3. Carborundum-jauhetta n:o 60 noin $1/2$ kg ja n:o 120 n. 200 g.
- Näitä, samoin kuin lasia, saa esim. rautakaupoista.

Karkea hionta. Valitsemme kahdesta lasiekikostamme paremman. Sen peilipinnaksi aiotun puolen on oltava mahdollisimman pyöreä, reunassa n. 1 mm leveä n. 45 asteen hionta. Mitkään lovet eivät tässä viistoreunassa tai sen lähellä ole suotavia. Neljästä valittavissa olevasta pinnasta otamme siis siisti-

reunaisimman. Sen takapinnalle kiinnitämme kädensijan. Itse olen usein käyttänyt isoa karhulankarullaa, jonka läpi on kiristetty ahdas pultti pitämään kiinni pyöreää 5 cm:n läpimittaista vaneerikiekkoa rullan toisessa päässä.

Peililevyn takapinnan keskus on hyvä n. 5 cm läpimittaiselta alueelta hangata raa'alla tärpätillä ja kuivata vaikkapa paperinenälinalla. Peltitölkissä sulatetaan parin peukalonpään kokoinen pala suutarinpikeä (tulenvaara!) ja sivellään ohuelti kädensijan alapinnalle, jota hiilistön yläpuolella hieman paahdetaan, jotta piki tunkeutuisi puuhun ja saisi siten lujan »jalansijan». Peililevyn takapinnan keskelle tipautetaan n. 2—3 cm läpimittainen pikilammikko ja kädensija painetaan lujasti paikoilleen sekä keskistetään tarkoin keskelle peiliä. Saa jäähtyä hioma-
paikkamme lämmössä ainakin tunnin vaakasuorassa asennossa.

Toista levyä varten tarvitaan järkkymätön alusta, jona usein on käytetty vankkaa tynnyriä sopivasti painotettuna (ks. THK). Hyvän hiomajalustan voi myös tehdä kolmijalkana esim. kolmesta vahvasta parrunpätkästä tai metrisistä haloista oman suunnitelman mukaan. Naulattava kiinni lattiaan! Jalustan pöytälevy on hyvä tehdä ainakin kahdesta ristikkäin naulatusta lautakerroksesta, joko pyöreä tai nelikulmainen, 30—40 cm läpimitaltaan. Sen on mainittavasti myötäämättä kestävä hiontamestarin paino millä kulmallaan tahansa. Pöytälevylle kaadetaan pikeä 12—13 cm läpimittainen rengas ja tärpätillä puhdistettu ja kuivattu toinen lasikiekkomme painetaan siihen lujasti. Ulospursunut piki on parasta jättää paikoilleen. Tämä toinen levy saisi mielellään olla vaakasuorassa asennossa, ei ainakaan kovin vinossa. Kun nyt molemmat levymme ovat pari tuntia jäähtyneet, voimme alkaa hionnan.

Peilinhiontaan soveltuu parhaiten tasalämpöinen, kosteahko huone. Tyhjä kellari on sopiva kesäaikaan, jolloin keskuslämmitystä ei käytetä. Samoin varjonpuoleinen huone lämmittämättömässä ulkorakennuksessa. Talvisaikaan on kellarin tms. lämpötilaa tarkasteltava pitemmän aikaa ja valittava hiomatyölle ne ajat, jolloin lämpö on useita tunteja muuttumaton. Karkean hionnan voi kyllä tehdä vaikka helteisellä pihalla tuulen puhallellessa, mutta silityshionta ja varsinkin kiilloitus vaativat tasaisen lämmön, olkoonpa lämpötila mikä hyvänsä. Suomalainen ei usko jne., joten on hyvä tunnustaa, etten uskonut tätäkään seikkaa. Sijoitin hiomapöytäni pannuhuoneeseen kuuman uunin ja rikkonaisen ikkunan väliin kerran helmikuulla, kokeeksi. Veto oli ankara, ja kamala siinä tehty peilikin! Se oli kuin lammikko, jonka keskelle on heitetty iso kivi. — Siis: tasainen lämpö alusta alkaen!

Ja nyt otamme teelusikallisen n:o 60 carborundumia ja siroitamme sen kuin sokeria tasaisesti pöydässä kiinni olevalle lasille. Tartumme peililevyn kädensijaan, kastelemme levyn alapinnan vesiastiassa ja asetamme sen nopeasti toisen levyn päälle. Ylempi levy on nyt peili, alempi hioma-alusta (ks. THK), kuten niitä tästä lähtien nimitämme. Alamme nyt hioa peilintekijän kolminkertaisella liikkeellä, jossa peili

1. kulkee suoraviivaisesti alustan yli niin, että peilin keskipiste kulkee keski-
sesti alustan reunalta toiselle ja takaisin,

2. samalla peili kiertyy joka työnnöllä hieman akselinsa ympäri ja
3. peilintekijä kiertyy hitaasti astellen alustan ympäri.

— Tämä kuulostaa jo pahalta, mutta ei ole niin vaikeata kuin ensikuulemalta luulisi. Pian se käy aivan itsetiedottomasti. Seuraavassa vähän terminologiaa.

Hiontaliike on (ks. THK) työntö, johon sisältyy sekä työntö että veto, siis yksi edestakainen liike. Työnnöstä puhuessamme sisällytämme siis siihen aina myös vedon, ellei erikseen vetoa mainita. Työnnöistä mainittakoon tärkeimmät:

T ä y s t y ö n t ö: peilin keskipiste kulkee halkaisijan pituisen matkan edestakaisin.

P u o l i t y ö n t ö: peilin keskipiste kulkee säteen pituisen matkan edestakaisin, yhtä paljon alustan keskustan kummallekin puolelle.

N e l j ä n n e s t y ö n t ö: peilin keskipiste kulkee puolen säteen mitan edestakaisin.

— Näiden liikkeiden perusteella on helppo ymmärtää, mitä tarkoitetaan esim. kolmannes- tai kahdeksannestyönnöillä, mikäli sellaisista tulee puhe.

Aluksi tarvitsemme vain täystyönnön. Liikutamme peiliä edestakaisin alustalla painaen sitä voimakkaasti ja sekä työnnön että vedon aikana hieman kiertäen sitä ja samalla itse astellen alustan ympäri niin, että alusta näyttää kiertyvän päinvastaiseen suuntaan kuin peili käsissämme. Tämä kaikki, jotta kulutus jakaantuisi mahdollisimman tasaisesti keskipisteestä ulospäin. Kun jyrsvä ääni vaikenee, kaadamme alustalle tilkan vettä, jonka peilillä tasoitamme, ja sen jälkeen siroitamme alustalle tasaisesti uuden teelusikallisen carborundumia ja jatkamme. Näin aina, kun carborundum levyjen välissä käy miltei äänettömäksi. Hyödyksi on silloin tällöin huuhtoa alusta vapaaksi lasi- ja hioma-
aineen mudasta ennen uuden carborundumlatauksen panoa, mutta välttämättömyyksi se ei ole. Jouduttaa kyllä työtä jonkin verran.

Näin jatkamme, kunnes aiottu polttoväli on suunnilleen saatu. Apuna voi käyttää kaarevuusmalleja (ks. THK). Nyt lyhennämme työnnöt puoleen ja hiomme vielä muutamia latauksia päälle, jotta syveneminen tulisi pallomaiseksi kauttaaltaan eikä ainoastaan keskeltä. Karkea hionta voi viedä 1—4 tuntia, jopa enemmänkin aikaa. Tottunut voi suorittaa sen tunnissa, ehkä vähemmäsäkin, mutta vasta-alkajan on parasta varustautua pitempään työhön. **H i o n n a n n o p e u s e i s a a y l i t t ä ä 6 0 t y ö n t ö ä m i n u u t i s s a,** muuten ei täysi kosketus peilin ja alustan välillä säily!

Peili on (ennen korjauskiilloitusta) osa pallosta, jonka säde on kaksi kertaa peilin polttoväli. Siksi voimmekin kokeilla polttoväliä seuraavasti: peili huuhdotaan aivan puhtaaksi ja tuetaan märkänä esim. seinähyllylle kyljelleen, otetaan kynttilä tai linssitön taskulamppu käteen ja pitäen sitä katsovan silmän vierellä peräännyttään peilin luota niin, että valo koko ajan heijastuu märästä pinnasta. Pian löytyy kohta, josta katsoen peili kokonaan täyttyy valolla. Siinä on pallon keskipiste. Jos mennään edemmäs, alkaa valoalue peilillä pienentyä. Taskulamppua on tällöin hyvä heiluttaa hieman sivuittain. Niin kauan kuin ollaan pallon keskipisteen ts. peilin kaarevuuskeskuksen sisäpuolella, heiluu valo peilissä samaan

suuntaan kuin kädessä, mutta heti kaarevuuskeskuksen ulkopuolella sen heilahdus muuttuu peilissä päinvastaiseksi. Puolet kaarevuusasteisyydestä on polttoväli. Mutkattominta on kuitenkin viedä peili ulos päivänpaisteeseen, kastella se ja kokeilla sen polttoväli vaikka pystyyn asetettuun seipäaseen tai lautaan ja mitata se siitä suoraan. Tarkkaa »kuvaa» ei tietysti vesipeilimme tee. Saamme tyytyä arvioimaan, miltä etäisyydeltä sen tekemä epämääräinen valoläikkä on pienimmillään.

Ensimmäisen polttovälikokeen teemme tunnin hionnan jälkeen. Mikäli se vielä on liian pitkä, jatkamme karkeaa hiontaa edelleen, kunnes aiottu väli on jokseenkin tarkoin saatu. Mieluimmin saa polttoväli tällöin olla parin tuuman verran liian lyhyt, sillä sillä on taipumus hieman pidentyä hioessamme peiliä vielä muutamia latauksin pallomaisemmaksi.

Milloin se sitten on pallomainen? Senkin saamme helposti selville. Hiomme viimeisen karkean carborundumin aivan äännettömäksi ja sen käytyä kuivahokoksi lisäämme muutamia vesitippoja ja hiomme edelleen, nyt n. $\frac{1}{4}$ työnnöin. Kun aineen vetisyys vähenee otamme muutamia hitaita puoli- ja kolmeneljännestyöntöjä. Jos peili niiden aikana alkaa nykiä ja pysähdellä ja imeytyä kiinni alustaan, on vielä lisättävä alustan reunalle n. 5 cm levyinen rengas carborundumia ja hiottava se lyhyin työnnöin aivan äännettömäksi. Tämä poistaa imutaipumuksen, mutta polttoväli pitenee. Tässä syy, miksi ensin on täystyönöillä otettava liian lyhyt polttoväli.

Mainittu imutaipumus on aina olemassa karkean hionnan lähestyessä loppuaan. Miksi? Katselkaamme peiliämme ja alustaa ja pohtikaamme hieman. Asian aihe valkenee pian: peilissä on vain keskustan kuluttava yhtä syväälle kuin alustan koko reuna-alueen, jossa sentään on paljon enemmän ainetta poishiottavaksi.

Ja nyt voimme keskeyttää työmme ja ryhtyä valmistamaan hienompia hioma-aineasteita silyshiontaa varten. Sitä varten otamme talteen kaiken hiomapöydälle kertyneen jätemudan ja toimimme täsmälleen THK:ssa esitettyjen liettämishojien mukaan. Niihin ei tässä ole mitään lisäämistä. Vain se tulkoon mainituksi, että kahta hienointa astetta on mielestäni käytännöllistä säilyttää vähän veden seassa pulloissa.

Silyshionta on THK:ssa niin selkeästi selitetty, etten siihen laajemmin puutu. Vain muutamia täydennyshuomautuksia:

1. Jokaisen silystasteen lopulla tarkasta pintaa heikolla suurennuslasilla nähdäksesi, onko kulutus yhdenmukainen joka kohdassa. Edellisen asteen lovien on hävittävä! Jokaista silystastetta kohti on käytettävä noin 8 latausta. Hyvä on ennen liettämällä saatuihin asteisiin siirtymistä hioa n:o 120 carborundumilla kahdeksan latausta hiljaisiksi. Se lyhentää silystastetta. Sitä käytetään keskimäärin kolmasosatöyönnöin.

2. Aina ennen seuraavaan asteeseen siirtymistä hio viimeinen lataus aivan loppuun lisäämällä muutamia vesipisaroita. Sitten vasta pese ja huuhto kaikki, käytä sormiisi vettä, saippuaa ja kynsiharjaa ja pane seuraava aste käytäntöön.

3. Tarkkaa peilin keskustaa! Hio lyhyin $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ työnnöin, kunnes keskus on yhtä sileä kuin reunatkin. Jos imeytymistä esiintyy, on otetta vieläkin lyhennettävä.

4. Kahteen viimeiseen, hienoimpaan asteeseen voi pullossa ravistaen sekoittaa n. 10 % talkkia. Se suojelee naarmuilta, joskin myös vähän hidastaa silyttymistä.

5. Kolmenkymmenen minuutin carborundumin viimeisen latauksen tultua loppuun hiotuksi lisää jälleen pari vesipisaraa tai — vielä parempi — sylkäise ohuesti niin, että sylki leviää hienona pärskeenä alustalle. Hio hiljakseen tarkaten luistoa, jonka on oltava äänetön ja öljymäinen. Kuplien mahdollisimman tarkkaan ajaututtua pois välistä ota vaihteeksi joku pitempi työntö. Jos se ei aiheuta mainittavia muutoksia luistossa ovat asiat hyvin. Mutta voi yhtä hyvin sattua, että peili pysähtelee ja yhtäkkiä imaisee itsensä kiinni alustaan. Tämä kuitenkin tuskin tapahtuu, jos koko silytys on tehty lyhyin ottein. Mutta jos se tapahtuu, ovat hyvät neuvot heti tarpeen. Tavallisesti peili ei tartu kiinni aivan keskeisesti, vaan alustaa jää näkyviin kuunsirpin muotoinen kapea alue. Tälle alustan osalle kaadetaan nyt runsaasti vettä, ja peilin vastapäisellä reunalla ulostyöntyvän osan alle asetetaan puinen vipu ja puupala, johon nojaten peiliä voidaan kammata ylöspäin. Kampeaminen on suoritettava varovasti, ettei hioma-alusta lohkea irti pöydästä. Pian näkyy miten vesi alkaa sivuilta hiipiä peilin alle ja kohta on peili irti. Vipua on ajoissa löysättävä, ettei peili hyppää lattialle! Imutaipumus on voitettava ennen kiilloitusta. Hiotaan samalla asteella, mutta erittäin lyhyin liikkein. Juuri tätä varten olemme pitäneet keskustaa silmällä, ettei se jäisi irti alustasta.

Yllämainittu koe on viimeinen ennen kiilloitusta. Kaikkien lovien ja naarmujen on oltava siihen mennessä hävinneenä. Muistui vain tässä mieleeni ensimmäinen muotoonsa nähden kutakuinkin onnistunut 76 mm peilini, jonka pinta näytti kissanraapimalta. Silti sillä näki aika paljon. Naarmut sinänsä vähentävät valovoimaa hieman ja lisäävät hajavaloa, puhumattakaan siitä, että ne ovat ruma!

6. Usein neuvotaan 30 minuutin carborundumin jälkeen hiomaan vielä puolikymmentä latausta 30 minuutin smirgelillä. Se kyllä kannattaa. Smirgelin jälki on matala ja kiilloittuu nopeammin pois. Suurimpaan peiliini käytin myös 60 min. smirgeliä. Epäilemättä veisi jokseenkin samaan tulokseen myös 60 min. carborundum + 10—20 % talkkia.

— Loppuarvostelu: Jos 30 min. carborundumin jälkeen pestyämme ja hyvin kuivattuamme peilimme nostamme sen valoisaan ikkunaa kohti, pitäisi sen läpi takaa katsottuna himmeästi näkyä ikkunanpuitteiden ääriiviivat.

Kuta paremmin näkyvät, sitä suurempi syy ryhtyä kiilloitukseen! Sitä ennen pese pöytä runsaalla vedellä ja harjalla, samoin alusta!

Kiilloitus. Peilin nyt tultua kiilloitusvaiheeseen tarvitsemme kaksi apulaista: pikeä ja kiilloituspunaa.

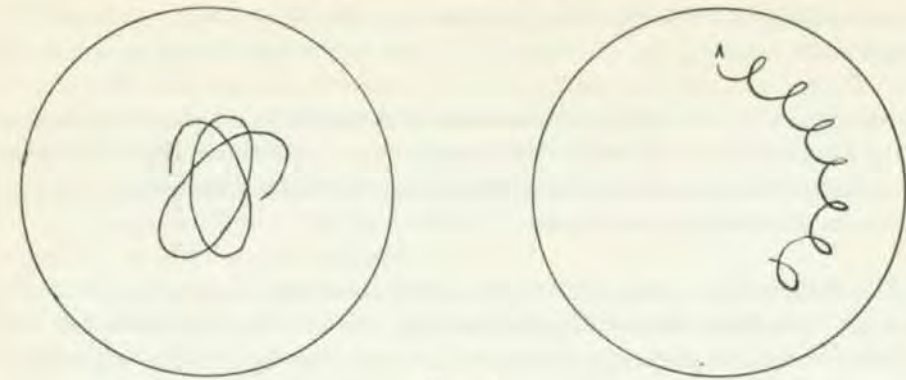
Pikialusta, jolla kiilloitus tapahtuu, valetaan alustalevyn päälle ja painetaan

muotoonsa peilillä. Siksi sulatamme pikeä noin nyrkin kokoisen möhkäleen puhtaassa peltipurkissa hiljaisella tulella. Mikäli sulatus suoritetaan avotulella, esim. saunanpadan alla, on oltava käsillä joku kätevä kansi, jonka voi lyödä päälle jos piki sattuisi syttymään. Kiehumista on koettava välttää, koska piki silloin helposti jää kuplaiseksi. Sekoitetaan puhtaalla puulastalla. Kun piki on sulanut, otetaan siitä kovuusnäyte leveän tikun nenään ja pannaan jäähtymään veteen, jonka lämpötila on melko tarkoin sama kuin hiontapaikkamme. Näytteen jäähtyttyä muutamia minuutteja asetetaan se hiomapöydälle lappeelleen ja pikipintaan lasketaan keskisormen kynsi, jonka kuormituksena on kyynärvarren vapaa paino. Kovuus on suunnilleen sopiva, jos kynsi n. 20 sekunnissa painaa pikeen 2 mm syvyisen loven. Jos lovi sattuisi vaatimaan 30 sekuntia on se vielä hyvin kelvollista, mutta jos mainittu syvyys saavutetaan 5 sekunnissa on piki liian pehmeätä. Siihen on uudelleen tulella pitäen sekoitettava mahdollisimman puhtaita hartsinpaloja, kunnes näyte on kelvollinen. Mikäli työpaikan lämpö on $+ 8^{\circ}$ — $+ 10^{\circ}$, kelpaa Merikosken suutarinpiki sellaisenaan. $+ 15^{\circ}$ lämpö taas vaatii sekaan melko suuren hartsianoksen.

Edellämainitun kynsikokeen mukaan puhutaan viiden sekunnin, kymmenen sekunnin jne. piestä. 5 sek. piki on liian pehmeää ja pyrkii »kääntämään» peilin reunoja. 40 sek. piki taas helposti aiheuttaa ohuita naarmumaisia hankausjälkiä, jotka tavallisesti saa pehmeämmällä piellä häviämään. Päätämme siis käyttää 20 sek. pikeä.

Kun nyt sopiva kovuus on saatu, kaadamme pien alustalle kierukan muotoisesti aloittaen pitkin reunaa ja lopettaen keskelle. Puhtaaksi pestyt kädet saippuoidaan hyvään vaahtoon, oikein märäksi, peili saippuoidaan nopeasti, pyyhkäistään märällä saippuakädellä pehmeää pikipintaakin, sekä painetaan peili keskisesti alustalle. Sitä on koko painamisen ajan hieman liikuteltava ettei tartu kiinni. Kun nopea painamisprosessi näyttää tuoneen jokseenkin tarkan kontaktin peilin ja alustan välille luistatetaan peili sivuttain pois. Nyt valmistetaan nopeasti u r r e r i s t i k k o (ks. THK) esim. veteen kastetulla sileän puulastan särmällä painamalla aina lasiin asti. Lastan särmä saa olla hieman oheneva, reunastaan n. 2 mm paksu. Painanta on suoritettava nopeasti, koska piki koko ajan jähmettyy. Jos se jähmettyy kesken työn, voi sen pelmittää sähkölämpösäteilijällä, tai peittämällä pienellä laatikolla, jossa on sähkölamppu. Alustan keskipisteen on jouduttava jonkin pikineliön kulman sisään, ei keskelle neliötä! Peili ja alusta kastellaan nopeasti uudelleen ja taas painetaan peilillä, hieman liikutellen, kunnes kaikki neliöt ovat tulleet täyteen kontaktiin peilin kanssa. Mikäli keskimmäiset uurteet tällöin pyrkivät sulkeutumaan, on ne pien jähmetyttyä avattava esim. käyttäen saippuavaahtoa ja pistosahaa, jolla nopeasti saa trimmatuksi kaikki yhtäläiseen leveyteen. Paras leveys pien pinnalla n. 3 mm.

Kenties vielä parempi on keino, johon eräs ystäväni on mieltynyt: pikialusta painetaan muotoon, mutta uurteita ei laiteta ennen kuin se on täysin jäähtynyt. Pellistä tehdään puuvarteen pieni teräväpohjainen lapio, joka spruulampussa kuumennetaan ja uurretaan sillä alustaan ristikko. Uurteet eivät saa sulkeutua kiil-



Kuva 1.

loituksen aikana! Kenties saha ja saippua ovat niiden jälleen aukaisemisessa parhaiten paikallaan.

Tarvitsemme vettä ja puhtaan harjan pikialustan saippuasta ja siruista vapauttamiseksi. Ehdottoman puhtaaseen, kannelliseen lasiastiaan tehdään parista teelusikallisesta kiilloituspunaa ja vesitilkasta noin kerman vahvuinen seos, jolla puhdasta vesiväripensseliä käyttäen maalaamme pikineliöt. Märkä, puhdas peili painetaan keskisesti päälle ja jatketaan painamista kunnes kaikki neliöt hieman tummuvat lasia vasten. (Mikäli pikineliöitten reunat ovat hiukankaan peilin pinnan ulkopuolelle pistäytyviä, on niiden liikareuna paras poistaa viistämällä alustan reunat terävällä veitsellä ennen kiilloituspunan sivelemistä.)

Kiilloitus voi alkaa. Se suoritetaan vielä hitaammin liikkein kuin hionta, noin 40 työntöä minuutissa. Käytetyt työnnöt ovat $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ pitkiä, siis lyhyitä, joita utterasti vuorotellaan kunnes täysi kiilto on saavutettu. Koska nämä työnnöt vaihdellenkin käytettyinä helposti aiheuttavat vyöhykevirheitä, on jokaisesta neljännestantunnista 4—5 minuuttia käytettävä episyklisiin tai elliptisiin hiomaliikkeisiin. (Kuva 1.) Kiilloitus on aina 5 minuutin jälkeen keskeytettävä, peili asetettava keskisesti alustalle ja painettava siihen nojaamalla n. $\frac{1}{2}$ —1 minuutin ajan. Tämä siksi, että alustan reunimmaisetkin neliöt säilyisivät tarkassa kosketuksessa peiliin. Ne kun luonnollisesti nopeammin pääsevät laskeutumaan.

Tässä selviääkin meille uurteiden tarkoitus: ne varaavat pielle mahdollisuuden laskeutua tasaisesti. Tämä tasaisen laskeutumisen mahdollisuus loppuu, jos uurteet painuvat umpeen, ja viimeistään silloin alkaa peilimme muoto mennä päin männikköä. Siis: uurteet aina ja armotta auki!

Kiilloitus vaatii keskimäärin 6 tuntia. Tunnin tai pari kiilloitettua meidän on kuitenkin terveellistä FOUCAULTIN kokeella (ks. THK) vähän vilkaista peilimme kehitystä. Kastelemme siis alustan ympäriltä pöydän pölyn lentämisen estämiseksi, otamme peilin pois ja peitämme alustan nurinkäännetyllä puhtaalla lasi- tai porsliinikulholla, jonka tietysti pitää olla niin syvä ettei se kosketa alustaan. Sitten pyyhimme peilin varovasti kuivaksi ja puhtaaksi esim. paperineliöillä, ja panemme sen pariaksi tunniksi syrjään jäähtymään. Lasin kor-

kea ominaislämpö estää sitä jäähtymästä nopeasti. Pien ja punan hankaus on huomattavasti nostanut sen pintalämpöä, jonka ennen koettamme täytyy tasaantua.

FOUCAULTIN koe ei ole ainoastaan mukava tapa nähdä peilin pinnan yleisen kaarevuuden säännöllisyys tai epäsäännöllisyys, vaan se on samalla myös pätevä keino peilin todellisen korjauksen mittaamiseksi. Tähän mittaustuoleen pyrimme seuraavassa lähemmin tutustumaan.

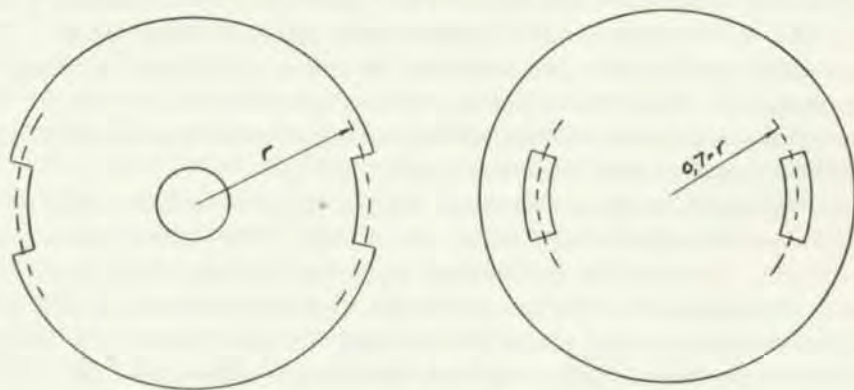
Peilin mittaaminen ja korjailu. Tähtitieteen harrastajan kirjassa on FOUCAULTIN kokeen tarvikkeet ja yleinen järjestely esitelty riittävän selvästi. Samoin varjojen muodot erilaisilla pinnoilla. Seuraava esitys koskee sen vuoksi vain ko. kokeen sovelluttamista korjauksen ja korjausvirheiden mittaamiseen.

Väsyttämättä lukijaa matematiikalla toteamme aluksi, että valolähteen pysyessä liikkumattomana ja veitsenterän yksinään ollessa liikkeessä mittaustoimissa pitää paikkansa seuraava suhde, josta peilimme onni ja onnettomuus riippuvat:

$$\frac{r^2}{R}$$

jossa r = peilin säde ja R = peilin kaarevuussäde. Tämän suhteen laskettuamme on meillä hallussamme paraboloidipeilin keskus- ja reunasäteiden erotus, jonka voimme mitata. Jos molemmat, sekä terä että valolähde, liikkuvat yhtä rintaa, ilmaisee suhde $r^2/2R$ peilin sagittaalisyyden.

Tarvitsemme peilillemme kaksi ohuesta pahvista tai kartongista tehtyä peilin ulkomitan täyttävää naamaria, jotka varustamme oheisen kuvan mukaisin aukoin (kuva 2.) Naamarin n:o 1 keskelle teemme noin 3 cm aukon, reunalle leikkaamme 1 cm leveän sektorin. Naamari n:o 2:n sektorin paikan määräämme n:o 1:n valmistuttua. N:o 1:stä mittaamme kaavamme r -arvon naamarin keskipisteestä ulkosektorin keskitse kulkevan ympyrän kehään. Se on siis peilin reunan ja sektorin sisäreunan keskiarvo. Tästä r -n arvosta otamme 70 %, joka on naamarissa n:o 2 se ympyrä jolla sektorit sijaitsevat, siten, että tuo 70 % kehän säde



Kuva 2.

on jälleen niiden ulko- ja sisäsäteiden keskiarvo. Sektorien leveys molemmissa naamareissa on 1 cm, vähintään.

FOUCAULTIN kokeen valolähteenä voidaan käyttää taskulamppua, jonka polttimon eteen pannaan pala himmeäksi hiottua lasia ja peltikansi, johon neulalla lyödään pieni reikä. Reikälevy on edullista tehdä kierrettävä siten, että laitteita asentoon saatettaessa voidaan käyttää esim. 5 mm reikää ja vasta asennon löydyttyä kierretään pieni reikä paikoilleen. Sopiva alusta mittaustoimeen olisi esim. yli 2,5 m pitkä tasainen penkki.

Mikäli nyt olemme jo katsoneet peilimme muotoa näillä välineillämme ja (ks. THK) arvioineet sen muodoltaan ellipsoidiksi (litistynyt pallo) tai hyperboloidiksi, tms., on meidän parasta heti ryhtyä katsomaan, miten kaukana peilimme on oikeasta muodostaan. Vasta-alkajalle on terämittausta vaikea, joten siitä tuonempana. Tyydyimme aluksi epätarkempaan okulaarimittaukseen, johon emme kuitenkaan käytä okulaaria, vaan tavallista kasvisuurennuslasia tai mitä muuta pientä suurennuslasia tahansa. Polttoväli noin 1—3 cm. Kiinnitämme sen teränjalkaan, josta terä on poistettu, tai käytämme terän ja linssin kiinnitykseen kaksivartista vipua.

Peili on alustallaan, valo palaa, ja vähän kopeloituamme ilmaantuu valolähteen kuva linssimme kenttään. Valopisteen ja linssin peilinpuoleisen polttopisteen on oltava yhtä etäällä peilin pinnasta. Sen jälkeen asetetaan naamari n:o 1 peilille siten, että sektoriaukot ovat samalla vaakasuoralla tasolla ja että peiliä kummastakin näkyy yhtä paljon. Sektoriaukot peitetään nyt parilla nojalleen asetetulla kartonkisuikaleella ja keskusaikko jää yksin esille. Palaamme okulaarin luo ja tarkennamme valopisteen kuvan liikuttamalla teränjalkaa edestakaisin, kunnes löytyy kohta, jossa kuva on vähemmän epätarkka. Vedämme terävällä kynällä teränjalan etureunaa pitkin penkkiin (tai paremmin penkkiin kiinnitettyyn paperiliuskkaan) viivan merkiksi. Avaamme naamarin sektoriaukot ja siirrämme peitteet keskusaikon päälle. Kun nyt palaamme okulaariin näkyy siinä tavallisesti kaksi erillistä valoläikkää. Siirrämme teränjalkaa kunnes läikät yhtyvät. Parhaan yhtymäkohdan löydyttyä vedämme taas kynällä viivan kuten edellä, mutta lyhemmän. Vaihdamme entisen tilalle naamarin n:o 2, jolloin peili ei saa liikahtaa. Jälleen näemme kai kaksi valoläikkää, joiden yhtymäkohdan löydyttyä vedämme taas viivan, pisimmän kaikista. Irroitamme paperin ja numeroimme viivat: ensimmäinen n:o 1, toinen n:o 2 ja kolmas n:o 3. Näistä n:o 1 on keskussäteiden kaarevuusetäisyys, n:o 2 reunasäteiden kaarevuusetäisyys ja n:o 3 vastaava luku peilin 70 % vyöhykkeeseen nähden. Paperiliuskassa on nyt esillä eräänlainen karkea diagnoosi peilimme tilasta.

Teimme tämän tahallamme, sillä nyt vasta laskemme peilin korjauksen varsinaiset arvot. Olkoon reunasektoreitten keskiarvosäde 7 cm, siis kaavamme r . Panemme terän ja valolähteen jälleen käyttöön ja etsimme kohdan, jossa molemmat ovat tarkalleen yhtä etäällä peilistä, jolloin terää sivuttain siirtäessämme peili pimenee niin, ettemme voi nähdä varjon tulevan sen enempää oikealta kuin vasemmaltakaan. Mittaamme nyt tarkoin terän ja peilipinnan etäisyyden toi-

sistaan. Oletamme nyt, että se on tarkalleen 240 cm, kuten aioimme. Tämä on kaavamme R . Sijoitamme nyt saamamme luvut kaavaan:

$$\frac{7^2}{240} = \frac{49}{240} = 0.204 \text{ cm eli } 2.04 \text{ mm,}$$

joka siis on peilimme paraboloidikorjaus mitattuna FOUCAULTin kokeen palaa- vasta säteestä. Koska kuitenkin eräistä lasin ominaisuuksista johtuen on hyvä mennä hieman alikorjauksen puolelle, voimme heti alkuun sopia korjauksen arvoksi 2,00 mm. Koska nimittäin peiliä tullaan käyttämään illalla, jolloin lämpötila koko ajan laskee, jäähtyy peilin hopeoitu etupinta nopeammin, vetäytyy hieman kokoon ja käyristyy hieman koverammaksi, siis ylikorjautuu. Äsken mainitun 70 % vyöhykkeen viivan tulisi nyt olla paperillamme tarkalleen keskus- ja reunasäteiden viivojen puolivälissä, ja reuna- ja keskussäteiden erotus 2 mm siten, että reunasäteet ovat juuri tuon 2 mm keskussäteitä pitemmät. Mittaus on hyvä suorittaa ainakin kymmenkunta kertaa ja niistä arvioida jonkinlainen keskiarvo. — Todennäköisesti mittaus osoitti aivan muuta kuin laskettuja arvoja, mikä tässä vaiheessa oli hyväkin, sillä olimmehan vasta pari tuntia kiilloittaneet.

I. Jos nyt mittaus osoitti, että reunasäteet ovat enemmän kuin 2 mm keskussäteitä pitemmät, on peili lähinnä hyperboloidi.

II. Jos keskus- ja reunasäteet olivat täsmälleen yhtä pitkät on peili pallopinta.

III. Jos keskussäteet olivat reunasäteitä pitemmät, on peili lähinnä ellipsoidin sukua eli litistynyt pallo.

Mikäli pinta osoittautui palloksi, jatkamme kiilloitusta aivan entiseen tapaan ja samoja liikkeitä vaihdellen. Mikäli se oli menossa hyperboliseksi on työntöjä lyhennettävä. Jos taas se osoitti ellipsoidisia taipumuksia on työntöjä varovasti pidennettävä. — Ja nyt pääsemme jatkamaan kiilloitustamme, joka voi kestää vielä 2—3 jopa 6 tuntia ennen kuin pääsemme käsiksi lopulliseen korjaukseen. Tunnin — parin kuluttua ja useamminkin on hyvä uudistaa tämä alkeellinen mittaus, jotta pysyisimme suunnilleen tilanteen tasalla ja näkisimme, minne päin pinta kulloinkin on menossa. Uurteet aina auki ja hidas tahti kuten ennenkin. Kiilloituspuna-seosta maalaamme alustalle aina kun peilin ja alustan väli kuivuu liiaksi. Ei kuitenkaan ole syytä joka kuivumiseen lisätä punaa, vaan — sanoisinko joka toinen kerta — voidaan auttaa vedellä. Tämä on eduksi, sillä lasin ja pien välillä vierivä puna ei kiilloita, mutta piessä kiinni oleva puna kiilloittaa. Siksi on myös syytä jokaisen lisäämisen yhteydessä painaa peiliä useita minuutteja, jotta puna ennättää tarttua kiinni pikeen.

Vielä viime vuosisadan alkupuolella pidettiin hyperboloidia ns. fataalina tapauksena, jota ei juuri käynyt korjaaminen. Koska se melko varmasti tulee monen peilimestarin eteen, lienee paikallaan muutama vihje sen korjaamisesta. PESONEN (ks. THK) on antanut siihen jo ansiokkaita neuvoja, jotka kuitenkin aiheuttavat pikialustan turmeltumisen ja pakottavat valmistamaan uuden. Tuokävyys voidaan kuitenkin välttää. Repäistään voipaperista pyöreäkö n. 5 cm

läpimittainen epäsäännöllinen pala ja asetetaan märkänä pikialustan keskelle. Peili painetaan päälle ja painamista jatketaan, kunnes pikineliöt ovat reunaa myöten kontaktissa peilin kanssa. Tällöin, kun paperinpala poistetaan, jäävät keskimmäiset neliot irti peilistä ja on ilmeistä, että lyhyet $1/4$ — $1/8$ pituiset epäsäännölliset työnnot kuluttavat ja syventävät nyt vain peilin kohollaolevia laita-vyöhykkeitä, mikä on tarkoituskin. Keski alueen jälleen tultua kontaktiin mitaamme peilin. Mikäli se yhä on hyperboolinen, uusimme em. menetelmän. Tietysti voidaan käyttää myös pieniä apukiilloittajia, joilla reunapuolia syvennellään, mutta koska tämä on ensimmäinen peilimme, ne aiheuttavat helposti paljon pahemman virheen: astigmatismia. Täysalusta on turvallisempi. — Korjauksista yleensä:

Ellipsoidi (litistynyt pallo) vaatii työntöjen pidentämistä.

Hyperboloidi vaatii keskustan saattamista pois kontaktista ja lyhyitä työntöjä. Näillä saadusta pallosta tehdään sitten paraboloidi keskimäärin puoli-työnnoilla.

Ja nyt lopulliseen mittaukseen! Vaihdamme linssin paikalle parranajoterän, leikkaava reuna pystysuoraan. Asetamme peilille naamarin n:o 1, jonka keskusaikko peitetään ja molemmat reunasektorit näkyvät valaistuna. Kumpakaan ympäröi kirkkaasti loistava diffraktioreunus, jota emme saa ottaa huomioon. Havainnoimme vain sektorin tasaisesti valaistua keskusaluetta. Kun nyt siirtelemme terää ja leikkaamme sillä palaavia säteitä lähempää ja kauempaa peilistä, löytyy pitkän hakemisen ja vertailun jälkeen kohta, jossa molemmat aukot himmenevät ja pimenevät täsmälleen yhtäaikaan. Se on reunasäteiden kaarevuuskeskus, ja vedämme sille viivan. Paljastamme keskusaikon, peitämme reunasektorit ja etsimme keskustan yhtäkkisen pimennyskohdan. Varjon lähestymistä ei saa näkyä enemmän oikealta kuin vasemmaltakaan. Vedämme viivan keskussäteille. Vaihdamme varovasti naamarin n:o 2 ja etsimme yhteisen pimennyskohdan sen sektoriaukoille. Nyt vetämämme viiva on 70 % vyöhykkeen kaarevuusetaisyys. Parasta on tehdä tämä mittaus monta kertaa ja pitkin väliajoin täysin tasaisessa lämmössä. Tavallinen vetoinen asuinhuone ei kelpaa. Kokemus tulee näyttämään, että varsinkin keskusaikon pimennyskohta on erittäin vaikea määrätä. (Toisenlainen, ns. varjorajamittaus on havainnollisempi, mutta vaatisi esittelykseen koko kirjoituksemme tilan ehkä kahdenkertaisena. Toivon voivani palata siihen jossakin Ursan myöhemmässä julkaisussa.)

Jos nyt mittauksemme osoitti keskus- ja reunasäteiden eroksi 2 mm ja näytti 70 % vyöhykkeen sijaitsevan tarkalleen niiden keskivälissä, on peilimme paraboloidi. Jos keskus- ja reunasäteiden erotus oli 1,8—1,9 mm on se laskevassa iltalämpötilassa parempikin kuin paraboloidi, ainakin talvipakkasilla. Sen sijaan erotus 2,2 mm on ylikorjauksena jo siedettävän äärimmäisellä rajalla ja voi toimia kiitettävästi vain aamulla, lämpötilan tasaisesti noustessa. Paras erotus olisi kaikkiin tarkoituksiin 1,9—2,0 mm.

Koska peilissä todennäköisesti on pieni reunakäänne, teemme sille vielä seuraavan tempun: Huomattavasti peiliä laajemmalle n. 5 mm paksulle ikkunalasin kap-

paleelle maalaamme peilin kokoisen renkaan 10 min. carborundumin vesivellillä ja hiomme siinä minuutin tai pari hyvin lyhyin ottein ja kohtalaisesti painaen. Täten syntyy n. 1—1.5 mm levyinen himmeä rengas peilin reunaan ja pääsemme eroon suurimmasta hajavalon aiheuttajasta.

Peilin hopeoinnin (ks. THK) jälkeen tarvitsemme vielä pienen tasopeilin, jonka pinnan täytyy olla alle $\frac{1}{4}$ valoallon tarkkuudella taso. Sellaisen, samoin kuin okulaaritkin, voimme tilata *Y. Väisälä OY*:ltä (ks. THK). Näidenkään valmistaminen ei ole mahdotonta eikä mahdottomasti aikaa vievää, mutta tilan puute estää tällä kertaa vielä niihin kajoamasta. Ja joka tapauksessa apupeili niin kuin okulaaritkin ovat jo toinen juttu, kuten Kipling sanoisi.

Ja lopuksi eräitä yleisohjeita:

Noudata jokaisessa työvaiheessa puhtautta aina luulosairauteen saakka! Pidä hiomapöytä aina märkänä, sillä märkä pöly ei lennä. Älä omaksu mitään sääntöä ennen kuin olet sen omalla kokemuksellasi vahvistanut, kuten puhtauteenkin nähden tulet tekemään. Hionta-, mutta varsinkin kiilloitusliikkeet, ovat sangen suuresti yksilöllisiä. Niistä voidaan ilmaista vain suuret suuntaviivat, jotka jokaisen on itse sovellettava omaan yksilölliseen tyyliinsä. Piki on joka kerta erilaista. Mitään yleistä sille kelpaavaa käyttöohjetta ei ole olemassa. Jokainen pikialusta on sen vuoksi sekin yksilö. Kenties ko. peilillemme sopivin alustan paksuus on n. 4 mm. Oman kokemukseni mukaan saisin 2 mm alustalla ellipsoidin ja 8 mm alustalla hyperboloidin. Toisaalta olemme usein ystäväni dipl. ins. J. SARKAVAN kanssa todenneet, etteivät toisen työmenetelmät aivan sellaisinaan sovi toiselle. Liike, jolla minä saan ellipsoidin, tuottaa hänelle hyperboloidin, ja päinvastoin. Peilinteko onkin ainakin kahdelta kolmasosaltaan tuumailemista ja mietiskelyä.

Alku työn kaunistaa. Olemme uteliaita kuulemaan millainen kiitos lopussa seiso. Onnea matkalle! Ja kärsivällisyyttä!

Kirjallisuutta (lainattavissa Ursan kirjastosta).

URSA: Tähtitieteen Harrastajan Kirja, ss. 32—40.

NEUROTH: Bau eines Spiegelfernrohrs.

INGALLS: Amateur Telescope Making.

INGALLS: Amateur Telescope Making. Advanced.

THOMPSON: Making your own Telescope.

Kiertotähtien kuut

Ursan julkaisussa *Tähtitieteen harrastajan kirja* on taulukko kiertotähtien kuista. Vaikka tuon kirjan painovuosi on 1947, se ei siis ole vielä sen vanhempi, voidaan jo nyt kertoa kolmen uuden kuun löytämisestä. Tällä välin Jupiter on saanut kahdennentoista, Uranus viidennen ja Neptunus toisen kuunsa.

Sen sijaan voitaneen vastoin tuon julkaisun samoin kuin vastoin monien muidenkin kirjojen tietoa katsoa Saturnuksen kuu Themis erehdyksekseksi. Tuota kuuta tuskin lienee olemassa, joten Saturnuksen kuuta tunnetaan siis vain yhdeksän. Vuoden 1905 jälkeen, jolloin PICKERING luuli keksineensä ja ilmoitti sille radankin, sitä ei ole enää nähty, siitä huolimatta, että viimeksi kuluneen puolen vuosisadan aikana sekä kaukoputket että valokuvausmenetelmät ovat kehittyneet valtavasti.

Kuuta tunnetaan nyt siis eri kiertotähdillä seuraavat määrät: Maalla 1, Marsilla 2, Jupiterilla 12, Saturnuksella 9, Uranuksella 5 ja Neptunuksella 2, siis yhteensä 31 kuuta.

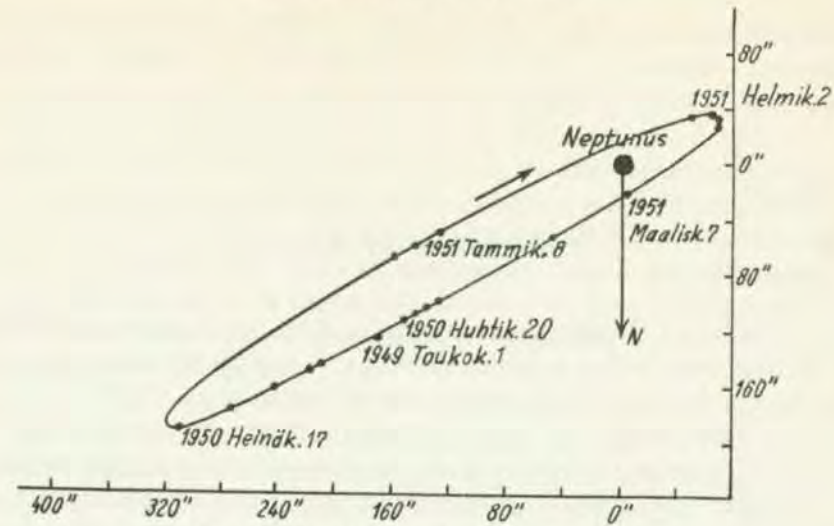
Viimeksi löydetyistä kolmesta kuusta keksittiin aikajärjestyksessä ensimmäisenä Uranuksen viides kuu, joka sai nimen Miranda. Maaliskuun 9. p:nä v. 1948 ilmoitettiin maailmalle, että tohtori KUIPER oli McDonaldin 82 tuuman peilikaukoputkella saman vuoden helmikuun 15. p:nä otetusta valokuvasta todennut Uranuksen läheisyydessä objektin, joka sitten todettiin viidenneksi kuuksi. Mirandan näennäinen suuruusluokka on 17 ja sen keskietäisyys Uranuksen keskipisteestä 143 000 km, joka on 0.64 seuraavan kuun, Arielin keskietäisyydestä.

Toukokuussa v. 1949 löydettiin samalla kaukoputkella Neptunuksen toinen kuu, Nereid. Sen näennäinen suuruusluokka on vain 19, joten sen havaitseminen on melko vaikea tehtävä. Nyttemmin sen rata on saatu täysin selvitettyksi.

Nereidin rata on hyvin epäkeskinen, soikeampi kuin minkään muun aurinkokuntamme kuun tai planeetan rata. Epäkeskisyys $e = 0.76$. Radan kaltevuus



Kuva 1. Kuva, josta Miranda löydettiin. Miranda on diffraktiorenkaan sisällä Uranuksen vasemmalla puolella. Siitä vasemmalle ovat Umbriel ja Titania. Ariel on diffraktiorenkaassa oikealla ja Oberon alhaalla.



Kuva 2. Nereidin rata vuosina 1949—1951.

ekliptikaa vastaan on $4^{\circ} 52'$ ja radan taso ei yhdy Neptunuksen pyörimistasoon eikä ensimmäisen kuun, Tritonin radan tasoon. Nereidin keskietäisyys Neptunuksesta on harvinaisen suuri, 56 milj. km kun taas Tritonin keskietäisyys on vain 0.22 milj. km. Niinpä Triton kiertääkin täyden kierroksen Neptunuksen ympäri 5.9 vuorokaudessa kun taas Nereidin kiertoaika on 365.4 vrk. Nereidin avulla on Neptunuksen massa laskettu uudelleen ja saatu se $1/18$ 370 Auringon massaksi, joka on nelisen prosenttia enemmän kuin mitä Tritonin avulla oli aikaisemmin saatu. Tämän mukaan siis Neptunuksen massa on 18.1 Maan massaa. Nereidin läpimitta lienee vain noin 300 km.

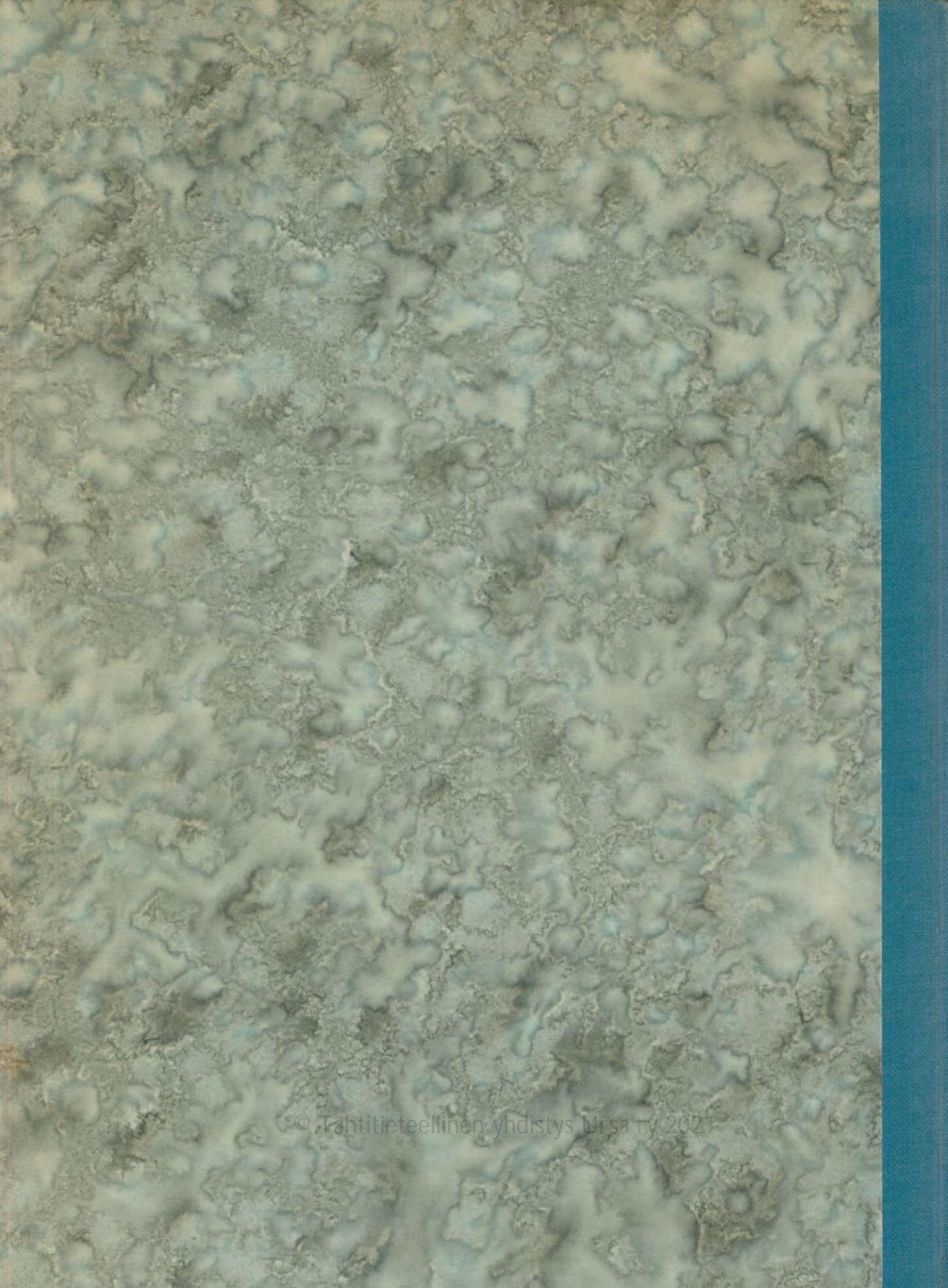
Jupiterin kahdestoista kuu, jolle, yhtä vähän kuin muillekaan pienille Jupiterin kuille, ei ole annettu erityistä nimeä, löydettiin Wilson-vuoren 2.5 metrin kaukoputkella. Löydön teki A. NICHOLSON, joka jo aikaisemmin oli löytänyt kolme Jupiterin kuuta. Sen kirkkaus on 18.3, radan epäkeskisyyden $e = 0.1346$, keskietäisyys Jupiterin keskipisteestä 22.5 milj. km ja radan kaltevuus $i = 147.3$ astetta. Se kiertää siis taannehtivaan suuntaan kuten myöskin Jupiterin VIII, IX ja XI kuu. J XII:n kiertoaika on 624 vrk.

Seuraavassa taulukossa ilmoitetaan tunnettujen kuitten nimet ja läpimitat. Läpimitat, varsinkin pienempien kuitten, ovat verrattain epämääräisin perustein tehtyjä arvioita. Mutta esimerkiksi Jupiterin suurtenkin kuitten läpimittojen arvoiksi ilmoitetaan eri lähteissä lukuja, jotka poikkeavat jopa kymmenisen prosenttia toisistaan. Mitä nimenomaan juuri Jupiterin neljään suureen kuuhun, Neptunuksen Tritoniin ja Saturnuksen Titaniin tulee, taulukossa on ilmoitettu SPENCER-JONESIN antamat arvot. Julkaisussa *Tähtitieteen harrastajan kirja* on Jupiterin suurille kuille ilmoitettu BARNARDIN mittaamat arvot.

Planeetta	Kuu	Halkaisija km	Planeetta	Kuu	Halkaisija km
Maa	Kuu	3476	Saturnus	Mimas	600
Mars	Phobos	20		Enceladus	800
	Deimos	10		Tethys	1300
Jupiter	J V	150		Dione	1100
	Io	3700		Rhea	1800
	Europa	3150	Titan	4200	
	Ganymedes	5130	Hyperion	500	
	Callisto	5170	Japetus	1600	
	J VI	120	Phoebe	300	
	J VII	50	Uranus	Miranda	300
	J X	20		Ariel	1000
	J XII	25		Umbriel	600
	J XI	25		Titania	1600
J VIII	50	Neptunus	Oberon	1400	
J IX	30		Triton	4900	
			Nereid	300	

SISÄLLYSLUETTELO

Ilmari Bonsdorff, Ursan kunniajäsen. In memoriam. <i>Uuno Pesonen</i>	5
Palomar-vuoren observatorio. <i>Sigurd von Numers</i>	9
Lisää maailmankaikkeuden rakenteen selvittämiskysymykseen. <i>Pentti Kalaja</i>	17
Meteoriittien rakenteesta ja alkuperästä. <i>Olavi Erämetsä</i>	41
Alkuaineiden synty. <i>Risto Niini</i>	45
Tähtitieteellisistä luvuista. <i>R. A. Hirvonen</i>	59
Revontulten arvoitus. <i>E. Sucksdorff</i>	65
Napapiirin liikkeistä. <i>Erkki Kääriäinen</i>	77
Kun Suomella oli oma pääsiäisensä. <i>V. R. Ölander</i>	83
Avaruussähkö. <i>Hannes Alfvén</i>	91
Kansanperinteen tähtitaivas. <i>Jouko Hautala</i>	95
Tähtivalokuvausta harrastamaan. <i>Matti Nurmi</i>	113
Kaukoputken-peilin valmistamisesta. <i>J. M. Heikinheimo</i>	117
Pikku tiedonantoja. <i>Pentti Kalaja</i>	
Ajan mittaamisen ongelma	8
Merkuriuksen keskitiheys	16
Venuksen pyörähdysaika.....	58
Maan ja Auringon välimatka	64
Tietoja Plutosta	90
Pleionen tarina	112
Pimennysmuuttuvista	116
Kiertotähtien kuut	129



© Tahtitieteellinen yhdistys Ursa ry 2021