URSAN JULKAISUJA II

TÄHTITIEDETTÄ HARRASTAJILLE

II

W S O Y

TÄHTITIEDETTÄ

HARRASTAJILLE

II

URSAN JULKAISUJA II

TÄHTI-TIEDETTÄ HARRASTAJILLE

II

PORVOO * HELSINKI
WERNER SÖDERSTRÖM OSAKEYHTIÖ

WERNER SÖDERSTRÖM OSAKEYHTIÖN
KIRJAPAINOSSA PORVOOSSA
1938

ERNST BONSDORFF.

Ursan kunniajäsen.

Kirj. NIILO KALLIO.

Helmikuun 9. p:nä 1936 siirtyi tähtitieteen harrastajain piiristä manan majoille professori ERNST JAKOB WALDEMAR BONSDORFF elettyään harvinaisen korkeaan, yli 94 vuoden ikään. Ernst Bonsdorffissa poistui toiminnantäyteinen uranuurtajan elämä, joka monipuolisesti on vaikuttanut suomalaisen sivistyksen hyväksi koulun, tieteen ja taloudellisen elämän alalla.

Ernst Bonsdorff kuului laajaan sivistyssukuun, jonka jäsenistä monet ovat tunnetut tiedemiehinä, toiset taas sotilaina tai kirkon ja koulun miehinä. Hänen isoisänsä oli jumaluusopin professori Jaakko Bonsdorff (1763—1831), jolla oli yhdeksäntoista lasta. Näistä neljä valitsi pappisuran ja yksi heistä, Nils Robert, oli Ernst Bonsdorffin isä. Nils Robert Bonsdorff (1803—1859) toimi aluksi Haminan kadettikoulun uskonnon ja miekkailun opettajana ja siirtyi 1842 Hartolan kirkkoherraksi, jona toimi kuolemaansa saakka. Ernst Bonsdorffin äiti oli Augusta Isabella Gustavson (1817—1900), jonka isä oli Haminan kirkkoherra Johan Henrik Gustavson. Tämän isä ja tunnetut esi-isät olivat taas sotilaita. Niinpä saattoikin Ernst Bonsdorff sanoa muistelmateoksessaan »Elämäni varrelta»: »Suonissani virtaa perintönä lempeätä sielunpaimenen ja tulista sotilaan verta.»

Nämä molemmat perusominaisuudet ilmenivät Ernst Bonsdorffin luonteessa ja elämäntyössä. Fr. Nevanlinna lausuukin Suomen Tiedeakatemiassa pitämässään muistopuheessa Ernst Bonsdorffista: »Hänelle oli ominaista meidän leveysasteillamme harvinainen vilkkaus ja älyn joustavuus, joka osaltaan ilmenee hänen harrastustensa monipuolisuudessa ja ilmeisesti nopeassa työtavassaan. Tähän kaikkeen liittyy mitä rakastettavin vaatimattomuus ja ehdoton koruttomuus.»

Ernst Bonsdorff syntyi Haminassa tammikuun 23. p:nä 1842. Lapsuutensa ajan hän joutui kuitenkin viettämään Hartolassa, jonne perhe muutti keväällä 1842. Koska perheessä oli useita lapsia, he joutuivat paljon seurustelemaan työväen ja heidän lastensa kanssa. Täten tuli lasten puhekieleksi suomi, vaikka vanhemmat puhuivat ruotsia. Saatuaan jonkin aikaa kotiopetusta pantiin poika Heinolan ala-alkeiskouluun ja sitä vuoden käytyään saman kaupungin yläalkeiskouluun. Näissä opetettiin tietysti ruotsiksi, eihän siihen aikaan ollut vielä suomenkielistä oppikoulua. Mutta opetus oli kaiketi kuitenkin suhteellisen hyvää, koska siellä heräsi hänen harrastuksensa matematiikkaan, jopa siinä määrin, että hän jo koulussa ollessaan teki laskuesimerkki-kokoelman. Kuitenkin B. kertoo muistelmissaan, että he huokasivat helpotuksesta päästessään Euklideen geometrian kuudennen kirjan loppuun, varsinkin kun opettaja selitti heille, että muut Euklideen kirjat olivat tuhoutuneet Aleksandrian palossa.

Heinolasta B. siirtyi Porvoon lukioon. Kun hän oli kuitenkin kesälomalla lukenut jo lukion kahden alimman luokan matematiikan oppimäärän, ja koulussa oli muutenkin vähän luettavaa, hän luki toisen luokan yli tullen 1859 ylioppilaaksi lukion »matemaattisesta tiedekunnasta», jossa oli luettu luonnontieteitäkin sekä laajempi matematiikan oppimäärä, mm. trigonometriaa. Yliopistossa B. alkoi opiskella matematiikkaa, fysiikkaa, tähtitiedettä ja myöhemmin myös kasvitiedettä. Tähtitiedettä luennoi Saksasta kotoisin ollut professori Krueger, jonka appi oli kuuluisa tähtitieteentutkija Argelander. Tähtitieteen luentojen kuuntelijoita oli tähän aikaan tavallisesti vain kolme, mutta näin he saivatkin hyvän opastuksen varsinkin tähtitieteellisten kojeitten käyttelemisessä. Ylioppilasajan kesälomat B. käytti kasvien keräämiseen pitäen päämääränään tutkia Hartolan kasviston, saniaiset ja sammalet mukaanluettuina. Varsinkin viimeksi mainitut olivat hänen erityisen harrastuksensa kohteena. Olipa hänellä oikein mikroskooppikin kasvien lähempää tarkastelua varten. Paitsi kasveja hän keräsi ja tutki retkillään myös hyönteisiä, varsinkin kovakuoriaisia. Näin hänessä kasvoi yhä voimakkaampi kiintymys luontoon, joka myöhemmin sai hänet tekemään pitkiä ulkomaanmatkoja Egyptiin, Huippuvuorille ja Ceyloniin, matkoja, joilla hänen huomionsa kiintyi erityisesti näiden outojen maiden kasvi- ja eläinmaailmaan.

Suoritettuaan keväällä 1863 kandidaattitutkinnon B. aikoi jatkaa edelleen opintoja yliopistossa. Varojen puute teki pääkaupungissa oleskelun kuitenkin vaikeaksi, ja koska B. ei tahtonut turvautua muiden apuun, hän otti 1863 vastaan matematiikan lehtorin viran juuri perustetussa Jyväskylän seminaarissa. Kuitenkin hän sai aluksi vuoden virkavapauden voidakseen tutustua Saksan ja Sveitsin vastaaviin laitoksiin. Varsin kokemattomana B. joutui aluksi antamaan suunnan matematiikan opetukselle seminaarissa ja siten myös kansakouluissa, mutta Cygnaeuksen johdolla sekä innostuneiden ja kansallisen aatteen elähdyttämien työtoverien rinnalla työ kuitenkin alkoi sujua hyvin. B. oli hyvässä työkunnossa: hän julkaisi suomenkielisen laskennon ja mittausopin oppikirjan kansakouluja varten, kirjoitti väitöskirjan matematiikan alalta, suoritti lisensiaatin ja vihittiin tohtoriksi 1871. Seminaarinopettajana ollessaan hän solmi myös avioliiton Ida Charlotta Forssellin kanssa 1867, siis suurten nälkävuosien aikaan.

1873 oli Hämeenlinnaan perustettu suomenkielinen normaalilyseo. Yhdentoista maamme kansakoululaitokselle omistetun toimintavuoden jälkeen B. siirtyi 1875 normaalilyseon matematiikan ja luonnontieteiden yliopettajaksi ja joutui taas uranuurtajana vaikuttamaan edustamiensa aineitten opetukseen maamme oppikoululaitoksessa. Tämän tehtävän B. suorittikin erittäin ansiok-

Prof. E. Bonsdorff lastensa ja lastenlastensa seurassa.

kaasti. Hän julkaisi laskennon, algebran, geometrian, trigonometrian ja tähtitieteen oppikirjat sekä esimerkkikokoelmia, joista kirjoista useimmat sittemmin ovat ilmestyneet lukuisina painoksina ja vasta parina viime vuosikymmeninä väistyneet uudempien oppikirjojen tieltä. Nämä oppikirjat olivat vastaaviin samanaikaisiin verrattuina korkealla tasolla, mitä osoittaa sekin, että useimmat niistä käännettiin ruotsinkielelle.

Kun normaalilyseo 1887 siirrettiin Helsinkiin, B. seurasi mukana vaikuttaen yliopettajana vuoteen 1910 saakka, jolloin hän täysinpalvelleena erosi. On arvioitava erittäin suureksi se työ, jonka hän 35 vuoden aikana teki valmistaessaan kehittyvän suomenkielisen oppikoulun matemaattisten aineiden opettajia tulevaan pedagogin tehtävään. Opetustyön tehoa lisäsivät vielä ne kirjoitelmat ja arvostelut, joita hän useiden vuosien aikana julkaisi Suomen kasvatusopillisen yhdistyksen aikakauskirjassa, joissa kirjoitelmissa ei unohdettu tähtitieteenkään opetusta. Oppilaiden kanssa hän kaikesta päättäen tuli hyvin toimeen; hän kertookin noudattaneensa sitä periaatetta, että jos on pakko nuhdella oppilasta, ei silti pidä kantaa kaunaa häntä kohtaan, vaan tulee päinvastoin osoitukseksi siitä, että sopu on palautunut, vielä samalla tunnilla ystävällisesti kohdella samaa oppilasta.

Yliopettajantoimen ohessa B. oikean, eteenpäin pyrkivän koulumiehen tavoin harrasti edelleen tiedettä. Hän julkaisi Suomen tiedeseuran ja tiedeakatemian sekä Pietarin tiedeakatemian sarjoissa useita tutkielmia lähinnä invarianttiteorian ja korkeamman geometrian alalta, mm. 1876 väitöskirjan professorin virkaa varten. Ulkomainen hakija sivuutti hänet kuitenkin matematiikan professorin virkaa täytettäessä, mutta tieteellisten ansioiden johdosta annettiin B:lle seitsemän vuotta myöhemmin, nimittäin 1884, professorin arvonimi. Mainittakoon, että hän oli myös Suomen tiedeakatemian perustajia.

V. 1910 hän teki tiedeakatemialle huomattavan lahjoituksen Lappiin perus-

85-vuotias mielityössään.

tettavaa observatoriota varten, mikä laitos aloittikin 1914 toimintansa Tähtelä-nimisenä magneettisena laitoksena ja ilmatieteellisenä havaintoasemana.

Aikaisemmin on jo viitattu siihen, että B:n kiintymys luontoon herätti hänessä voimakkaan harrastuksen myös tähtitieteeseen. Koska teoria ja käytäntö olivat hänessä sopusuhtaisesti edustettuina, halusi hän myös laajemmissa piireissä herättää tätä harrastusta. Näin syntyi 1899 ilmestynyt, laajahko, noin 450 sivua käsittävä »Tähtitiede», joka on kaiketi ensimmäinen, alkuperäisesti suomeksi julkaistu laajahko tähtitiedettä käsittelevä teos. Sen vaikutus tähtitieteen harrastuksen levittämiseksi maassamme on varmasti ollut sangen huomattava. Vuosisadan vaihteessa oli B:n kiintymys tähtitieteeseen nähtävästi erittäin voimakas, koska hän 1899 julkaisi toisenkin tähtitieteellisen kirjan, »Tähtitieteen alkeet», joka oli tarkoitettu kouluja varten ja joka 1927 ilmestyi toisena korjattuna painoksena. Vuonna 1913 hän piti Tiedeakatemiassa esitelmän taivaankappalten asuttavuudesta.

Koulutoimessaan B. kiinnitti aivan erityistä huomiota tähtitieteeseen. Niinpä Hämeenlinnan tyttökoulun muistojulkaisussa (»Hämeenlinnan tyttökoulu ja yhteiskoulu 1878—1928», painettu 1928) kertoo eräs hänen entisistä oppilaistaan kirjoituksessaan »Muistelmia yliopettaja professori Ernst Bonsdorffista» mm. seuraavaa: »Ja mikä ilo, kun jonakuna kirkkaana talvi-iltana saimme lähteä opettajan johdolla tarkkaamaan tähtitaivasta ja kiikarilla katselemaan tähtien liikuntaa ja oppimaan niiden nimet. Yhä vieläkin muistuvat mieleeni nuo hauskat illat joka kerta, kun katselen tähtitaivasta». (B. oli Hämeenlinnan tyttökoulun perustajia sekä normaalilyseon yliopettajatoimen ohessa myös sen opettajana 1878—1887).

Nuoret saavat opetusta kalanperkauksessa.

Kun Ursa aikoinaan perustettiin, seurasi B. sen toimintaa suurta mielenkiintoa ja lämpöä tuntien. Yhdistyksen ensimmäisiä pyrkimyksiä oli saada Helsinkiin oma tähtitorni. Tämän aikomuksen teki odotettua aikaisemmin mahdolliseksi B:n Ursalle tekemä huomattava lahjoitus. Osoittaakseen syvää kiitollisuuttaan henkilölle, joka on voimakkaasti edistänyt tähtitieteen harrastusta maassamme, Ursa kutsui B:n ensimmäiseksi kunniajäsenekseen.

Professori B:n voimakas harrastus tähtitieteellisiin ilmiöihin ilmenee myös hänen autobiografiassaan »Elämäni varrelta» esittämästään Ceyloniin 1913 tekemänsä matkan kuvauksesta. Siinä hän monien muiden mielenkiintoisten havaintojensa ohella kertoo, kuinka hän käytti useita aamuöitä eteläisen taivaan tähtien, Canopuksen, Etelänristin ym. loistavien tähtien katselemiseen.

Kuvaus B:n toiminnasta ei olisi kuitenkaan tasapuolinen, jos emme koskettelisi hänen valtiollista ja taloudellista toimintaansa. Kokonaista kymmenen vuotta, nimittäin vuosina 1891—1900 hän oli valtiopäivämiehenä edustamassa Porvoon hiippakunnan papistoa ja kuului joko valtionvarain tai pankkivaliokuntaan.

Käytännöllisenä matemaatikkona B. joutui huomattavasti vaikuttamaan maamme vakuutustoiminnan kehitykseen. Hän oli mm. Suomi, Kullervo ja Pohjola yhtiöiden perustajia. Nämä sekä lisäksi eräät muut yhtiöt, samoin kuin eläkekassat käyttivät hänen apuaan esim. peruslaskelmia tehdessään. Tilastollistieteellisissä tutkimuksissaan hän on käsitellyt Suomen väestön kuolleisuutta, naisten aviollisuutta ym. B. julkaisi myös »Vakuutustieteen matemaattiset alkeet» nimisen teoksen, ensimmäisen suomeksi ilmestyneen vakuutusalaa käsittelevän tieteellisen kokonaisesityksen.

Niinkuin edellisestä olemme havainneet, oli professori Ernst Bonsdorffin pitkä ja monivaiheinen elämä useassakin suhteessa uranuurtajan raivaustyötä. Koulu, tiede ja vakuutustoiminta muodostivat hänen harrastustensa kolmiapilan, johon kauniina neljäntenä lehtenä liittyy lämmin ja kestävä kiintymys tähtitieteeseen.

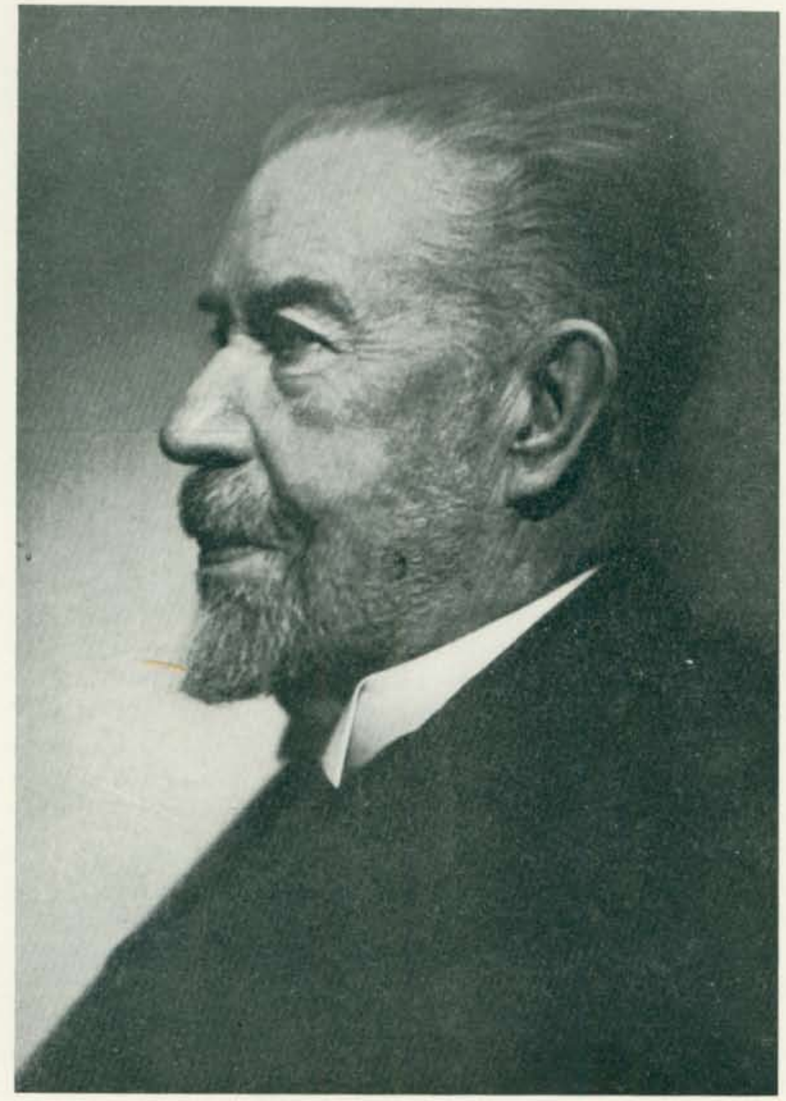
ANDERS DONNER.

Ursan kunniajäsen.

Kirj. ILMARI BONSDORFF.

ANDERS DONNER syntyi Kokkolassa marraskuun 5 p:nä 1854 polveutuen tunnetuista pohjanmaalaisista liikemiessuvuista. Suoritettuaan ylioppilastutkintonsa 1871 ja filosofiankandidaattitutkintonsa fyysis-matemaattisessa osastossa 1875 Donner antautui aluksi matemaattisiin ja sittemmin tähtitieteellisiin tutkimuksiin. Hänen 1879 julkaisemansa tohtorinväitöskirja: »Om uttrycken för entydiga elliptiska funktioner» käsittelee matematiikan keskeisintä alaa. Hänen seuraava huomattava julkaisunsa, professorinväitöskirja »Eine Methode der Anwendung der Gyldénschen Störungstheorie zur Berechnung der absoluten Störungen der kleinen Planeten» käsittelee taivaanmekaniikkaa, siis matematiikan soveltamista tähtitieteeseen. Koko hänen myöhempi toimintansa on kohdistunut tähtitieteeseen ja sen naapuritieteeseen geodesiaan. Donnerin kiintymys tähtitieteeseen juontuu hänen nuorena maisterina vv. 1876—1881 ulkomaille tekemistään laajoista opintomatkoista. Vuosina 1876—1879 Donner opiskeli Leipzigissä, Königsbergissä, Gothassa ja Berliinissä ja vuosina 1880—1881 suoritettuaan lisensiaattitutkintonsa maamiehemme Hugo Gyldenin johdolla Tukholmassa. Gyldenillä on nähtävästi ollut voimakas vaikutus Donnerin tulevaan tähtitieteelliseen työhön. Tämä äärimmäisen kriitillinen tiedemies ei koskaan päästänyt julkisuuteen tutkimustaan, jossa olisi ollut jokin heikko kohta. Donner seurasi hänen jälkiään; koko hänen myöhemmälle tieteelliselle toiminnalleen on ollut ominaista perinpohjainen harkinta pienimpiä yksityiskohtia myöten.

Kun Donner palasi kotiin opintomatkaltaan Tukholmasta, nimitettiin hänet tähtitieteen dosentiksi Helsingin yliopistoon. Jo kaksi vuotta myöhemmin 1883 tuli hänestä 28-vuotiaana tähtitieteen professori saksalaissyntyisen Kruegerin jälkeen, joka luopui tästä toimesta muuttaakseen kotimaahansa. Aluksi Donner jatkoi edeltäjänsä suorittamia tähtitieteellisen luettelon havaintoja, joita kansainvälinen tähtitieteellinen yhtymä »Astronomische Gesellschaft» johti. Työn päämääränä oli mitata kaikkien tähtien asennot 9. suuruusluokkaa myöten. Kun yhden tähtitieteellisen laitoksen olisi ollut mahdotonta suorittaa tätä jättiläistyötä, jaettiin taivas vyöhykkeisiin, joista kukin observatorio sai yhden suorittaakseen siinä mainitut mittaukset. Helsingin observatorio oli työssä mukana.



Valtioneuvos Anders Donner * 5. 11. 1854. † 15. 4. 1938.

Jo muutamien vuosien kuluttua Donnerille avautui tilaisuus vielä monin kerroin valtavampaan tähtitieteelliseen työhön, josta muodostuikin hänen kunniakas elämäntehtävänsä.

Pariisin observatorion silloinen johtaja, amiraali Mouchez teki 1880-luvulla aloitteen tarkan tähtiluettelon laatimiseksi valokuvauksen avulla. Huhtikuussa vuonna 1887 pidettiin Pariisissa kongressi, jossa päätettiin ryhtyä tähän työhön varsin laajassa mittakaavassa. Oli valokuvattava koko tähtitaivas ja valokuvien perusteella johdettava kaikkien tähtien asemat 11. suuruusluokkaan saakka.

Vuonna 1891 Pariisissa pidetyssä konferenssissa, jossa Donner oli läsnä, työ jaettiin 19 observatorion kesken. Helsingin osalle tuli taivaanvyöhyke 39:n ja 47:n leveysasteen välillä.

Pian osoittautui, että työ oli suunniteltu liian laajaksi. Vuonna 1929 julkaisemassaan selostuksessa työn suorituksesta Helsingissä Donner mainitsee, että työtä alkuperäisesti suunniteltaessa oltiin liiaksi uuden menettelytavan, tähtivalokuvauksen, lumoissa. Muutamassa tunnissa saadaan kylläkin valokuvauslevylle tuhansien tähtien kuvat, mutta niiden asemien mittaaminen levyiltä on aivan toisen kertaluvun työ. Ja vaikka alkuperäistä ohjelmaa supistettiinkin, kävi työ useimmille observatorioille ylivoimaiseksi. Donner ei kuitenkaan hellittänyt otettaan. Työtä jatkettiin hänen johdollaan määrätietoisesti ja tarmokkaasti. Niinpä onkin Helsingin observatoriolla kunnia olla ainoa, joka suoritti työn ohjelman mukaisesti loppuun.

Helsingin observatorion osanotto tähän työhön vaati laajoja valmistuksia. Oli hankittava koneet ja tehtävä laajoja kokeiluja työmenetelmistä. 1880-luvulla Donner matkusti Pohjois- ja Keski-Euroopan suuriin tähtitieteellisiin laitoksiin tutustuakseen refraktoreihin ja tornilaitteisiin sekä otti osaa tähtitieteellisiin kongresseihin. Kun Helsinkiin oli hankittu tarkoitukseen sopiva kone, ns. normaali-astrografi, joka sijaitsee erillisessä rautaisessa tornissa observatorion päärakennuksen eteläpuolella, ja työt voitiin aloittaa, olikin Donner hankkinut itselleen tällä alalla pätevyyden, jonka vain harvat Euroopan tiedemiehet omasivat ja jonka vaikutuksesta työ Helsingissä suoritettiin tarkemmin kuin muissa observatorioissa. Donner johti tätä työtä lähes puoli vuosisataa vieden sen päätökseen. Vielä vanhana miehenä, oltuaan jo kauan eläkkeellä, hän päivittäin kävi hänelle rakkaassa observatorion laskuhuoneessa antamassa apulaisilleen tarkkoja, määrätietoisia ohjeitaan sekä tekemässä omia tutkimuksiaan ja laskelmiaan. Tässä yhteydessä on mainittava, että Donner oli erinomainen laskija, joka teki ani harvoin laskuvirheitä, joista kokonaan pääsee vapaaksi vain se, joka ei koskaan laske.

Tämän työn loppuunsaattaminen vaati Donnerilta enemmänkin kuin vain pätevää tieteellistä toimintaa. Hän joutui myös suurelta osalta kustantamaan tämän työn, nimittäin osaksi laskujen suorituksen ja suurimmalta osalta myös painatuksen. Ne rahamäärät, mitkä Donner uhrasi työhön, nousevat useihin miljooniin markkoihin nykyistä rahaa. Oli onni työlle, että sitä johti mies, jolla oli sekä mahdollisuuksia että halua tehdä näin valtavia uhrauksia tieteelliselle tutkimukselle.

Donnerille suotiin onni nähdä tämä elämänsä valtavin työ valmiina, 12 suurikokoista nidosta sisältävä teos täynnä tiheästi painettuja taulukoita. Käsityksen tästä suurtyöstä saa, kun kuulee, että se käsittää lähes 300 000:n tähden tarkat asemat. Tämän työn tekijän nimi tulee säilymään tähtitieteen historiassa.

Vaikka Donnerin varsinainen tieteellinen työ kohdistuikin tähtitieteeseen, tunsi hän mielenkiintoa myös tämän naapuritieteeseen, geodesiaan. Suomi oli aikaisemmin ollut useaan otteeseen geodeettisten töiden kohteena. Mainitsen vain Maupertuis'n astemittauksen 1600-luvun lopulla ja Suomen halki kulkevan suuren venäläis-skandinavialaisen astemittauksen, joka ulottuu Jäämerestä Mustaanmereen. 1800-luvun toisella puoliskolla oli kuitenkin geodesia maassamme ollut aivan lamassa. Donner otti tehtäväkseen tämän tieteenhaaran kohottamisen maassamme ajanmukaiselle tasolle, ja tämänkin tehtävän hän tarmollaan suoritti loppuun. 1880-luvulla hän varusti retkikuntia hakemaan ja maastossa merkitsemään venäläis-skandinavialaisen astemittauksen kolmiopisteitä, jotka alkoivat hävitä tietämättömiin. Noin $^{2}/_{3}$ kaikista vanhoista kolmiopisteistä löydettiin ja merkittiin pysyvästi maastossa. Täten pelastui arvokas geodeettinen pohja karttalaitokselle. Juuri näinä aikoina geodesia oli Keski-Euroopassa voimakkaassa kehitystilassa. Donner otti vaarin ajan merkeistä ja alkoi suunnitella geodeettisen tutkimuksen alkuunpanoa Suomessa. Hänen aloitteestaan Suomen Maantieteellinen seura ryhtyi ajamaan asiaa varsin kiinteästi. Valtiopäiville tehtiin esityksiä maamme karttalaitoksen perustana olevien geodeettisten töiden suorittamisesta, ja Donner oli keskeisenä henkilönä niissä komiteoissa, jotka senaatti asetti vuosina 1889—1892 ja 1898—1899 asiaa tutkimaan. Tällöin jo suunniteltiin geodeettisen laitoksen perustamista maahamme. Venäläiset viranomaiset kuitenkin vastustivat ajatusta, joten se raukesi. Samoin kävi Donnerin aloitteen vuonna 1906. Vasta sen jälkeen kun maamme saavutti itsenäisyytensä, toteutui ajatus. Vuonna 1918 sai maamme oman geodeettisen laitoksen ja komiteassa, joka laati sen järjestelymuodon, oli Donner taas keskeisenä henkilönä. Voimmekin hyvällä syyllä nimittää Donneria nykyisen suomalaisen geodeettisen tutkimuksen alkuunpanijaksi.

Donnerin mielenkiinto geodesiaan jatkui tämän jälkeenkin ehtymättömänä. Kun balttilainen geodeettinen komissio, jonka tehtävänä on geodeettis-astronomisten mittausten edistäminen laajoilla alueilla Pohjois- ja Keski-Euroopassa, perustettiin Helsingissä vuonna 1924, oli Donner perustavan kokouksen ensimmäinen puheenjohtaja.

Yliopiston opettajana Donner myös teki syvää vakoa. Niiden 33 vuoden aikana, vuodesta 1883 vuoteen 1915, joina hän hoiti tähtitieteen oppituolia, Donner keräsi ympärilleen oloihimme nähden suuren määrän oppilaita, jotka sittemmin ovat antautuneet tähtitieteen ja sen naapuritieteiden aloille. Donner oli erinomainen opettaja. Kenenkään päähän ei pälkähtänytkään jäädä pois joltain luennolta, sillä jokainen niistä oli ylioppilaalle suuriarvoinen. Donner tartutti innostuksensa oppilaisiinsa. Useat, tämän kirjoittaja niiden joukossa, jotka olivat valinneet tähtitieteen vain sivuaineekseen, jatkoivat sitä Donnerin innoittamana

korkeimpaan yliopistolliseen arvosanaan saakka. Donner oli läheisessä kosketuksessa oppilaisiinsa; hän neuvoi heitä vaivojaan säästämättä sekä luvuissa että havaintotöissä talviöisin kylmissä havaintosaleissa. Yliopistollisten opintojen päätyttyäkin Donner auliisti ohjasi entisiä oppilaitaan toimittaen heille tilaisuuksia jatkaa opintojaan joko kotimaassa tai ulkomailla. Niinpä Donnerin aikana ilmestyikin runsas määrä tähtitiedettä ja geodesiaa käsittäviä tohtorinväitöskirjoja.

Donner joutui kosketukseen akateemisen nuorison kanssa laajemmaltakin toimiessaan useissa yliopiston hallinnollisissa tehtävissä. Vuosina 1904—1911 hän oli fyysis-matemaattisen osaston dekaani, vuosina 1902—1911 yliopiston vararehtori, vuosina 1911—1915 rehtori sekä vuosina 1917—1919 ja 1921—1926 varakansleri. Koko ylioppilaskunta kunnioitti häntä arvovaltaisena, oikeudenmukaisena, viisaana ja kaikissa tilanteissa ylioppilaiden parasta ajavana hallintomiehenä.

Ei ole ihmeteltävää, että Donner tieteellisen pätevyyden ja toimintatarmon omaamana henkilönä joutui keskeiseen asemaan maamme tieteellisessä elämässä yleensäkin. Vuodesta 1889 alkaen, siis lähes puoli vuosisataa, hän oli Suomen Tiedeseuran jäsen, ja vielä viime vuosinakin hän ahkerasti otti osaa seuran kokouksiin. Vuosina 1908—1921 Donner hoiti kunniakasta Tiedeseuran sihteerin tointa tehden siinä ominaisuudessa arvokasta työtä maamme tieteellisen tutkimuksen hyväksi. Maantieteellisessä seurassa Donner oli keskeisimpiä henkilöitä sen perustamisesta saakka. Edellä on jo mainittu hänen toimintansa tässä seurassa maamme karttalaitoksen ja geodesian hyväksi.

Donnerilla riitti aikaa runsaasti myös yhteiskunnallisiin ja taloudellisiin harrastuksiin. Hän oli vakuutusyhtiö Suomen perustajia ja toimi sen päämatemaatikkona kahdeksan vuoden aikana sekä sen jälkeen johtokunnan varapuheenjohtajana vuosina 1900—1911. Suomi-yhtiön ensimmäinen maksutaulukko on Donnerin laatima. Myös hän oli palovakuutusyhtiö Imatran perustajia ja sen hallintoneuvoston puheenjohtaja. Vuosina 1900—1911 Donner toimi Kaupunkien hypoteekkikassan hallituksen jäsenenä ja vuodesta 1904 Yhdyspankin pankkivaliokunnassa ja myöhemmin Pohjoismaiden Yhdyspankin hallintoneuvoston puheenjohtajana. Olen maininnut vain tärkeimmät taloudelliset järjestöt, joissa Donner oli keskeisenä henkilönä. Useiden muiden järjestöjen ja yhdistysten toimialaa hän tuki sekä henkilökohtaisella työllään että lahjoituksillaan. Ursallakin on kunnia lukeutua niihin yhdistyksiin, joiden kehitystä Donner tuki voimakkaasti. Niinpä Ursa sai vastaanottaa häneltä melkoisen lahjoituksen, 10 000 markkaa, aikana, jolloin yhdistyksemme kipeästi kaipasi tukea. Muutenkin Donner osoitti aina kiintymystään seuramme toimintaan käyden usein sen kokouksissa. Viimeisen kerran Ursalla oli ilo tervehtiä kunniajäsentään vuosikokouksessaan syksyllä 1937.

Persoonallisuutena Donner herätti kunnioitusta ja kiintymystä kaikissa, joilla oli ilo tulla hänen kanssaan kosketuksiin. Hienosti sivistyneenä, tietorikkaana ja kielitaitoisena hän liikkui vapaasti yhteiskunnan korkeimmissa piireissä sekä kotiettä ulkomailla, mutta todellisena gentlemannina sanan parhaimmassa merkityksessä hän viihtyi myös hyvin alhaisemmassa yhteiskunta-asemassa olevien parissa, ollen herttaisen ystävällinen ja huomaavainen jokaista kohtaan. Yksityiselämässään Donner noudatti ankarasti periaatteitaan. Kuvaavana esimerkkinä tästä mainittakoon, että hän puutteen vuosina 1917—1918 kärsi samaa ravinnon puutetta kuin varattomat kansalaiset tahtomatta hankkia itselleen minkäänlaisia lisäetuja, johon hänellä tietysti olisi ollut mahdollisuuksia.

Donner jätti jälkeensä harvinaisen eheän muiston horjumattomasti velvollisuudentuntoisesta, oikeudenmukaisesta ja syvästi sivistyneestä tiedemiehestä, jonka rikas ja monipuolinen toiminta on jättänyt syvän vaon sekä kansainvälisen tieteen että kansallisen kulttuurimme vainioille.

MATKUSTUS MUIHIN TAIVAANKAPPALEISIIN.

Kirj. G. JÄRNEFELT.

Ihmiskunta ylpeilee siitä, että se luomansa tekniikan avulla yhä kasvavassa määrin on kyennyt taivuttamaan luontoa palvelukseensa. Lukemattomat voima-asemat, tehtaat ja koneet tekevät elämisemme paljon monipuolisemmaksi ja mukavammaksi kuin se oli ennen. Kykenemme sähköaaltojen avulla minä hetkenä hyvänsä keskustelemaan vaikkapa maapallon vastakkaisella puolella olevien ihmisten kanssa, saatamme yhdessä tai parissa päivässä lentokoneinemme siirtyä yli maanosien ja valtamerien, kulkea matkoja, joihin muinoin tarvittiin kuukausimääriä. Sanomme olevamme luomakunnan valtiaita. Mitä esi-isämme pitivät ainoastaan Jumalille mahdollisena, on nyt tullut ihmisille mahdolliseksi.

Mutta rinnan tämän valtavalta näyttävän teknillisen kehityksen kanssa on kuitenkin tähtitiede meille opettanut, että koko se osa mailmankaikkeutta, jossa ylimalkaan kykenemme liikkumaan, maan pinta, maat ja meret jonkin sadan metrin syvyyteen asti sekä maan ilmakehä korkeintaan noin 20 km. korkeudelle saakka, on verrattuna universumin mittasuhteisiin niin mitätön, ettei se ole edes sen veroinen kuin hiekkajyvänen Saharan erämaassa. Jos siis ajattelemme teknillisiä saavutuksiamme kosmilliselta kannalta, ne ovat hyvin vähäpätöiset. Tämän asiantilan toteaminen on masentavaa, mutta samalla eräällä tavalla rauhoittavaa; se on epäilemättä omiaan vähentämään maapallolla tapahtuvan matkailun mielenkiintoisuutta. Mitä iloa on maiden, merien ja ilmojen kiertelemisestä, kun ei kuitenkaan pääse sen pitemmälle? Meidän nykyaikaiset yhdysvälineemme ovat tuskin mainitsemisen arvoiset, niin mitättömät ovat niillä saavutetut tulokset; se joka koko ikänsä elää hiljaista elämäänsä samassa kohden maapalloa ei ole nähnyt mainittavasti vähemmän kuin väsymätön ja rauhaton kaikki maan ääret kierrellyt matkailija.

Kaikki työskentelymme ja tutkimuksemme näyttävät täten johtaneen siihen suuripiirteiseen lopputulokseen, että olemme todenneet olevamme paljon merkityksettömämpiä olioita luomakunnan kokonaisuuteen verrattuina kuin ennen luulimme.

Ihminen ei kuitenkaan olisi ihminen, jos hän tyytyisi tällaiseen asenteeseen. Mikään ei voi saada hänen sieluaan rauhoittumaan ja vaatimattomasti myöntämään oma vähäpätöisyytensä eivätkä myöskään mitkään vastoinkäymiset kykene häntä lannistamaan. Vaikeudet ovat olemassa vain, jotta ne voitettaisiin.

Emme voi sietää sellaista ajatusta, että ihmiskunta olisi iäksi päiviksi tuomittu kitumaan siinä ahtaassa vankilassa, jonka maapallon pinta ilmakehineen muodostaa. Meidän *täytyy* päästä liikkumaan edes omassa aurinkokunnassamme. Asetamme insinööritieteille kysymyksen: Onko mahdollista jo tekniikan nykyisellä kehitystasolla konstruoida kone, joka kykenee ihmisiä mukanaan vieden pääsemään maapallon ilmakehän ulkopuolelle ja sitten edelleen muihin taivaankappaleisiin, aluksi maata lähimpänä olevaan taivaankappaleeseen kuuhun?

Teknillisen tieteen vastaus tähän kysymykseen on suunnilleen seuraavanlainen: Periaatteessa voidaan tekniikan nykyiseen kehitysasteeseen perustuen *suunnitella* kone, joka kykenee irtautumaan maapallosta ja sitten kulkemaan edelleen avaruudessa kohti muita taivaankappaleita. Tällaisen koneen on oltava hyvin suuri, noin 30 metrin korkuinen ja noin 10 metrin paksuinen *raketti*, ja sen on siis toimittava *rekyyli-* eli *takaiskuperiaatteen* mukaan. Tällaisen raketin konstruoiminen on hyvin kallista[1] ja vaatii laajoja alustavia kokeiluja, jotka jo on pantu alulle Saksassa. Voitettavat teknilliset vaikeudet ovat huomattavat, mutta tuskin ylipääsemättömät. Probleema on nyt kenties suunnilleen samalla asteella kuin lentokoneprobleema oli noin vuonna 1880. Kaikki viittaa siihen, että on vain ajan kysymys, milloin ensimmäinen raketti lentää ulos avaruuden äärettömään tyhjyyteen pyrkiäkseen muihin satumaisen merkillisiin taivaankappaleisiin tarjotakseen mahdollisuuksia seikkailuihin ja elämyksiin, joista emme ennen ole voineet uneksiakaan.

Tarkoitukseni on nyt tässä lyhyesti tehdä selkoa tuollaisen suunnitellun avaruusraketin rakenteesta ja toimintatavasta sekä sitten koettaa hahmotella tulevaisuudenkuvaa suuresta aikakaudesta, jolloin tehdään löytöretkiä aurinkokunnassa ja jolloin inhimillisen elämän näköalat ja mittasuhteet laajenevat vielä paljon valtavammin kuin uusia maanosia löydettäessä uuden ajan alussa.

Sellaisen koneen, joka pyrkii maapallosta ulos avaruuteen sekä sitten muihin taivaankappaleisiin, on ensi sijassa voitettava kaksi vastustusta nimittäin:

1) *Maan vetovoima.*
2) *Maan ilmakehä.*

Olettakaamme aluksi, ettei maan ilmakehää olisi olemassa, että siis ainoastaan *maan vetovoima* olisi voitettava. Tällöin kappale, joka lähtisi maan pinnalta vähän yli *11 km:n sekuntinopeudella*, ei enää palaisi takaisin maahan, vaan poistuisi siitä liikkuen paraabelin muotoista rataa, jonka polttopiste olisi maan keskipisteessä. On melkein luultavaa, että tekniikan nykyisillä apuneuvoilla voitaisiin konstruoida tykki, joka luodilleen voisi antaa mainitun alkunopeuden. Ellei ilmakehää olisi olemassa, voitaisiin siis todennäköisesti ampua tykin luoti esim. kuuhun tai sen läheisyyteen. Tämä tykinluoti ei kuitenkaan voisi sisustassaan kuljettaa mukanaan ihmisiä, ne kuolisivat siitä tavattomasta kiihtyväisyydestä, joka luodilla olisi kulkiessaan tykkinsä putkessa.

Nyt kuitenkin toinen voitettava päävastus, *maan ilmakehä*, tekee miltei mahdottomaksi tykin luodin ampumisen avaruuteen. Ilman vastus nim. joko pysähdyttäisi tuon luodin tai sitten sulaisi luoti vastuksen synnyttämästä hirvittävästä kuumuudesta. Ilman vastus pakottaa siis meidät kokonaan luopumaan ajatuksesta ampua tykin luoti kuuhun ja huomaamme, että koneen, jonka on päästävä maan pinnalta avaruuteen, on kuljettava ilmakehän läpi verraten hitaasti, niin ettei ilman vastus liiaksi ehkäise sen liikettä; myöhemmin ilmakehän yläpuolella koneen on sitten saavutettava se suuri nopeus, joka on välttämätön maan vetovoiman voittamiseksi. Koska kone tällöin jo on sangen korkealla, maan vetovoima ei enää vaikuta siihen aivan yhtä voimakkaasti kuin maan pinnalla ja sen vuoksi koneen ei tarvitse saavuttaa täyttä 11 km:n sekuntinopeutta, vaan riittää maan vetovoiman voittamiseksi täällä jonkin verran pienempi nopeus. Saavutettuaan tämän nopeuden kone voi antautua taivaankappalten vetovoimain kuljetettavaksi, ne kuljettavat sitä tämän jälkeen ilmaiseksi eteenpäin avaruudessa. Jos liikkeen alkusuunta on valittu sopivasti, saavutaan parin päivän päästä kuuhun.

Nyt on juuri *raketti* sellainen kone, joka liikkuu siten kuin tässä on selitetty, aluksi hyvin hitaasti ja sitten yhä nopeammin.

Tavalliset *ilotulitusraketit* ovat kuitenkin niin heikkoja, etteivät ne koskaan saavuta mitään suurempia nopeuksia, ne pääsevät vain jonkin sadan metrin korkeuteen ja putoavat sitten alas takaisin maahan. Mutta saksalainen professori Hermann Oberth on vuonna 1923 ilmestyneessä teoksessaan »*Die Rakete zu den Planetenräumen*»[1] suunnitellut suuren raketin, jonka hän väittää pystyvän irroittautumaan maasta, vieläpä ottamaan mukaansa ihmisiä.

Ymmärtääksemme Oberthin erittäin mielenkiintoisia ajatuksia on meidän aluksi tutustuttava raketin yleiseen rakenteeseen ja toimintatapaan sekä niihin perussääntöihin, joiden mukaan raketit liikkuvat. Teen ensin selkoa tavallisesta ilotulitusraketista.

Tällaisessa raketissa on 4 pääosaa:

1) *uuni*, jossa on räjähdysainepanos; 2) *uuninaukko*, jonka kautta kaasut virtaavat ulos; 3) *hyötylasti*.

Raketti asetetaan luotisuoraan asentoon uuniaukko alaspäin. Räjähdysainepanos, joka yleensä on jotakin jauhetta, saadaan sytytyksen avulla muuttumaan kaasuksi, s. o. räjähtämään. Räjähdysainepanos ei tietenkään kokonaisuudessaan samana hetkenä muutu kaasuksi, ensin kaasuuntuvat panoksen alemmat osat, sitten ylemmät. Kaasuksi muuttunut räjähdysaine virtaa ulos uuninaukosta suurella nopeudella. Rekyylin vaikutuksesta raketti tällöin kohoaa ylös raketin nopeuden kasvaessa siihen hetkeen saakka, jolloin räjähdysainepanos lopullisesti on muuttunut kaasuksi. Tällöin taikka vähän tämän jälkeen riippuen siitä, miten korkealla ilotulitus halutaan saada syntymään, hyötylasti syttyy aikaansaaden

[1] Englannissa asuva suuri ruotsalais-amerikkalainen lentäjä Charles Lindbergh on arvioinut sen maksavan noin 1 000 000 000 Suomen markkaa.

[1] 3:s painos 1929: »*Wege zur Raumschiffahrt*».

mahdottomaksi tykin luodin ampumisen avaruuteen. Ilman vastus nim. joko pysähdyttäisi tuon luodin tai sitten sulaisi luoti vastuksen synnyttämästä hirvittävästä kuumuudesta. Ilman vastus pakottaa siis meidät kokonaan luopumaan ajatuksesta ampua tykin luoti kuuhun ja huomaamme, että koneen, jonka on päästävä maan pinnalta avaruuteen, on kuljettava ilmakehän läpi verraten hitaasti, niin ettei ilman vastus liiaksi ehkäise sen liikettä; myöhemmin ilmakehän yläpuolella koneen on sitten saavutettava se suuri nopeus, joka on välttämätön maan vetovoiman voittamiseksi. Koska kone tällöin jo on sangen korkealla, maan vetovoima ei enää vaikuta siihen aivan yhtä voimakkaasti kuin maan pinnalla ja sen vuoksi koneen ei tarvitse saavuttaa täyttä 11 km:n sekuntinopeutta, vaan riittää maan vetovoiman voittamiseksi täällä jonkin verran pienempi nopeus. Saavutettuaan tämän nopeuden kone voi antautua taivaankappalten vetovoimain kuljetettavaksi, ne kuljettavat sitä tämän jälkeen ilmaiseksi eteenpäin avaruudessa. Jos liikkeen alkusuunta on valittu sopivasti, saavutaan parin päivän päästä kuuhun.

Nyt on juuri *raketti* sellainen kone, joka liikkuu siten kuin tässä on selitetty, aluksi hyvin hitaasti ja sitten yhä nopeammin.

Tavalliset *ilotulitusraketit* ovat kuitenkin niin heikkoja, etteivät ne koskaan saavuta mitään suurempia nopeuksia, ne pääsevät vain jonkin sadan metrin korkeuteen ja putoavat sitten alas takaisin maahan. Mutta saksalainen professori HERMANN OBERTH on vuonna 1923 ilmestyneessä teoksessaan »*Die Rakete zu den Planetenräumen*»[1] suunnitellut suuren raketin, jonka hän väittää pystyvän irroittautumaan maasta, vieläpä ottamaan mukaansa ihmisiä.

Ymmärtääksemme Oberthin erittäin mielenkiintoisia ajatuksia on meidän aluksi tutustuttava raketin yleiseen rakenteeseen ja toimintatapaan sekä niihin perussääntöihin, joiden mukaan raketit liikkuvat. Teen ensin selkoa tavallisesta ilotulitusraketista.

Tällaisessa raketissa on 4 pääosaa:

1) *uuni*, jossa on räjähdysainepanos; 2) *uuninaukko*, jonka kautta kaasut virtaavat ulos; 3) *hyötylasti*.

Raketti asetetaan luotisuoraan asentoon uuniaukko alaspäin. Räjähdysainepanos, joka yleensä on jotakin jauhetta, saadaan sytytyksen avulla muuttumaan kaasuksi, s. o. räjähtämään. Räjähdysainepanos ei tietenkään kokonaisuudessaan samana hetkenä muutu kaasuksi, ensin kaasuuntuvat panoksen alemmat osat, sitten ylemmät. Kaasuksi muuttunut räjähdysaine virtaa ulos uuninaukosta suurella nopeudella. Rekyylin vaikutuksesta raketti tällöin kohoaa ylös raketin nopeuden kasvaessa siihen hetkeen saakka, jolloin räjähdysainepanos lopullisesti on muuttunut kaasuksi. Tällöin taikka vähän tämän jälkeen riippuen siitä, miten korkealla ilotulitus halutaan saada syntymään, hyötylasti syttyy aikaansaaden

[1] 3:s painos 1929: »*Wege zur Raumschiffahrt*».

ilotulituksen. Yleensä on ilotulitusrakettiin kuperkeikan ehkäisemiseksi kiinnitetty ohjaustanko.

Jos nyt aiomme konstruoida suuren avaruusraketin, on selvää, että hyötylastina emme käytä jotakin ilotulitusta aikaansaavaa räjähdysainetta, vaan rekisterikoneita, räjähdysainetta, joka räjähtäessään saa aikaan voimakkaan valovaikutuksen, ihmisiä tai muuta riippuen aina siitä tarkoituksesta, jota varten raketti on konstruoitu.

Ymmärtääksemme miten avaruusraketti muuten on konstruoitava, meidän on ainakin suunnilleen tunnettava ne säännöt, joiden mukaan raketit liikkuvat. Tahdon sen vuoksi seuraavassa lyhyesti tehdä selkoa näistä säännöistä.

Aloitan määrittelemällä muutamia käsitteitä. Sitä massaa, joka raketilla on ennen liikkeelle lähtöään, sanomme raketin *alkumassaksi*. Sitä massaa, joka raketilla on räjähdysainepanoksen tultua loppuun kulutetuksi, siis uunin, uuniaukon ja hyötylastin yhteistä painoa, sanomme raketin *loppumassaksi*. Sitä nopeutta, jolla räjähdysainepanoksesta syntyneet kaasut virtaavat ulos uuninaukosta, sanomme *ulosvirtausnopeudeksi*. Ulosvirtausnopeus lasketaan aina raketin suhteen, ja se voi olla joko vakinainen tai suuruudeltaan vaihteleva. Sitä nopeutta, joka raketilla on maan suhteen räjähdysainepanoksen juuri tultua loppuunkulutetuksi, sanomme raketin *loppunopeudeksi*.

Tarkastakaamme nyt rakettia, jossa ulosvirtausnopeus on vakinainen ja olettakaamme aluksi yksinkertaisuuden vuoksi, etteivät ilman vastus ja maan vetovoima ollenkaan vaikuta siihen.[1] Jos tällöin c = kaasujen ulosvirtausnopeus, V = raketin loppunopeus, M_0 = raketin alkumassa, M_1 = raketin loppumassa, pitää seuraava kaava paikkansa:

$$V = c \log \text{nat} \frac{M_0}{M_1}. \qquad (1)$$

Raketin loppunopeuden riippuvaisuus kaasujen ulosvirtausnopeudesta c, sekä raketin alkumassan ja loppumassan suhteesta $\frac{M_0}{M_1}$

$c \frac{m}{sek}$ \ $\frac{M_0}{M_1}$	5	10	15
1000	1600	2300	2700
2000	3200	4600	5400
3000	4800	6900	8100
4000	6400	9200	10800
5000	8000	11500	13500

Jos painovoima ja ilmanvastustus otetaan huomioon, loppunopeus V tulee olemaan pienempi kuin kaavan (1) oikea puoli. Miten paljon painovoiman vaikutus ja ilman vastus vähentävät loppunopeutta, riippuu eri seikoista, joihin tässä lyhyyden vuoksi en halua kajota.

Joka tapauksessa osoittaa meille kaava (1) ja viereinen taulukko, että jos tahdotaan rakentaa raketti, jolla on suuri loppunopeus, tämä voi tapahtua kahdella tavalla:

1) Antamalla räjähdysainepanoksen kaasuille suuri ulosvirtausnopeus.

[1] On ehkä syytä huomauttaa, ettei rekyyli vaikuttaakseen ollenkaan tarvitse mitään ympäröivää väliainetta. Päinvastoin tuollainen väliaine vain häiritsee sen vaikutusta.

lämmöksi. Mutta hyötyefekti riippuu sitä paitsi myös siitä, miten suuri ulosvirtausnopeus on verrattuna raketin nopeuteen maan suhteen.

Jos kaasujen ulosvirtausnopeus on vakinainen, on hyötyefekti riippuvainen raketin saavuttaman loppunopeuden ja tuon vakinaisen ulosvirtausnopeuden suhteesta. Suurin hyötyefekti aikaansaadaan, jos $V = 1{,}6 \cdot c$. Jotta tämä relaatio olisi voimassa, alkumassan tulisi olla noin 5 kertaa suurempi kuin loppumassan. Hyötyefekti olisi tällöin noin 52 %.

Jos taas kaasujen ulosvirtausnopeus ei ole vakinainen, vaan vaihteleva, hyötyefekti on riippuvainen siitä, miten suuri ulosvirtausnopeus on verrattuna raketin nopeuteen eri aikoina. Hyötyefekti kohoaa korkeimmilleen, kun kaasujen ulosvirtausnopeuden raketin suhteen yhtä suuri kuin raketin nopeus maan suhteen. Jos näin on asian laita, saavutetaan aina 70—80 % hyötyefekti.

Jos nyt raketin maanpinnalta kohoten on puhkaistava ilmakehä ja sitten saavutettava niin suuri nopeus, että se pääsee eroamaan maapallosta, siis voittamaan maan vetovoiman, on mahdollisimman suuren hyötyefektin saavuttamiseksi, se on mahdollisimman vähän energiankulutuksen aikaansaamiseksi, välttämätöntä, että raketilla joka hetki on aivan määrätty nopeus. Myös on raketin liikuttava osittain viistosti, se ei saa nousta aivan pystysuoraan, vaan tulee sen liikkua käyrää myöten. Raketin tulee, niinkuin Oberth sanoo, liikkua *edullisimmalla tavalla*. Professori Oberthin on onnistunut johtaa ne kaavat, jotka määräävät tämän edullisimman liikkeen.

Myös edullisimmassa liikkeessä tulee kaasujen ulosvirtausnopeus raketin suhteen olemaan jotakuinkin sama kuin raketin nopeus maan suhteen. Raketissa, joka liikkuu edullisimmalla tavalla, kohoaa hyötyefekti Oberthin mukaan noin 70 %:iin. Ainoa hukkaankulunut energia muuttuu tällöin lämmöksi, koska nimittäin ulosvirtaavat kaasut eivät liiku maan suhteen.

Palaamme nyt siihen vetyhappirakettiin, josta jo aikaisemmin puhuimme. Kuten edellisestä selviää, tällä raketilla on kaksi suurta vikaa. Se on

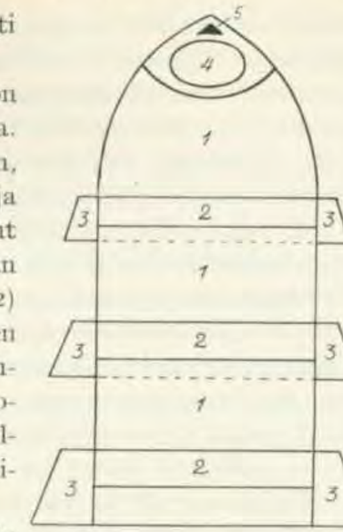
1) pienen ominaispainonsa ja jo alussa saavuttamansa liian suuren nopeutensa tähden kykenemätön voittamaan ilman vastusta ja

2) turhan epätaloudellinen. Hyötyefekti siinä on ainoastaan noin 40 %, jota vastoin raketissa, joka liikkuisi edullisimmalla tavalla, hyötyefekti voisi kohota aina noin 70 %:iin saakka.

Vetyhappiraketin suuri etu on kuitenkin, että se olisi kykenevä voittamaan maan vetovoiman, ellei ilmakehää olisi olemassa.

Nyt herää aivan luonnostaan kysymys: onko mahdollista konstruoida raketti, jolla on vetyhappiraketin juuri mainitsemani suuri etu ja joka sitä paitsi on vapaa sen molemmista suurista vioista. Oberth vastaa tähän kysymykseen: Tarvitsee vain rakentaa raketti, joka on kokoonpantu *useammista päällekkäin asetetuista osaraketeista* siten, että alempien rakettien räjähdysainepanokset ovat verrattain raskaita nesteitä, joiden kaasut virtaavat ulos noin 1 500—2 000 metrin sekuntinopeudella, ylimmän raketin ollessa vetyhappiraketin. Kun jonkin osaraketin räjähdysainepanos on loppuun kulutettu, annetaan tämän osaraketin

kokonaisuudessaan pudota maahan, joten raketti vapautuu turhasta kuolleesta painosta.



OBERTH'in moninkertainen raketti (kaavamaisesti).

1. Räjähdysainetankkeja.
2. Koneistoja.
3. Ohjauslaitteita.
4. Matkailijakomero.
5. Laskuvarjostin.

Tällainen monenkertainen Oberthin raketti on todella vapaa vetyhappiraketin molemmista vioista. Oberthin raketti voi 1) voittaa ilman vastuksen, koska sillä a) on tarpeeksi suuri ominaispaino ja koska b) sen alimmista osaraketeista tulevat kaasut virtaavat ulos niin hitaasti, ettei raketti vielä maan ilmakehässä kehitä liian suurta nopeutta. 2) Oberthin raketti on erittäin taloudellinen, sillä sen eri osarakettien eri aineista kokoonpannut räjähdysainepanokset pitävät kaasujen ulosvirtausnopeuden ja siis myös raketin nopeuden juuri sellaisena, että raketin liike tulee hyvin lähelle edullisinta liikettä.

Oberthin raketilla on myös vetyhappiraketin suuri etu, sillä sen ylin osaraketti on juuri vetyhappiraketti. Oberthin raketin päästyä ilmakehän yläpuolelle ovat jo kaikki alemmat raketit loppuun käytetyt ja siis tippuneet takaisin maahan. Tällöin alkaa vetyhappiraketti toimia, ja koska ei enää mikään ilmakehä ehkäise sen nousua, se voi nyt haitatta kehittää sen suuren loppunopeuden, joka vaaditaan maan vetovoiman voittamiseksi. Kun tämä loppunopeus on saavutettu, pannaan kone seisomaan, ja raketti liikkuu lasteineen edelleen avaruudessa saavuttamansa nopeuden ja taivaankappalten vetovoimain kuljettamana.

Olen nyt lyhyesti selostanut niitä periaatteita, joihin Oberthin raketti perustuu. Onko nyt todella mahdollista käytännössä toteuttaa näitä periaatteita, s. o. voidaanko tekniikan nykyisillä apuneuvoilla todella rakentaa monenkertainen Oberthin raketti? Oberthin itsensä vastaus kuuluu: *»On. Vieläpä on mahdollista rakentaa raketteja, jotka voivat kuljettaa ihmisiä mukanaan muihin taivaankappaleisiin.»*

Tahdon lyhyesti mainita, mitkä ovat ne *teknilliset päävaikeudet*, jotka asettuvat eteemme, kun koetamme rakentaa Oberthin raketteja. Nämä päävaikeudet ovat:

1) Räjähdysainepanosten kuljettaminen raketin mukana.

2) Räjähdysaineiden puristaminen uuninaukkoon, jossa räjähdysaineiden on muututtava kaasuiksi.

3) Uuninseinän ja uuninaukon suojeleminen siltä hirvittävältä kuumuudelta, jonka räjähdysaineiden kaasuiksi muuttuminen saa aikaan.

4) Raketin rakentaminen tarpeeksi vahvaksi eli stabiiliksi, niin ettei se ilmakehässä mahdollisesti heilahdellessaan katkea.

En nyt halua puuttua siihen, miten Oberthin ja muiden asiantuntijoiden mm.

böhmiläisen VLADIMIR MANDLin mukaan nämä teknilliset vaikeudet olisivat voitettavissa. Näiden ja muiden rakettiprobleemaan liittyvien seikkojen selvittämiseksi on viime vuosina Saksassa suoritettu kokeiluja, joiden menestys on ollut laadultaan vaihtelevaa. Osittain on näiden kokeilujen tuloksia, silmälläpitäen niiden sotilaallista merkitystä, pidetty salassa. Ovatpa avaruusrakettikokeet jo vaatineet ainakin yhden erittäin raskaan ihmisuhrinkin: vuonna 1930 toukokuun 17. päivänä kuoli nuori avaruusrakettiprobleemalle elämänsä vihkinyt itävaltalainen insinööri MAX VALIER nesteraketin räjähdykseen.[1]

Varsinaisiin avaruusraketteihin ei ilmeisesti vielä ole päästy, ei edes sellaisiin, jotka kykenisivät kohottautumaan yhtä korkealle kuin nykyaikaisten tykkien ammukset. Kehitys kulkee tässä verkalleen, aivan samoin kuin muitakin suuria keksintöjä valmistettaessa aina tähän asti on ollut asian laita. Mutta ajan täyttyessä on kai sitten ensimmäinen matkustajaraketti lähtevä matkalle kuuhun ottaen mukaansa yhden tai kaksi ihmistä.

Koetan nyt kuvailla niitä elämyksiä, joita avaruusraketin matkustajilla tulee olemaan. Kemiallisin keinoin aikaansaadaan, että matkakomerossa vallitsee sama ilmanpaine kuin maan pinnalla ja sama lämpötila kuin asuinhuoneissa maapallolla. Sen sijaan tulevat vetovoima- eli graviaatiosuhteet olemaan aivan erilaiset kuin maan pinnalla. Raketin kulkiessa ilmakehän läpi raketin nopeus on kiihtyvä. Matkailijoista tuntuu siltä, kuin olisi painovoima noin 4 kertaa voimakkaampi kuin maan pinnalla. Makaamalla riippumatoissa voivat matkailijat kuitenkin ilman kovin rasittavaa pahoinvointia kestää tämän; he eivät joudu sellaisen hirvittävän sysäyksen kohteiksi kuin JULES VERNEn tykinluodin matkustajat luodin liikkuessa tykin putkessa — tuollainen alkusysäys tappaisi, kuten jo mainittiin, heti kaikki luodin sisässä olevat oliot. Heti kun raketin koneita aletaan panna seisomaan, häviää kuitenkin tuo nelinkertaisen vetovoiman tunne verraten pian ja koneiden täydellisesti pysähdyttyä, jolloin raketti on oman nopeutensa ja taivaankappalten vetovoimain vapaasti kuljetettavana, tuntuu kuin ei mitään vetovoimaa olisi olemassakaan. Ylös ja alas ovat tällöin menettäneet merkityksensä ja matkailijat voivat leijailla vapaasti komerossaan. Vetovoimasuhteet ovat tällöin ihmiselle samat kuin ne ovat hänen sukeltaessaan vedessä alastomana.

Matkakomeron seiniin on kiinnitettävä kädensijoja, joista vetämällä matkailijat voivat helposti päästä liikkumaan komerossa. Ravintoa nautittaessa on noudatettava suurta varovaisuutta. Esim. juomia on säilytettävä korkatuissa pulloissa ja ehdottomasti juotava suoraan niistä. Jos avaamme tuollaisen pullon ja liikutamme sitä pullon aukon suuntaan, lähtee koko sisältö ulos pullosta, muodostuu pallon muotoiseksi sekä etenee suoraviivaisesti tasaisella nopeudella kunnes kohtaa jonkin esteen. Tällöin se pirstoutuu useaksi pienemmäksi nestepalloksi, jotka vuorostaan ponnahtaen alkavat liikkua suoraviivaisesti ja tasaisesti eri suuntiin komerossa. Tällaista jatkuu, kunnes koko komero on täyttynyt

[1] Vrt. Willy Ley: *Grundriss einer Geschichte der Rakete*, Berlin 1932.

näkymättömän pienillä nestepisaroilla. Tämän laatuisten erehdysten välttäminen on tietysti aluksi hiukan vaivalloista, mutta siihen voi epäilemättä tottua.

Parin päivän matkan jälkeen tullaan sitten kuun läheisyyteen. Kuuhun laskeutuminen tapahtuu siten, että koneet jälleen pannaan käyntiin. Ohjauslaitteen avulla, joka tekee mahdolliseksi kaasujen uloslaskemisen vain määrätystä kohden uuninaukkoa, käännetään uuninaukko kuuhun päin. Täten voidaan jarruttaa raketin liikettä sen pudotessa kuun vetovoiman vaikutuksesta kuuta kohden niin, ettei tapahdu mitään onnettomuutta raketin lopullisesti laskeutuessa kuuhun. Kuussa voivat matkustajat sitten lähteä kävelylle sukeltajanpuvuissa. Koska kuussa ei ole ilmaa, on ilmalla varustettujen ja lämmitettyjen sukeltajanpukujen käyttö aivan välttämätöntä. Niiden täytyy olla sangen tiiviitä, ja sen vuoksi sisältää paljon ainetta, varsinkin metallia; mutta kuun pinnalla ne eivät kuitenkaan paina paljoa, sillä kuun pinnalla on kuun vetovoima vain $^1/_{80}$ maan vetovoimasta maan pinnalla.

Kuumaiseman näkeminen ensimmäistä kertaa tulee varmaankin olemaan suurenmoisin elämys, mikä ihmisellä siihen asti koskaan on ollut. Musta taivas, häikäisevä aurinko, jättiläiskokoiselta näyttävä maa, eriväriset tähdet, majesteettiset vuoret ja merkilliset kraatterit aivan sysimustine jyrkkäreunaisine varjoineen, jylhä ja kuollut jäinen luonto, kaikki tuo on epäilemättä jotakin aivan käsittämätöntä, kaameata. Kahleista vapautuneita ovat ne ihmiset, jotka tuon ensimmäisinä näkevät. Vaikkapa heidän matkansa loppuisikin tähän raketin koneistoon tulleen vian johdosta tai muusta syystä, heidän elämänsä olisi ollut sanomattoman paljon enemmän arvoinen kuin kenenkään aikaisemman ihmisen.

Kuusta palaaminen maahan tapahtuu saman periaatteen mukaan kuin lähtö maasta kuuhun. On huomattava, ettei kuuhun laskeutuminen ja sieltä lähteminen vaadi ollenkaan niin paljoa polttoaineita kuin maasta irroittautuminen. Tämä johtuu tietenkin ensi sijassa siitä, että kuun vetovoima, kuten jo mainitsin, on vain $^1/_{80}$ maan vetovoimasta mutta myös siitä, ettei kuulla ole ilmakehää.

Kun sitten taas lähestytään maata, laskeudutaan siihen muuten samoin kuin aikaisemmin on laskeuduttu kuuhun, paitsi että tällöin voidaan myös käyttää raketin keulassa olevaa laskuvarjostinta. Tämä tietää huomattavaa polttoaineiden säästöä.

Heti ensimmäisen kuunmatkan onnistuttua aletaan tietysti tehdä uusia samanlaisia matkoja, jotta kokemusperäisesti saavutettaisiin mahdollisimman syvällinen rakettikoneiston toimintatavan tuntemus. Sitten aletaan suunnitella matkoja muihin planeettoihin, käydään katselemassa Venuksen alati pilvien peitossa olevia sateisia ja kuumia tropiikkeja, joissa kenties hirvittävät matelijat mellastelevat samoin kuin maapallolla muinoin eräänä kehityskautena. Matka Venukseen tai Marsiin kestää jo muutamia kuukausia, Merkuriukseen jonkin verran kauemman aikaa, Jupiteriin vuosikausia. Kaasumaisessa olotilassa olevaan Jupiteriin yhtä vähän kuin Saturnukseenkaan tietenkään ei voida laskeutua, mutta sen sijaan kyllä näiden kiertotähtien lukuisiin kuihin. Ainutlaatuisia seikkailumahdollisuuksia tulevat Marsin kääpiökuut tarjoamaan; ne ovat niin pieniä — niiden läpimitat ovat vain muutamia kilometrejä — että niihin laskeutuminen tulee vaatimaan aivan erikoista taitoa avaruusrakettien ohjaajilta. Sama koskee myös pikkuplaneettoja.

On tietysti mahdotonta kuvitella varmuudella minkälaisiksi ihmiskunnan vaiheet ensimmäisten avaruusretkeilyjen aikana muodostuvat. Lienee sentään oikeutettua otaksua, että tällaiset suuret saavutukset tulevat olemaan omiaan kääntämään pois ihmisten ajatuksia kaikenlaisista kosmilliselta kannalta vähäpätöisistä kiistakysymyksistä maapallolla. Sotia tullaan kai kyllä käymään, mutta suuremmassa mittakaavassa. Ihmiset tuskin koskaan lakkaavat taistelemasta, sillä ne, joilla on mielikuvitusta, toiminta- ja seikkailunhalua, ovat myös valmiita taistelemaan päämääriensä saavuttamiseksi. Vastakohta on rappeutumisen merkki.

Luonnontieteiden kehitykseen avaruusmatkat tulevat vaikuttamaan aivan kokonaan käänteentekevästi. Perustamalla ilmakehättömiin taivaankappaleisiin laboratorioita ja tähtitorneja saamme mahdollisuuksia suorittaa kokeita ja tehdä havaintoja sellaisissa olosuhteissa ja niin laajassa mittakaavassa, että meidän tähänastiset kokeilumme niihin verrattuina tuskin ovat enemmän arvoiset kuin esim. OTTO V. GUERICKEn 1600-luvulla suorittamat primitiiviset sähköleikit verrattuina nykyiseen sähkötekniikkaan. Ei tunnu mahdottomalta sellainen otaksuma, että täten johdumme keksintöihin, jotka tekevät jopa aurinkokunnan ulkopuolelle ehkäpä tähtiinkin saakka ulottuvat matkat mahdollisiksi. On epätodennäköistä, että ihminen asettuu lepoon ja vajoaa hiljaiseen vaatimattomaan toimettomuuteen niin kauan kuin hän vielä näkee ympärillään sellaista, jota hän ei hallitse tai jota hän ei ymmärrä. Mutta tällaiset haaveet vievät ehkä jo liian kauaksi tulevaisuuteen.

TÄHTITIETEEN TYÖMAILTA TURUSTA.

Kirj. YRJÖ VÄISÄLÄ.

Hiukan yli 10 vuotta sitten kirjoitin Ursan ensimmäiseen julkaisuun kirjoituksen »Tähtitieteen harrastajan työmaita», jossa mm. mainitsin niistä ensi yrityksistä tähtitieteen harrastuksen herättämiseksi ja tähtitieteellisen havaintotyön aloittamiseksi, joihin silloinen Ursan Turun osasto ja ensi askeleitaan tapaileva Turun Yliopiston Tähtitorni käsi kädessä olivat ryhtyneet. Vaatimattomia olivat silloiset tähtitieteelliset havaintovälineemme, lähinnä verrattavia eräitten maassamme olevien yksityisten harrastelijoitten tai Ursan osastojen välineisiin, ja työmahdollisuudet ja saavutukset olivat sen mukaiset. Kun nyt vuosikausien työn tuloksena tähtitornimme ja muut välineemme on kehitetty sille asteelle, että voimme eräillä tähtitieteen aloilla suorittaa tieteelle hyödyllistä työtä, lienee paikallaan antaa ursalaisille lyhyt kuvaus tapahtuneesta kehityksestä ja yleensä koko tähtitieteellisestä toiminnasta Turussa kuluneena aikana.

Turun Yliopistossa on vuodesta 1924 lähtien annettu opetusta tähtitieteessä, ja v. 1927 perustettiin tähtitieteen professorin virka, jota hoitamaan varsinaisen virkansa ohella allekirjoittanut samalla määrättiin. Yliopistoa perustettaessa hankituissa fysikaalisissa kokoelmissa oli joitakin pieniä tähtitieteellisiä koneita, ja niistä saatiin alku tähtitieteelliselle konekokoelmalle. Näitten käytöstä ja pysyväisen tähtitornin rakennushommista on Ursan ensimmäisessä julkaisussa hiukan tehty selkoa.

Kun Turun Yliopisto on voinut antaa tähtitieteellisten koneitten hankkimiseen ja ylläpitämiseen vain verrattain pienen vuotuisen määrärahan, ei voitu ajatellakaan nykyaikaisten vaatimusten mukaisten koneiden ostamista näillä varoilla. Mutta oli olemassa toinenkin, joskin aikaa vievä ja kärsivällisyyttä kysyvä menettelytapa, nimittäin koneitten valmistaminen omin voimin. Ylioppilaitten harjoitustöitä varten jo valmistettiin vaatimaton pasaasikone, jonka kaukoputki on samankokoinen kuin Ursan maaseutuosastojen pienissä refraktoreissa, siis objektiivin läpimitta 6 cm ja polttoväli 75 cm. Objektiivikin valmistettiin itse ja laakereita kannattavat pilarit tehtiin aluksi puusta, mutta raudoitettiin muutamia vuosia myöhemmin. Tällä yksinkertaisella koneella saa huolellinen havaitsija määrätyksi ajan tähtien avulla parin kymmenesosasekunnin tarkkuudella. Alussa tehtiin koneella havaintoja yliopiston pihaan rakennetulta pilarilta, johon kone joka ilta oli säilytyshuoneesta kuljetettava, mutta ensimmäisen tähtitornin valmistuttua (kuva edell. julk. s. 48) asetettiin kone nykyiselle paikalleen meridiaanihuoneeseen. Toivottavasti ehdimme lähivuosina valmistamaan suuremman ja ankarampia vaatimuksia vastaavan pasaasikoneen, jolloin nykyinen »säästäväisyyssysteemiä» oleva kone saa siirtyä museoon tai romutettavaksi.

Meridiaanihuoneesta kiertokuvulla varustettuun torniin johtavan oven vieressä olevaan sementtipilariin on kiinnitetty Wienistä hankittu muutamia tuhansia maksava tähtiaika-heilurikello, joka näkyy sekä pasaasikoneella työskentelijälle että kiertokuputornissa olevaa pikku refraktoria (objektiivi 9 cm) käyttävälle havaitsijalle. Viimeksimainittua konetta, joka on saksalaista tekoa ja tullut tänne yliopistoa perustettaessa, on nyt yli 12 vuotta käytetty sunnuntaisin taivaankappalten näyttämiseen yleisölle ja arki-iltoina ylioppilaitten harjoitustöihin. Mutta onpa sitä kerran käytetty tieteelliseenkin havaintoon. Vuonna 1927 joulukuussa ilmestyi näet eteläiselle taivaanpallon puoliskolle hyvin kirkas pyrstötähti (keksijät SKJELLERUP ja MARISTANY), joka liikkui nopeasti pohjoiselle taivaalle ja pysytteli koko ajan niin lähellä aurinkoa, että sen voi havaita vain auringon ylhäällä ollessa tai välittömästi auringon laskun, myöhemmin sen nousun tienoilla. Taivas oli siis joka tapauksessa valoisa pyrstötähteä havaittaessa ja sen vuoksi ei tähden paikkaa voitu määrätä tavalliseen tapaan lähellä olevien kiintotähtien avulla, vaan täytyi paikan määräämisessä käyttää apuna koneen ympyröitä, jotka parallaktisesti asetetuissa koneissa tavallisesti ovat verrattain karkealla jaoituksella varustettuja. Suurissakin tähtitorneissa tehdyt uuden pyrstötähden paikanmittaukset olivat siis vain likimääräisiä ja ensi hätään suoritetut radanmääräykset suuresti virheellisiä. Tähteä etsittiin sen vuoksi kymmenkunta astetta ylempää kuin se todellisuudessa oli. Kaipa lienevät pilviset ilmatkin olleet vaikuttamassa siihen, että tähteä ei mainittuna vuonna joulukuun 21. p:n jälkeen enää saatu muualla havaituksi, mutta Turussa sattui vastoin joulukuun tapoja sellainen ihme, että joulukuun 22. p:n iltana ja jouluaamuna oli kirkasta, ja kummallakin kerralla sain pyrstötähden paikan määrätyksi mainitulla pikku koneella ja näinpä pyrstötähden paljain silminkin. Nämä olivat viimeiset sinä vuonna tehdyt havainnot, pyrstötähti katosi näet auringon säteisiin. Vasta seuraavassa maaliskuussa saatiin pyrstötähti havaituksi, nimittäin eteläisellä pallonpuoliskolla valokuvauksen avulla. Mainittakoon vielä, että luultavasti tarkimpiin joulukuussa tehtyihin havaintoihin kuului 22. p:nä suorittamani havainto, jolloin mittasin sekstantilla (jaoitus 10") pyrstötähden etäisyyden Jupiterista ja Vegasta. — Näiden rivien tarkoituksena on osoittaa, että tähtitieteen harrastelija voi vielä nytkin erikoisissa olosuhteissa saada tilaisuuden suorittaa hyödyllisiä havaintoja, vaikka hänen välineensä olisivat hyvinkin vaatimattomia.

Ensimmäisiä tehtäviä ryhdyttäessä luomaan tähtitieteellistä laitosta myös tieteellistä työtä silmällä pitäen oli kohtalaisen kokoisen yleiskoneen hankkiminen. Käyttövaramme huomioon ottaen oli valinta linssi- tai peilikaukoputken välillä helppoa: vain peilikaukoputki tuli kysymykseen. Päätin rakentaa lähes

40 cm läpimittaisen Cassegraintyyppisen teleskoopin. Raakalasin tällaista peiliä varten olin jo ennen Turkuun muuttamista itselleni hankkinut. Koneen rakentaminen kesti useita vuosia jo senkin vuoksi, että kustannukset varojen niukkuuden vuoksi oli jaettava monelle vuodelle, mutta huomattavasti viivästytti valmistumista eräs samoihin aikoihin käynnissä ollut tieteellinen työ (pituusmittaus valon interferenssillä), johon allekirjoittaneelta meni paljon aikaa.

Teleskoopin parabolisen pääpeilin aukko on 35 cm ja polttoväli 180 cm. Teleskoopin polttoväli kuperan hyperbolisen peilin kanssa (Cassegrain-systeemi) on 520 cm, ja saadaan teleskoopilla 65—1 000 kertaisia suurennuksia. Linssiobjektiivilla varustetun johtoputken aukko on 130 mm ja polttoväli 1 900 mm. Teleskoopin kylkeen on kiinnitetty $^{6}/_{75}$ cm hakukaukoputki, ja vielä on siinä kiinnikkeet pientä valokuvauskonetta varten.

Samoihin aikoihin, kun äsken mainittua teleskooppia ruvettiin rakentamaan, ruvettiin myös huolehtimaan tornin rakentamisesta sille. Varat siihen puuttuivat, mutta silloin tuli Ursa avuksi. Turkuun oli perustettu Ursan haaraosasto, ja tämä päätti rakennuttaa tarvittavan tornin ja sai vastapalvelukseksi oikeuden yliopiston kaukoputkien käyttöön. Tällainen yhteistoiminta, jota nyt on toistakymmentä vuotta jatkunut, on erittäin hyvin käynyt päinsä. Turun Ursa ja yliopiston tähtitorni ovatkin tähän asti olleet jonkinlaisessa »personaaliuniossa» keskenään, kun sama henkilö on ollut kummankin johtajana. Rahoja Ursan Turun osastolla ei kuitenkaan ollut tarpeeksi, mutta niitä saatiin ottamalla laina Ursan johtokunnan suostumuksella ja täkäläisten ursalaisten takuulla. Uusi torni on 4 metriä läpimitaltaan samoin kuin aikaisemmin valmistunut yliopistonkin torni, ja se tuli maksamaan hiukan yli 10 000 markkaa. Kuvun katto on faneeria, joka on peitetty semptalin-kattohuovalla, ja se pyörii kolmen teräskuulan varassa hyvin kepeästi vain kädellä vetäen. Kun myöhemmin (1927) Ursan haaraosastomme käytännöllisistä syistä muodostettiin itsenäiseksi yhdistykseksi »Turun Ursa», siirtyi torni velkoineen uudelle yhdistykselle. Turun Ursa on edelleenkin ollut läheisessä vuorovaikutuksessa »isoon» Ursaan. Siten Turun Ursan jäsen Helsinkiin muuttaessaan pääsee ilman muuta Ursan jäseneksi ja päinvastoin.

Tähtinäytäntöjä yleisölle ovat yliopiston tähtitorni ja Turun Ursa yhteistyössä toimeenpanneet kirkkaina sunnuntai-iltoina v:sta 1924 lähtien. Maksu on ollut 3 markkaa hengeltä, mutta ursalaiset ovat tietysti päässeet ilmaiseksi katsomaan. Koulujen luokille on sopimuksen mukaan näytetty taivaankappaleita arki-iltoinakin, ja maksu on tällaisissa ryhmänäytännöissä ollut 2 mk oppilasta kohti. Näyttäjinä ovat toimineet tähtitornimme »ammattilaiset» avustajinaan ursalaisia, mutta viime aikoina on näytännöistä pitänyt huolta eräs ensimmäisiä ursalaisia, maisteri IRJA KLEMOLA. Sitten kun uusi teleskooppi saatiin valmiiksi, voitiin tähtinäytännöt järjestää hyvin tehokkaiksi. Isolla teleskoopilla näytettiin heikkovaloisia esineitä, kuten tähtijoukkoja ja tähtisumuja sekä planeettoja, yliopiston tähtitornin refraktorilla näytettiin kuutaja helpompia kaksoistähtiä ja työpajassamme valmistunut $^{6}/_{75}$ cm »maaseutuputkemme» ja myöhemmin sen sijaan käytäntöön otettu metallijalustalla varustettu $^{8}/_{100}$ cm refraktorimme oli tavallisesti varustettu pienellä suurennuksella ja jatkuvasti suunnattuna esim. Seulasia kohti. Kaikkein komeimpana näkyi mainittu tähtijoukko kuitenkin ison teleskoopin johtokaukoputkessa, sitten kun siihen oli pantu heikoimmin suurentava okulaari (polttoväli 8 cm, vastaava kaukoputken suurennus 24-kertainen). Mielenkiintoista oli katsella esim. Herkuleen pallotähtijoukkoa vuorotellen eri koneilla. Pikku refraktorissa se näkyi sumutäplänä, vanhassa refraktorissa erotti jo reunaosissa jonkin tähden, mutta peiliteleskoopissa hajosi joukko suunnattomaksi määräksi pikku tähtiä. Suurin menestys katsojien paljouteen nähden saavutettiin erästä pyrstötähteä näytettäessä, ja kerran sunnuntaina toukokuussa, jolloin keskellä päivää näytettiin Venusta, kaksoistähtiä ja auringon pilkkuja.

Isoa teleskooppia oli aikomus ruveta käyttämään myös tieteellisiin havaintoihin, ja sitä varten oli siihen hankittava lisälaitteita. Valonvoimakkuusmittauksia varten oli hankittu Rosenbergin universaalifotometri, ja ensi sijassa planeettojen ja pyrstötähtien paikanmääräyksiä varten valmistettiin positioympyrä ja ruuvimikrometri sekä etupäässä ylioppilaiden harjoitustöitä silmällä pitäen myös risti- ja rengasmikrometri. Kun pienimpäin planeettojen havainnot ja nykyisin kaikki uusien planeettojen keksinnöt tapahtuvat valokuvauksen avulla, ruvettiin suunnittelemaan myös sopivan valokuvauskoneen hankkimista teleskoopin yhteyteen. Planeettojen valokuvauksessa ovat enimmin käytäntöön tulleet lyhytpolttoväliset (aukon suhde polttoväliin tavallisesti 1 : 4.5 tai 1 : 5), laajakulmaiset, kolmi- tai nelilinssiset anastigmaattiset objektiivit, aikaisemmin Petzvalobjektiivit, viime aikoina tripletit ja sen nelilinssiset muunnokset. Jotta objektiivin keräämä valovoima olisi mahdollisimman suuri, aukko on tehtävä suureksi. Polttoväli on taas edullista koettaa saada mahdollisimman pieneksi, jotta planeetta liikkuessaan kiintotähtien suhteen piirtäisi levylle viivaa mahdollisimman hitaasti, sillä silloinhan valotusaikaa pidentämällä saadaan planeetta vaikuttamaan mahdollisimman kauan aina samaan kohtaan levyä ja vastaavasti heikompivaloiset planeetat tulevat näkymään levyllä. Lyhyestä polttovälistä on myös se hyöty, että samaa levykokoa käyttäen saadaan suurempi ala taivasta levylle kuvatuksi kuin pitempipolttovälisellä objektiivilla. Tietysti koetetaan saada objektiivi mahdollisimman laajakulmaiseksi, sillä onhan edullista saada yhdellä valotuksella mahdollisimman suuri ala taivaasta levylle.

Äsken mainitut objektiivilla asetettavat vaatimukset ovat, kuten hyvin käsittää, objektiivia konstruoitaessa keskenään ristiriitaisia. Jos tahdottaisiin valokuvata vain sellaisia planeettoja (tai pyrstötähtiä), joiden paikka on verrattain tarkkaan tunnettu ja vain yksi planeetta kerrallaan, kelpaisi tarkoitukseen tavallinen lyhytpolttovälinen parabolinen peili. Sehän on täysin akromaattinen, valoa menee hukkaan vain valon heijastuessa peilin hopeoidusta pinnasta, valmistaminen vieläpä aukkosuhteen ollessa niinkin suuri kuin 1 : 3 ei tuota kokeneelle optikolle mainittavia vaikeuksia, aukko voidaan tehdä suuremmaksi kuin linssiobjektiiveissa kuvatarkkuuden ollessa levyn keskessä hyvin suuri, ja hinta on

huomattavasti huokeampi kuin samanaukkoisten linssiobjektiivien. Mutta parabolisella peilillä on se paha vika, että sen käyttökelpoinen näkökenttä on hyvin pieni ja sitä pienempi, mitä suurempi on aukkosuhde. Hampurin tähtitornissa (ja samoin Ucclen tähtitornissa Belgiassa) on peiliteleskooppi, jonka parabolisen peilin läpimitta on 1 metri ja polttoväli vain 3 metriä. Minulla oli kerran tilaisuus katsella mainitulla Hampurin teleskoopilla otettuja tähtilevyjä. Kuvat olivat suurennuslasilla katsoen moitteettoman säännöllisiä ja pieniä vain parin kolmen senttimetrin läpimittaisella alalla keskellä levyä, mutta levyn reunaosissa (levykoko 13 × 18 cm^2) ne olivat hyvin suuria ja epäsäännöllisiä kuten pyrstötähdet (coma-ilmiö). Omia tähtivalokuvauskokeilujamme varten valmistimme peiliteleskoopin, jonka peilin läpimitta on 13 cm ja polttoväli 34 cm, siis suhde 1 : 2.6. Kuvat ovat levyllä täysin säännöllisiä ja pieniä vain 5—6 mm laajuisella alalla. Tavallisen lyhytpolttovälisen peiliteleskoopin käyttökelpoinen näkökenttä on siis hyvin pieni.

Käytännössä olevilla linssianastigmaateilla saadaan pyöreästi arvioituna läpimitaltaan noin 10-kertainen levy selvästi kuvatuksi, siis 100 kertaa niin suuri ala taivasta kuin suunnilleen vastaavalla parabolisella peilillä. Suurimpien käytännössä olevien anastigmaattien aukko on 40 cm ja polttoväli 2 metriä. Tällaiset objektiivit ovat kuitenkin hyvin kalliita, hinta sadoissa tuhansissa markoissa laskettavissa. Päästäksemme edes hiukan valokuvauksen makuun hankin noin 10 vuotta sitten tähtitornillemme Zeissiltä kaikkein pienimmän astrotripletin, jonka aukko on 6 cm ja polttoväli 27 cm (suhde 1 : 4.5). Suomen markka oli siihen aikaan huomattavasti suuremmassa arvossa kuin nyt, mutta objektiivi maksoi silti noin 4 000 markkaa. Tämä objektiivi kuvaa levylle noin 15 asteen läpimittaisen alan taivaasta verrattain tarkasti. Suurempikokoisissa objektiiveissa käyttökelpoinen kenttä on jonkin verran pienempi.

Saadaksemme hankituksi edes keskikokoisen anastigmaatin emme sellaisen ostamista voineet ottaa kysymykseenkään. Olisihan esim. 20 cm aukkoisen tripletin ostoon mennyt suurin osa tähtitornimme vuotuismäärärahasta ehkä 10 vuoden aikana. Ei ollut muuta keinoa kuin ruveta itse valmistamaan objektiivia. Huippusuuruutta emme sittenkään voineet ajatella, sillä voidaksemme ostaa objektiiviin tarvittavat kalliit optilliset raakalasilevyt olisimme sitäkin varten saaneet säästää määrärahojamme kymmenkunta vuotta. Päätimme siksi hioa enintään noin 20 cm läpimittaisen tripletin. Suunnilleen sen kokoisilla, osittain hiukan pienemmilläkin tehdään nykyisinkin vielä planeettahavaintoja, joskin uusien planeettojen keksimisessä pääsevät voitolle mahtavammilla välineillä varustetut tähtitornit.

Ennen kuin objektiivia päästiin hiomaan, se oli ensin laskemalla suunniteltava. Tällainen lasku ei ole aivan pienitöinen. Se on hyvin verrattavissa useamman vuoden havainnoista suoritettavaan taivaankappalten ratojen laskuihin. Työn suoritti kaksi naisylioppilasta fysiikan erikoistyönään. Ennen kuin kuitenkaan oli ehditty ruveta linssejä hiomaan, tuli tunnetuksi Viron Naissaaressa syntyneen, Hampurin tähtitornissa työskentelevän optikon B. Schmidtin mullistava teleskooppikeksintö. Schmidtin keksintö on tehokkuudestaan huolimatta periaatteeltaan sangen yksinkertainen. Pääpeili on tarkasti pallon muotoinen ja tällöin esiintyvä eri vyöhykkeiden polttopisteiden eroavaisuus (palloaberraatio) on korjattu peilin kaarevuuskeskipisteen kohdalle asetetulla ohuella lasilevyllä, jonka etupinta on taso ja takapinta hiottu sellaiseksi (ensi lähenemisessä neljännen asteen pinta), että sen poikkeukset tasosta kumoavat pääpeilissä esiintyvän palloaberraation. Tämä korjauslasi on asetettava pallon kaarevuuskeskukseen, siis kaksinkertaisen polttovälin päähän pallopeilistä sen vuoksi, että sen vaikutus myös vinosti teleskooppiin tuleviin säteisiin on silloin suunnilleen sama kuin teleskoopin akselin suuntaisiin säteisiin. Korjauslasin ja peilin yhteisvaikutuksesta tulee palloaberraatio, coma ja astigmatisuus poistetuksi vielä hyvinkin vinosti tuleviin säteisiin nähden, joten kuvat muodostuvat pistemäisiksi pallopinnalle, jolla on sama kaarevuuskeskipiste kuin pallopeilillä. Valitettavasti ei teleskoopissa kuvapinnan kaarevuuden vuoksi voi käyttää tasaisia valokuvauslevyjä, vaan olisi siinä käytettävä kuperia. Kun sellaisten valmistus tulisi hyvin kalliiksi, käytti Schmidt teleskoopissaan kuperaksi painettuja filmejä ja sai siten 8 asteen läpimittaisen alan taivasta selväksi. Ja kuitenkin oli teleskoopin aukkosuhde 1 : 1.65 (aukko 38 cm, polttoväli 62 cm).

Schmidtin teleskoopissa voi kyllä käyttää tavallisiakin valokuvauslevyjä, mutta käyttökelpoisen kentän ala pienenee tällöin noin kymmenenteen osaan. Kuitenkin se on huomattavasti suurempi kuin vastaavan parabolisen peilin kenttä. Kun ainoa huomattava kuvavirhe on kuvapinnan kaarevuus, oli lähellä ajatus oikaista kuvapinta mahdollisimman lähelle levyä asetetun kuperantasaisen linssin avulla, jota vastaavaa keinoa joskus on esitetty tavallisissa valokuvauskoneissa käytettäväksi. Kun kuitenkaan käytännössä linssiä ei voida panna aivan levyyn kiinni ja linssin paksuus myös tulee huomattavaksi, linssi aiheuttaa kuvaan virheitä, jotka pienentävät käyttökelpoista kenttää. Ryhdyin sen vuoksi laskemaan, eikö sopivan muotoista linssiä käyttämällä ja korjauslasia siirtämällä ja mahdollisesti senkin muotoa muuttamalla voitaisi saada teleskooppia sellaiseksi, että verraten suurtenkin tasaisten valokuvauslevyjen käyttö siinä tulisi mahdolliseksi.

Alustavien laskelmieni perusteella valmistin kevättalvella 1934 koeteleskoopin, jonka aukko on 17 cm ja polttoväli 34 cm, siis suhde 1 : 2. Tulos oli erinomainen: käyttökelpoisen kentän läpimitta oli ainakin kymmenen kertaa niin suuri kuin aikaisemmin mainitussa parabolisessa peilissämme, jolla on sama polttoväli, mutta aukko pienempi, nimittäin 13 cm. Kun koeteleskooppia tehdessäni olin kehittänyt suhteellisen nopean ja varman keinon korjauslasin hiukan tasosta poikkeavan erikoislaatuisen pinnan tekemiseksi, jota työtä eri tahoilla tieteellisessä kirjallisuudessa esi ntyneiden mainintojen mukaan pidetään hyvin vaikeana, meille avautui mahdollisuudet niin tehokkaan teleskoopin valmistamiseen, etten sellaista aikaisemmin ollut uskaltanut haaveillakaan. Rajan teleskoopin aukolle pani nytkin raaka-aineiden hinta, mutta kun laskelmilla ja kokeiluilla olin tullut siihen tulokseen, että korjauslasiksi polttovälin lyhyyden vuoksi kelpaa kaikkein

huokein optillinen lasi, vieläpä hätätilassa hyvä peililasikin, uskalsin ryhtyä rakentamaan teleskooppia, jonka aukko oli oleva 50 cm.

Tiedustelin kiireellisesti Jenan lasitehtaalta mainitun kokoista noin 25 mm paksua optillista lasia, jolle en asettanut muita vaatimuksia, kuin että sen piti olla optillista lasia, jossa ei esiintynyt karkealaatuisia virheellisyyksiä. Sainkin tyydyttävän tarjouksen, hinta 11—12 kg levystä hiukan yli 400 mk kilolta. Paras objektiivilasi olisi maksanut moninkertaisesti. Kun hiukan aikaisemmin olin saanut tarkan hinta-ilmoituksen pääpeiliin tarvitsemastani noin 60 cm läpimittaisesta hyvin jäähdytetystä peililasilevystä, tilasin lasit toukokuussa 1934 ja pyysin tieteellisistä rahastoista avustusta teleskoopin suoranaisten kustannusten suorittamiseksi. Panin samalla teleskoopin putken valmistuksen alulle, ja lasien saavuttua parin kuukauden perästä alkoi niitten hiominen. Pallopeilin kovertamisessa oli jo huomattava työ, olihan siitä näet hiomalla kulutettava noin 10 kiloa lasia pois, mutta tämä työ oli kuitenkin yksinkertaista laadultaan. Enemmän kärsivällisyyttä vaati muutamien sadasosamillimetrien poishiominen korjauslasin erikoispinnan valmistuksessa, kun tämä työ oli suoritettava ainakin tuhannesosa millimetrin tarkkuudella eikä pinnan erikoisuuden vuoksi tavanmukaisia hiomis- ja kiilloitusmenetelmiä voitu käyttää.

Lasit valmistuivat kuitenkin verraten nopeasti, ja putkikin saatiin pian väliaikaiseen kuntoon. Teleskoopilla ei ollut omaa jalustaa, ja kokeiluja varten se siksi asennettiin Turun Ursan tornissa olevaan aikaisemmin selostetun »ison» teleskoopin jalustaan. Kun uusi teleskooppi oli paljon suurempi kuin »iso» teleskooppi, vastapainoja oli noin 150 kilolla lisättävä. Ensimmäiset kokeilukuvat otin jo syyskuun lopulla 1934. Olin tietenkin iloinen, kun näin tähtien kuvien olevan pieniä ja vielä levyn reunaosissakin aika lailla säännöllisiä. Valitsemani levykoko on 12 × 12 cm^2, mutta kentän korjauslinssin vuoksi levylle tulee vain 12 cm läpimittainen pyöreä alue kuvatuksi. Taivaalla vastaa tätä ympyrä, jonka halkaisija on 6 $^2/_3$ astetta. Teleskoopin polttoväli on näet hiukan yli metrin, joten 1 astetta vastaa levyllä 18 mm.

Kun teleskooppi jo väliaikaisessa kunnossaan (korjauslasi esim. ei ollut loppuun kiilloitettu) osoittautui hyvin tehokkaaksi, annettiin sen olla toistaiseksi sellaisena ja ruvettiin vastapainojen ym. osien »systeemiä» parantelemaan. Kun akselit olivat ylenmäärin kuormitetut (liikkuvien osien paino noin 600 kg), putken kylkeen ei uskallettu kiinnittää verrattain raskasta Cassegrain-teleskoopin johtokaukoputkea, vaan oli laitettava uusi hyvin kevyt johtoputki. Tämän aukko on vain 6 cm ja polttoväli noin 200 cm. Johtokaukoputken pienen valovoiman vuoksi on sopivien johtotähtien löytäminen tuottanut tietenkin jonkin verran vaikeuksia, mutta heikentämällä lankaristikon valaistus äärimmilleen on vaikeistakin tilanteista selviydytty.

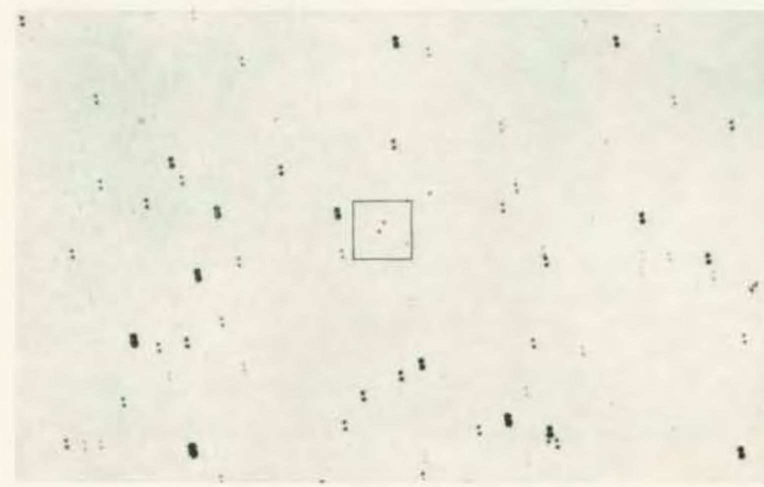
Kun jalustassa ei ollut kellokoneistoa, ensimmäiset valokuvat oli otettava samanlaisella alkuperäisellä keinolla, kuin Ursan ensimmäisessä julkaisussa olen harrastajille suositellut, siis pyörittämällä konetta käsin. Välitykset oli laitettu siten, että kampea oli pyöritettävä kierros tähtisekunnissa, jonka vuoksi tähden seuraaminen tapahtui niin, että apulainen pyöritti kampea sekuntikellon napsahdusten tahdissa. Havaitsija seurasi johtotähteä ja tarpeen vaatiessa käski »kellokoneiston» kiirehtimään tai hidastamaan vauhtiaan. Tultiinhan sitä ensi kiireeseen toimeen tällaisellakin harrastajien paljon käyttämällä elävällä kellokoneistolla, mutta kellokoneiston osaan joutuneen työ oli ajanpitkään rasittavaa. Pian kuitenkin oli omatekoinen sähköllä käypä ja heilurin säätämä kokeilukellokoneisto kunnossa ja vakavampi valokuvauskokeilu pääsi alkuun. Muutamien kuukausien perästä muutimme kellokoneiston säätöjärjestelmän hiukan toisenlaiseksi, joka toimi varmemmin, ja kun sittenkin joskus äkillisen jännitehäiriön johdosta — esim. kun vahtimestarien asunnossa sähkökeittiö kytkettiin tai sen sähkövirta katkaistiin — kellokoneisto karkasi pois tahdista, tehtiin seuraava äärimmäisen yksinkertainen, mutta varmasti toimiva järjestelmä, jota suosittelen harrastajien huomioon otettavaksi.

Moottorina on hyvin yksinkertaista rakennetta oleva synkronimoottori, samanlainen kuin gramofonilevyjen leikkauskoneissa käytetään. Kun vaihtovirran jaksoluku on 50, akseli tekee yhden pyörähdyksen sekunnissa. Moottori kokonaisuudessaan on laitettu kahden laakerin varassa kiertyväksi, ja tämä liike saadaan aikaan vetämällä käsin moottorin ympäri kierretystä nuorasta. Kun Imatran vaihtovirran jaksolukua ei ole säädetty suurella tarkkuudella vakioksi, tapahtuu jaksoluvussa vaihteluita, jotka ovat samaa suuruusluokkaa kuin tähti- ja keskiajan vaihtelut toisiinsa nähden, ja sen vuoksi moottori on suoraan kytketty siihen koneen akseliin, jonka pitäisi yhdessä tähtiaikasekunnissa tehdä yksi kierros. Poikkeukset on vähän väliä korjattava »ohjaksista» vetämällä. Tämä järjestelmä on toiminut täysin varmasti, eikä valokuvaus ole osoittautunut erikoisen rasittavaksi, vaikka työyö on joskus ollut kahdeksantuntinenkin. Kaukoputkesta ei kuitenkaan voi poistua muuta kuin pieneksi aikaa pyörittääkseen tornia, tehdäkseen jonkin muistiinpanon tms.

Kolmisen vuotta oli uusi valokuvauskaukoputki kiinnitettynä Cassegrain-teleskoopin jalustaan. Useastakaan syystä tämä järjestely ei ollut pysyväksi tarkoitettu. Kaipasimme kovasti entistä »isoa» teleskooppiamme, joka jalustan puutteessa oli käyttämätönnä. Suurin käytännössä oleva visuaalinen putkemme oli aikaisemmin mainittu 9 cm refraktori. Iso valokuvausteleskooppimme on, kuten jo mainittiin, luvattoman raskas Cassegrain-teleskoopin jalustalle, eikä teleskooppi Ursamme tornissa kunnollisesti sopinut edes kaikkiin suuntiin kääntymäänkään.

Saatuani vuoden 1934 lopulla Kordelinin säätiöltä 20 000 markan avustuksen teleskooppiani varten, joka summa riittikin lasien raaka-aineisiin ja suureksi osaksi myös putken aineisiin sekä valmistukseen käytettyihin suoranaisiin menoihin, uskalsin ryhtyä aloittelemaan ohjelmani seuraavaa kohtaa, nimittäin oman parallaktisen jalustan rakentamista uudelle teleskoopille, ja seuraavana kesänä aloitettiin uuden tiilisen tähtitornirakennuksen rakentaminen Ison-Heikkilän kukkulalle lähelle entisiä pikkutähtitornejamme. Kun opetusministeriö oli myöntänyt minulle 1935—36 yhteensä 46 000 markkaa teleskoopin ja-

Turun Yliopiston uusi tähtitorni.



Planeetan keksiminen kaksoispistekeinolla.

Kuu. Valotusaika 1 sek.

Orion-sumu. Valotusaika 15 min.

lustan rakentamiseen, saatoin jalustan rakentamista jatkaa, niin että kone nyt on käyttökunnossa, mutta ei kuitenkaan lopullisesti valmis. Seuraavassa muutamia tietoja näistä uusista rakennushommistamme.

Uusi tähtitorni on suunniteltu pitempiaikaista kelpaavaisuutta silmällä pitäen. Sen alaosa on siksi rakennettu tiilistä, katot galvanoidulla pellillä päälystetyt, paitsi pyörivää kupua, jonka kehys on puuta ja katto masoniittia, joka on maalattu. Kuvun ulkomitta on 6 metriä ja se pyörii kuulalaakereilla varustettujen rullien varassa. Luukut avataan köysien avulla molemmille puolille, ja aukko ulottuu yli zenitin. Rakennuksen idän puoleisessa neliskulmaisessa osassa on meridiaanihuone ja läntisessä huone havaitsijaa, karttoja ym. varten. Varsinaisen tornin lattian alla on verraten korkea kellarihuone, jonne päästään havaitsijan »makuuhuoneen» kautta. Kellarin keskuksessa on kallioon perustettu sementistä valettu ontto pilari, joka ulottuu katon läpi noin metrin verran havaintohuoneeseen. Pilarin sisus on pieni huone, johon on laitettu kellokoneisto. Akseli kulkee pilarin katossa olevan reiän läpi koneeseen. Rakennuksen kaikkiin osiin on tietysti vedetty sähköjohdot ja pilarihuoneeseen tulee kolmivaihevirta kellokoneiston synkronimoottoria varten. Ehkä lukijaa haluttaa tietää, mitä rakennus on tullut maksamaan. Sitä en itsekään ole joutanut vielä tarkemmin laskemaan, mutta sen ehkä yllättävältä tuntuvan tiedon annan tässä, että varsinainen tiilityö aineineen ei maksa edes viidettä osaa rakennuksen koko hinnasta. Rakennuksen suunnittelussa on tehokkaasti avustanut rakennusmestari S. VENHOLA, ja hän on myös johtanut rakennuksen kiinteän osan rakennustyön suorittaen kaiken työnsä ilmaiseksi.

Uusi valmistumassa oleva parallaktinen jalusta on rakennettu raudasta ja niin lujasti, että se tarpeen tullen kestää hiukan suuremmankin teleskoopin. Akselit ovat täyteläiset, yli 10 cm paksut ja pyörivät kuulalaakerien varassa. Tuntiratas on 76 cm läpimittainen, reuna pronssista, 720-hampainen. Tangenttiruuvi tulee siis pyörähtämään kerran 2 minuutissa. Pilarin sisässä olevaan kellokoneistoon kuuluu kolmivaihe-synkronimoottori, jonka kierrosluku on 1 500 kertaa minuutissa. Hammasratasvälityksellä saadaan toinen akseli pyörimään kerran kahdessa sekunnissa. Tässä akselissa on kaksi paria planeettarattaita, toinen sekuntiheilurin avulla tapahtuvaa automaattista säätöä, toinen havaitsijan kahta sähkönappulaa painamalla toimittamaa säätöä varten. Heiluri puolestaan saa käyttövoiman säädetystä akselista. Suunnittelemani järjestelmä on suhteellisen yksinkertainen ja tietysti paljon täydellisempi kuin Ursan tornissa käytännössä oleva väliaikainen koneisto. Mainittakoon, että täydellisimmät ulkomaalaiset kellokoneistot maksaisivat ehkä yhtä paljon kuin koko tähtitornimme teleskooppeineen tulee meille maksamaan.

Koneen tunti- ja deklinaatioympyrät ovat noin 60 cm läpimittaisia, ja niissä on paljain silmin luettavat jaoitukset. Teleskoopin johtokaukoputken objektiivin läpimitta on 17 cm ja polttoväli 258 cm. Objektiivin raakalasit maksoivat yhteensä melkein yhtä paljon kuin ison peilin lasiaines. Koneen varsinaisen hakukaukoputken objektiivin halkaisija on 10 cm ja polttoväli 120 cm. Myöhemmin tulee koneeseen kiinnitettäväksi ehkä toinenkin, pienempi valokuvausteleskooppi (erikoiskonstruktio, aukko 30 cm, polttoväli 100 cm). Vaikkakin uusi koneemme saatiin uudessa tornissa jo marraskuussa käyttökuntoon, tullee koneen rakentaminen vielä monta vuotta jatkumaan, sillä eräät osat eivät vielä ole lopullisesti valmiit ja kaikenlaisia lisälaitteita voidaan teleskooppiin laittaa suuri joukko. — Meridiaanihuoneeseen olen suunnitellut konetta, josta haaveilin jo 25 vuotta takaperin, mutta jääköön siitä selonteko sellaiseen aikaan, jolloin meillä on rakentamiseen tarvittavat varat.

Isolla valokuvausteleskoopilla on tehty monenlaisia valokuvauskokeita valovoiman, havaintotarkkuuden, sopivimman planeettojen etsimiskeinon yms. kokeilemiseksi. Koneen suhteellinen aukko (1 : 2) on niin suuri, että herkimpiä levyjä ei kannata valottaa enempää kuin 10 min. levyjen yleisen mustumisen vuoksi. Enimmän tähtiä saadaan käyttämällä huomattavasti hitaampia, mutta hyvin kontrastisia väriherkkiä levyjä. Planeettojen etsimisessä olemme alkuperäisen viivakeinon asemesta käyttäneet enimmäkseen keinoa, jota sanomme kaksoispistekeinoksi: Valotetaan levyä esim. 20 min., pidetään jonkin verran väliaikaa ja sitten, kun konetta on hiukan siirretty deklinaatiossa, otetaan uusi edellisen pituinen valotus. Kiintotähdet muodostavat silloin pystyn tähtiparin, mutta planeetta vinon parin, jonka helposti huomaa. Kentän oikaisulinssejä olen valmistanut erilaisista värilaseista. Käyttäen sopivan väristä linssiä ja väriherkkiä levyjä saadaan tähdet valokuvatuiksi erivärisillä säteillä infrapunaisista säteistä ultravioletteihin, miten milloinkin haluamme. Näin laajoja mahdollisuuksia ei ole linssiobjektiivejä käytettäessä niiden puutteellisen värivirhekorjauksen vuoksi.

Vaikkakin teleskoopin ollessa väliaikaisessa jalustassaan valokuvien ottaminen alussa oli työlästä ja jossakin määrin epävarmaa kellokoneiston puutteellisuuden vuoksi ja kokeiluihin meni paljon aikaa, on kuluneiden vuosien aikana saatu jo aika paljon havaintoja vanhoista planeetoista ja uusia planeettoja on keksitty 28 kappaletta.[1] Useimmille näistä olemme saaneet vähintään kolme havaintoa, niin että planeetan rata on voitu laskea, ja muutamille riittävät jo ensin oppositiossa tehdyt havainnot planeetan numeroimiseen, jonka tapahduttua planeetalle saa antaa nimen. Viime vuonna numeroitiin planeetoistamme viisi kappaletta ja varmimmin määrätylle niistä, nimittäin »Turku 12» = 1936 QL = 1398, olen antanut nimen Donnera tähtientutkijaimme vanhimman, professori DONNERin kunniaksi. Koko maailmassa saatiin viime vuonna kaikkiaan 37 planeettaa numeroiduiksi. Mielenkiintoisin planeettamme on »Turku 23» = 1937 QD, jonka keksi apulaiseni maisteri H. ALIKOSKI. Planeetan väliaikaisen radan laskivat ylioppilaat LIISA OTERMA ja EDIT LAHTI, ja siitä kävi selville, että planeetta kuuluu ns. troijalaisten planeettojen ryhmään, jotka ovat yhtä kaukana auringosta kuin Jupiter ja muodostavat sen ja auringon kanssa alituisesti liki-

[1] Vuoden 1938 neljänä ensimmäisenä kuukautena keksimme lähes 60 uutta planeettaa. Korjausluvun aikana tehty huomautus.

pitäen tasasivuisen kolmion. Tällaisia tunnetaan ennestään 12 kappaletta ja ne ovat kaikki Heidelbergin tähtitornissa keksittyjä.

Planeettojen etsimiseksi levyiltä ja levyjen mittaamiseksi olemme myös rakentaneet itse koneet, ja menettelytapamme ovat hiukan toisenlaisia kuin muualla. Ratalaskut suoritamme myös itse ja omintakeisella, lähi aikoina julkaistavalla keinolla. Laskut suoritamme yksinkertaisilla laskukoneilla (niitä emme sentään itse jouda tekemään!). Koneella laskeminen menee nopeammin kuin logaritmeilla eikä ole niin rasittavaa. Pari kertaa on uuden planeetan ensimmäinen radan määräys kolmesta paikasta ja siihen liittyvä planeetan etsimistä varten suoritettu kolmen uuden paikan lasku saatu menemään tasan kahdessa tunnissa!

Eräät ursalaiset ovat uskollisesti avustaneet planeettojen etsimisessä levyiltä. Tämä on hyvin jännittävää hommaa ja muistuttanee eläintieteilijöiden hommia heidän etsiessään haavimastaan roskasta kovakuoriaisia. Eräille hyvin herkille levyille tulee helposti tähtiä muistuttavia pikku pisteitä, joita sanomme leikillä »klemoloiksi», sen tähden että maisteri KLEMOLA niitä ensi kerran suuremmassa määrässä tapasi. Nämä saattavat joskus aiheuttaa valeplaneetan, josta keksijälle, sitten kun oikea asianlaita todetaan, tulee aikamoinen pettymys. Ikävämpien seurausten välttämiseksi ensimmäinen apulaiseni, maisteri R. SUVANTO toimitti planeettojen etsimiskoneen viereen pikku pullon jotakin merkillistä lääkettä, jota reseptin mukaan on otettava 10 tippaa, jos uudeksi luultu planeetta havaitaankin ennen keksityksi tai »klemolaksi». Berlin—Dahlemin laskuinstituuttiin saakka ei meiltä kyllä vähällä kummalla »klemoloita» pääse, sillä emme ole tähän asti lähettäneet sinne yhtään uutta planeettakeksintöä, joka perustuisi vain yhden yön havaintoon. Yksityiset planeettahavainnot ja »klemolat» jäävät omaksi tiedoksemme.

Vakinaisen työvoiman puutteessa ylioppilaitten kurssitöitä on kehitetty siihen suuntaan, että nekin palvelevat tähtitieteellistä tutkimustyötämme. Jo cumlaude-kurssia lukevat saavat pienen ratalaskutehtävän ja laudatur-kurssilaiset saavat joskus oman nimikkoplaneettansakin. Ja ehkäpä joskus ilmenee sellaisia harrastelijoita, jotka huvikseen rupeavat suorittamaan tähtitieteellisiä laskuja, kuten ulkomailla joskus tapaa. Tällaisesta toiminnasta voisi mainita useampiakin innostuttavia esimerkkejä. Hauskaa ja jännittävää on planeettojen etsiminen, mutta jännittävää on myös ratojen laskeminen. Onhan aina mahdollisuus olemassa, että kysymyksessä on jokin harvinaisuus.

MAAILMANKAIKKEUDEN RAKENNE.

Kirj. PENTTI KALAJA.

Käsitellessämme kysymystä maailmankaikkeuden rakenteesta, kysymystä, jota aineellisesti katsoen voimme syystä sanoa maailman suurimmaksi, tulemme yhtä mittaa tekemisiin tavattoman pitkien välimatkojen kanssa. Ei ole ihme, jos ajattelevasta lukijasta tuntuukin monessa kohdin vaikealta uskoa, että näitä asioita on voitu tutkia niin tuloksellisesti, että tieteen nykyisessä valossa voidaan saada koko lailla selvä käsitys ja yleiskuva tästäkin kysymyksestä. Totta tietenkin on, että tuollainen, lähes koko stellaariastronomian käsittävä läpileikkaus perustuu osaksi olettamuksiin. Osa siitä on jo täysin varmaa, toinen osa luultavaa ja yksi osa vielä ainoastaan todennäköistä. Tutkimuksen tehtävänä on koettaa ottaa selvää vielä ratkaisemattomista asioista ja siten vähitellen rakentaa maailmankuvamme yhä paremmaksi, yhä valmiimmaksi. Muutamissa kohdin uudet tutkimukset varmaan vahvistavat edelleen nykyään olettamuksiin perustuvaa osaa käsityksestämme, toisissa ne taasen mahdollisesti muuttavat sitä. Varmana voimme kuitenkin pitää, että tulevaisuus ei enää osoita käsitystämme aivan virheelliseksi, todellista maailmankaikkeuden rakennetta aivan toisenlaiseksi, vaikkakin yksityiskohdissa tietenkin voi tapahtua monenlaisia muutoksia.

Tämä kysymys on askarruttanut ajattelevaa ihmistä jo ammoisista ajoista asti ja sen selitysyrityksiä on lukemattomia mitä ihmeellisimmistä ja tarunomaisimmista alkaen. Puuttumatta syvemmin näihin aikaisempiin selitysyrityksiin ja selityksiin tarkastelemme vain ohimennen muutamia huomattavimpia, sellaisia, jotka tämän kysymyksen historialliselta kannalta ovat ikäänkuin merkkipylväitä, joilla kullakin on ollut oma kantavuutensa aikanaan.

Vanhan- ja keskiajan ajattelijoilla ei ollut muuta aineistoa tässä asiassa käytettävissään, kuin mitä silmällä ilman apuneuvoja voi havaita. Siksi useimmat heidän selityksistään ovat nykyaikaisen ihmisen näkökulmasta katsoen perin alkeellisia, melkeinpä voidaan niitä sanoa ihmeellisiksi.

Noin v. 600 e. Kr. esitti eräs kreikkalainen filosofi, että kiintotähdet on kiinnitetty kristallipalloon, jonka keskellä on maa. Kun tämä pallo kiertää, näkyvät tähdet nousevan, kiertävän rataansa ja laskevan. Kuuluisa kreikkalainen filosofi PTOLEMAIOS, jonka mielipiteet jäivät tähtitieteessä vallitseviksi aina uuden ajan alkuun saakka, sijoitti tämän pallon uloimmaksi kaikista, lähimmillä palloilla olivat muka kiertotähdet ja kuu.

Ensimmäinen, joka oli täysin vakuutettu, ettei mitään kristallipalloja ollut olemassa, oli KOPERNIKUS. Hän esitti mielipiteenään, että tähdet olivat hajallaan avaruudessa ja että niiden välimatkat vaihtelevat hyvin paljon. Sitä paitsi hän oli myös sitä mieltä, että välimatkat läheisimpiinkin tähtiin olivat monin kerroin suuremmat kuin välimatkat aurinkokunnassamme. Tämä viimeksimainittu käsitystapa sai voimakkaan tuen hiukan myöhemmin kiikarin avulla huomatuista seikoista.

Filosofi KANTille oli tuttu GALILEIn kaukoputken avulla selville saama tosiseikka, että linnunrata on yksityisten tähtien muodostama. Muissa suhteissa hänen muodostamansa maailmankuva on samoin kuin aikaisemmatkin vain silmän havaintoon ja pelkkään ajatelutyöhön perustuva. Tämän huomioonottaen voikin pitää hänen käsitystään erinomaisena. Lyhyesti sanoen hänen johtopäätöksensä oli, että kaikki näkyvät tähdet kuuluvat kuperan linssin tai melkein taskukellonmuotoiseen tähtijärjestelmään ja että aurinko planeettakuntineen sijaitsee tuon muodostelman keskustan lähistöllä. Edelleen hän on sitä mieltä, että tähdet, aurinko yhtenä niistä, kiertävät yhteisen keskustansa, koko järjestelmän painopisteen ympäri, vaikkakaan liikkeitten hitauden ja välimatkojen suuruuden takia tuota liikettä ei voitu havaita. Tähtisumuja Kant piti toisina samankaltaisina, hyvin kaukaisina tähtijärjestelminä ja osoitti siis tässäkin harvinaisen suurta terävänäköisyyttä.

WILLIAM HERSCHELiä, jonka syntymän 200-vuotismuistoa vietetään tänä vuonna, on kutsuttu kiintotähtitieteen isäksi. Hän ei ollut kuten Kant spekulatiivinen ajattelija, vaan tunnollinen havaitsija, joka muodosti maailmankuvansa vuosikymmeniä kestävien mittausten, tähtiluotausten perusteella ja nojautui siis yksinomaan kokemusperäiseen tietoon, havaintoihin. Näin ollen voimmekin katsoa hänen käsityksensä kuuluvan jo toiseen ryhmään kuin edeltäjiensä.

Herschel oletti, että kiintotähdet ovat jakautuneet tasaisesti avaruudessa, siis yhtä suurta tilavuutta kohti on aina yhtä monta tähteä. Mittaamalla 47 cm:n läpimittaisella kaukoputkellaan, kuinka paljon tähtiä näkyi kussakin suunnassa, hän voi saada tarkan, numeroilla määrätyn kuvan tähtijärjestelmästämme. Hän ei tosin voinut laskea kaikkia tähtiä kaukoputkellaan, vaan mittasi tarkoin vain sellaisen taivaanpallon ympäri ulottuvan vyöhykkeen, joka on kohtisuorassa linnunradan tasoa vastaan. Myöhempinä vuosina Herschel korjaili käsitystään ottaen huomioon myös tähtien näennäisen kirkkauden, jolloin se vakinaiseksi olettamalla saadaan myös peruste jakautumisen selvittämiseksi. Herschelin käsitys pitää suurin piirtein yhtä Kantin mielipiteen kanssa. Se on vain yksityiskohtaisempi, ja kuten sanottu, saadaan havaintoihin perustuen siinä tulos numeroiden avulla tarkkaan määrätyksi. Siitä luonnollisesta syystä, että tähtien jakautuminen ei ole läheskään tasaista, johtuu, että Herschelin käsitys vain karkein piirtein pitää yhtä totuuden kanssa.

Oli selvää, etteivät tähtitieteilijät voineet aikaisemmin muodostaa parempaa kuvaa asiasta, kun eivät tunteneet yhdenkään tähden etäisyyttä aurinkokunnastamme. Vasta sitten, kun tähtien välisten etäisyyksien määräämiskeinot olivat kehittyneet niin, että voitiin saada selville etäisyydet ei ainoastaan muutamiin, vaan jo huomattavan suureen joukkoon tähtiä, ovat tähtitieteilijät kyenneet muodostamaan yksityiskohtaisemman ja samalla todellisuutta vastaavamman kuvan siitä ympäristöstä, jossa elämme.

Lähinnä meitä ja myös parhaimmin tutkittavissa on aurinkokuntamme aurinkoineen, planeettoineen, planetoideineen, kuineen, pyrstötähtineen ja meteoreineen. Ennen Herscheliä kohdistuikin melkein kaikki tähtitieteellinen mielenkiinto jokseenkin yksinomaisesti tähän piiriin, piiriin, joka sinänsä on ihmisen näkökulmasta katsoen valtavan suuri järjestelmä, mutta joka linnunradan mittakaavassa jää huomaamattomaksi yksityiskohdaksi.

Aurinkokuntamme rakenne on tunnettu KOPERNIKUKSEN ajasta alkaen. Vain pikkuplaneettojen tuhatlukuinen parvi, kolme planeettaa ja joukko planeettojen kuita on siihen keksitty lisää. Tietenkin yksityiskohdissa on tutkimus tässäkin suhteessa selvittänyt erittäin runsaasti kysymyksiä ja sellaisiakin seikkoja, joita tuskin Kopernikuksen aikana ja paljon myöhemminkään osattiin ajatella. Emme ryhdy kuitenkaan tarkastelemaan tätä vähäpätöistä aurinkokuntaamme, vaan niitä keinoja, joiden avulla tähtien etäisyydet voidaan määrätä ja sitä maailmankuvaa, joka syntyy näin saatujen tietojen perusteella.

Jo aikaisin ymmärrettiin, että jos tähdet ovat hajallaan avaruudessa, täytyy maan kiertäessä aurinkoa niiden keskinäisten asentojen muuttua jaksottaisesti vuoden kuluessa. Tehtiin paljon työtä näiden muutosten toteamiseksi, mutta turhaan. Kopernikuksen vastustajat pitivätkin aikanaan tätä seikkaa parhaana todistuksena maan liikkumattomuudesta. Syy oli kuitenkin toisaalla, tähtien välimatkojen suunnattomassa suuruudessa. Vasta, kun havaintokoneet ja -menetelmät olivat kehittyneet tarpeeksi pitkälle, päästiin tässä tuloksiin. Näihin aikoihin on juuri sata vuotta kulunut kolmen ensimmäisen tähden etäisyyden määräämisestä. Jo muutamien vuosikymmenien aikana on tätä etäisyyden määräämiskeinoa sovitettu käytäntöön niin, että valokuvataan tutkittava taivaan kohta puolen vuoden väliajoilla. Kun saadut valokuvat asetetaan päällekkäin niin, että saman tähden kuvat tulevat aina vastakkain, huomataan joidenkin tähtien kuvien jäävän vähän syrjään toisistaan ja poikkeuksien suuruudesta saadaan sitten helposti lasketuksi tähden etäisyys. Asian laita on nimittäin niin, että valtaosa tähdistä on niin kaukana, ettei tuo pieni matka 300 miljoonaa kilometriä, jonka maa on siirtynyt puolen vuoden aikana, riitä lainkaan aikaansaamaan poikkeusta niiden asemassa. Jotta siirtyneelle tähdelle voitaisiin laskea oikea etäisyys, otetaan kolmaskin kuva vielä puolen vuoden perästä. Nimittäin siitä, että niin tähdet kuin aurinkokuntammekin kulkevat omaa tietään avaruudessaan johtuu, etteivät ensimmäisessä ja kolmannessakaan valokuvassa lähellä olevan tähden kuvat ole tarkkaan toistensa kohdalla. Sellaiset tähdet, joiden kuvien näemme kahdessa ensimmäisessä valokuvassa siirtyneen toistensa suhteen, ovat tavallisesti sellaisia, että tuo niiden ominaisliike aurinkokunnan suhteen tulee myös esille. Tästä siirtymisestä on puolet otettava ominaisliikkeen vaikutuksena huomioon keskimmäisen kuvan siirtymisessä.

Tiedemiehiäkin hämmästytti aikanaan avaruuden suunnaton tyhjyys. Lähimpiinkin tähtiin on satoja tuhansia kertoja pitempi matka kuin maan ja auringon väli. Kun tämä kävi selväksi, ilmeni myös, ettei tuo edelläselitetty parallaksikulman määräyskeino voi antaa mitään kuvaa maailmankaikkeudesta. Voitiinhan sen avulla saada korkeintaan muutaman sadan tähden etäisyydet tunnetuiksi. Sehän olisi sama kuin metsän kartoittaminen silloin, kun tiedetään vain joidenkin lähimpien puitten välimatkat. Sen takia olikin jo välttämätöntä keksiä ja kehittää toisia ja pitemmälle vieviä etäisyyden määräyskeinoja.

Sen sijaan, että tunnettu pituus oli äskeisessä keinossa meidän luonamme, nimittäin maan ja auringon välimatka, on myös mahdollista määrätä etäisyydet sellaisiin taivaankappaleisiin, joiden luota voidaan määrätä jokin tunnettu pituus. Tätä keinoa voidaan käyttää useihin kaksoistähtiin. Jos havainnoista saadaan kaksoistähden osien kulmanopeus ja spektroskoopilla mitataan niiden säteisnopeus, voidaan havainnoista laskea tähtien todellinen liike ja sitten aivan yksinkertaisesti todellisen ja näennäisen liikkeen avulla etäisyyskin. Tämä tapa sopii suoranaisesti vain harvoihin kaksoistähtiin, mutta vähän muunnettuna, jolloin täytyy myös ottaa lisätuntemattomien ratatason kaltevuuden ja tähtien massojen sijasta näiden suureiden todennäköiset arvot tilastotutkimuksien mukaan, saadaan näin jo huomattava joukko kaksoistähtien etäisyyksiä määrätyksi.

Vielä eräs edellämainittujen keinojen joukkoon kuuluva etäisyydenmääräystapa sopii taas pieniä tähtivirtoja tutkittaessa käytettäväksi. Tällaisia tähtivirtoja on taivaalla useita. Ne näyttävät tavallisesti jonkinlaiselta tähtikasautumalta, avonaiselta tähtijoukolta, ja suurin piirtein kaikilla joukon tähdillä on sama liikesuunta ja sama nopeus. Geometrian lakien mukaan tällainen liike näyttää siltä, että kaikki joukon tähdet kulkevat yhtä pistettä kohden ja lisäksi suunta havaitsijasta, siis aurinkokunnastamme, on sama kuin tähtijoukon todellinen suunta. Kun näin on saatu tietää liikkeen todellinen suunta, voidaan taas helposti laskea ominaisliikkeen ja säteisnopeuden avulla myös matka noihin tähtiin.

Toisen etäisyydenmääräyskeinojen luokan muodostavat tähtitilastolliset tutkimukset. Niille kaikille on ominaista se, ettei niiden avulla saada yksityisten tähtien etäisyyksiä lainkaan tunnetuksi, vaan vain kokonaisten tähtiryhmien keskietäisyydet. Esimerkiksi jotkut tilastolliset keinot antavat niiden tähtien keskietäisyydet, joiden vuotuinen liike, ominaisliike, taivaalla on 0".10, 0".20 jne. Eräs toinen keino taas antaa valkoisten tähtien etäisyydet jos oletetaan, että niiden lämpötilat ja säteet ovat kaikki yhtä suuria jne. Nämä keinot ovat suuresti lisänneet käsitystämme maailmankaikkeudesta. Ursan julkaisussa N:o 1 prof. HEISKANEN on kirjoituksessaan »Linnunrata», käsitellyt näitä keinoja tarkemmin.

Parhaimpia kaikista ovat kuitenkin ne keinot, jotka perustuvat tähden todellisen kirkkauden määräämiseen. Kuten tunnettua, on tähdet jo vanhalta ajalta alkaen ryhmitetty näennäisen kirkkautensa perusteella suuruusluokkiin. Kirkkaimpia ovat ensiluokan tähdet, sitten tulevat toisen luokan tähdet. Himmeimmät tähdet, jotka vielä näkyvät paljain silmin, kuuluvat kuudenteen luokkaan. Kun kiintotähtitiede pääsi lapsenkengistään, ei riittänyt enää ylimalkainen luokkajako, vaan luokkien rajat määrättiin tarkoin ja yksityisille tähdille käytetään myös luokkien kymmenesosaa, jopa sadasosaakin ilmaisemaan niiden näennäistä kirkkautta mahdollisimman tarkkaan. Kirkkaimmat ensiluokan tähdet saivat tuon täsmällisen määrityksen johdosta suuruusluokakseen negatiivisia arvoja. Siriuksen, taivaan kirkkaimman kiintotähden suuruusluokka on — 1.6 ja jos tahdomme saman kaavan mukaan ilmoittaa auringon kirkkauden, tulee se kuulumaan suuruusluokkaan — 26.7. Samoin jatkettiin suuruusluokkia himmeämpiinkin tähtiin. Heikoimmat vielä valokuvattavissa olevat kuuluvat 21:een ja 22:een suuruusluokkaan.

Ymmärrettävästi siis tämä *näennäinen suuruusluokka* riippuu paitsi todellisesta kirkkaudesta myöskin tähden etäisyydestä. Jotta saisimme etäisyydestä riippumattoman ilmaisutavan tähtien kirkkauksille, nimitetään *todelliseksi suuruusluokaksi* sitä luokkaa, johon tähti kuuluisi, jos sitä katsotaan sellaiselta etäisyydeltä, jolta maan ja auringon välimatka näkyisi 0.10 kaarisekunnin suuruisessa kulmassa.

Kun fysiikasta tiedämme, että tähden näennäinen kirkkaus muuttuu kääntäen verrannollisesti etäisyyden neliöön ja kun toisaalta tunnetaan se laki, millä suuruusluokkien ja kirkkauksien suhteet on määrätty, voidaan helposti ilmaista myös kaavalla tähden etäisyys, jos sekä näennäinen että todellinen suuruusluokka tunnetaan. Tähän seikkaan perustuvat nyt melkein kaikki uudemmat etäisyyden määräyskeinot, jotka siis pyrkivät saamaan ensinnä tavalla tai toisella selville tähtien todellisen suuruusluokan.

Eräs tärkeimmistä, joka keksittiin v. 1915, on seuraavanlainen. Havaittiin, että määrättyjen viivojen leveys tähtien spektreissä, kirjoissa, riippui paitsi siitä, mihin kirjoluokkaan tähti kuului, myöskin sen näennäisestä suuruusluokasta. Ottamalla nyt selville niistä tähdistä, joiden etäisyydet edellämainitun tavoin on saatu tietää, minkälainen tuo riippuvaisuus on, saadaan ikäänkuin mittakaava muiden tähtien todellisen suuruusluokan ja sitä tietä myös etäisyyden määräämiseksi. Näin saadaan etäisyydet noin 20 %:n tarkkuudella oikeiksi.

Eräs toinen keino perustuu säteilyn määrän mittaamiseen eri kohdalla kirjoa. Mitataan tähden näennäinen valovoima kolmessa tietenkin tarkoin määrätyssä kohdassa kirjoa, esimerkiksi punaisessa, keltaisessa ja vihreässä. Näin saadaan selville näiden eri valoaallonpituuksien säteilyjen suhteet. Kun taas niistä tähdistä, joiden todelliset suuruusluokat tunnetaan, tutkitaan, minkälaiset nämä suhteet ovat juuri suuruusluokasta riippuen, on taas tutkittavien tähtien todellinen kirkkaus ja etäisyys laskettavissa. Samantapaisia keinoja on useita muitakin.

Tärkeä ja periaatteellisesti toisenlainen todellisen suuruusluokan määräystapa on ns. kepheidikeino.

Kepheidit ovat eräs luokka muuttuvia tähtiä, joiden valovaihtelun jakso vaihtelee 3 tunnista 1 ¹/₂ kuukauteen. Tutkiessaan kaukaisessa Magellanin

tähtipilvessä olevia kepheidejä amerikkalainen miss LEAVITT huomasi, että näiden näennäisen kirkkauden ja valonvaihtelujakson välillä on erittäin selvä ja tarkoin määrätty yhteys. Mitä pitempi mainittu jakso on, sitä kirkkaampi tähtikin.

Huomattiin tietenkin kohta, että yhteys olikin olemassa todellisen suuruusluokan ja tuon jakson välillä, sillä kaikki nämä tähdethän ovat tähän tarkoitukseen riittävän suurella tarkkuudella yhtä etäällä meistä.

Kuuluisa amerikkalainen maailmankaikkeuden rakenteen tutkija SHAPLEY otti sitten tämän seikan tarkemmin tutkimuksenalaiseksi ja huomasi, että eri pallonmuotoisissa tähtijoukoissa olevilla kepheideillä mainittu riippuvaisuus erosi vain vakiolla johtuen tietenkin eri tähtijoukkojen erilaisista etäisyyksistä. Kun näin pitkälle oli päästy, tarvitsi vain saada johdetut yhtälöt »ankkuroiduiksi», määrätyksi mitä todellista suuruusluokkaa kukin jakso vastaa, ja se voitiin suorittaa niiden kepheidien avulla, joiden parallaksi ja siis myös todellinen suuruusluokka muuten oli saatu määrätyksi.

Siis kun on todettu valonvaihtelun laadusta, että tähti on kepheidi, tarvitsee vain mitata vaihtelujakson pituus, silloin voi heti määrätä myös tähden etäisyyden. On todettu, että tämä on harvinaisen tarkka keino. Etäisyyden virhe ei nouse juuri yli kymmenen prosentin.

On huomattava, että ensiksimainittu tapa määrätä valokuvasta tähden siirtyminen, on sitä tarkempi, mitä lähempänä tutkittava tähti on. Asianlaita on näin myöskin suhteellisesti ottaen, siis prosenteissakin lausuttuna virhe suurenee etäisyyden kasvaessa. Viimeksimainittuihin, todellisen valovoiman määräämiseen perustuvissa keinoissa asianlaita on toisin. Virhe tulee tietysti kyllä suuremmaksi etäisyyden kasvaessa tosiasiallisesti, mutta ei prosenteissa lausuttuna. Siinä on yksi näiden keinojen parhaista eduista. Nimenomaan juuri kepheidikeino on poistanut inhimilliseltä tietämiseltä pahimmat esteet selon saamiseksi kaukaisimmistakin oman järjestelmämme osista, pallonmuotoisista tähtijoukoista, vieläpä kauempaakin, kierteissumuista saakka.

Eräs toinen, erikoisesti juuri kierteissumujen etäisyyksien määräämiseen sopiva keino on uusien tähtien suurimpaan kirkkauteen perustuva. Linnunradassammehan leimahtaa silloin tällöin uusi tähti. Toisin sanoen sattuu kosmillinen katastrofi, jonka seurauksena jokin himmeä tähti leimahtaa hetkeksi, muutamaksi päiväksi tai kuukaudeksi erittäin kirkkaaksi, mutta himmenee sitten taas vähitellen. Sikäli kuin joidenkin näiden etäisyyksistä on voitu päästä perille, on todettu, että näillä kirkkaimmillaan ollessaan on jokseenkin yhtä suuri todellinen kirkkaus. Juuri lähimmissä kierteissumuissa on näitä uusia tähtiä, novia, tavattu suhteellisen runsaasti. Kun näiden novien ja linnunradan novien kirkkauden vaihtelun kulku ovat yhdenmukaisia, valon väheneminen tapahtuu samalla tavoin, niiden kirjot ovat samanlaisia ja niillä on useita muitakin yhteisiä piirteitä, on luonnollista, että näin hyvillä perusteilla otaksutaan, että nekin saavuttavat yhtä suuren suurimman kirkkauden kuin linnunratamme uudet tähdet.

Myöskin se otaksuma, että kierteissumujen kirkkaimmat tähdet olisivat yhtä kirkkaita kuin oman tähtijärjestelmämme kirkkaimmat tähdet, antaa tietoa noiden kaukaisten sumujen etäisyyksistä. Samoin on huomattu olettamuksen, että pallonmuotoisten tähtijoukkojen halkaisijat ovat yhtä suuret, sopivan verraten hyvin yhteen muiden etäisyyden määräyskeinojen kanssa, samoin kuin myös sen olettamuksen, että kierteissumujen etäisyydet ovat keskenään yhtä suuret. Tietysti nämä olettamukset ovat sellaisia, etteivät ne pyrikään antamaan erittäin täsmällistä kuvaa edustamistaan etäisyyksistä.

Tässä olivatkin suurin piirtein esitettyinä ne keinot, jotka tähtitieteilijöillä on käytettävissään maailmankaikkeuden etäisyyksien selvillesaamiseksi. Uutteran havaintotyön tuloksena saadaan yhä lisää yksityiskohtia ja niin rakentuu maailmankuvamme tässäkin suhteessa yhä täydellisemmäksi ja yhä yksityiskohtaisemmaksi.

Alussa mainitut universumin rakenneselitykset oli, kuten sanottu, tehty pelkästään silmän havaintoon nojautuen. Herschel laski tähtien lukumääriä suunnattoman paljon kaukoputkellakin, mutta hän ei, yhtä vähän kuin toisetkaan mainituista, tuntenut yhdenkään tähden todellista etäisyyttä. Minkälaiseksi muodostuu käsityksemme tästä kysymyksestä nyt, kun käytettävissämme on tiedot monien tuhansien yksityisten tähtien ja vielä tähtijoukkojen ja kierteissumujen etäisyyksistä?

Alkaessamme tarkastella maailmankaikkeuden rakennetta nykyaikaisen tutkimuksen valossa on käsiteltävänämme kolme suurta luokkaa, nimittäin tähdet, tähtijoukot ja tähtisumut. Näihin kolmeen luokkaan jakautuu näkyvä universumi pelkän havainnon perusteella. Samoin havainnon perusteella jakautuvat nämä luokat edelleen. Ensinmainittuun sisältyvät tietysti kaikki yksityiset tähdet, kaksoistähdet ja useampikertaiset tähdet, jotka kuuluvat kaikkiin eri kirjoluokkiin. Tähtijoukot jakautuvat avonaisiin ja pallonmuotoisiin joukkoihin. Tähtisumut taas jaetaan havainnon perusteella viiteen luokkaan, säännöttömiin, planetaarisiin, ellipsoidinmuotoisiin, spiraalisumuihin ja Magellanin pilvien tapaisiin muodostumiin. Säännöttömiin sumuihin kuuluu sekä valoisia että pimeitä sumuja. Planetaarisia sumuja tunnetaan noin 150 kappaletta. Ne ovat pieniä ympyrän- tai renkaanmuotoisia täpliä taivaalla. Miltei kaikissa on keskustähti. Ellipsoidinmuotoiset ja kierteissumut ovat oikeastaan samaa luokkaa, sillä jos kierteissumun spiraalimuoto ei ole selvä tai jos sumu on niin kaukana, että se näkyy hyvin pienenä tai vielä, jos näköviiva ei ole jokseenkin kohtisuorassa spiraalin tasoa vastaan, spiraalisumu näyttää ellipsoidimaiselta.

Kuten sanottu, on tämä maailmankaikkeuden osasten näennäinen luokkajako. Universumin rakenteen kannalta katsoen ne on jaettava ensin kahteen suureen ryhmään: tähtijärjestelmäämme kuuluvat osat ja siihen kuulumattomat. Viimeksimainittuja ovat ellipsoidimaiset sumut ja kierteissumut sekä Magellanin pilvet. Edellämainittuun taas kuuluvat kaikki muut.

Tähtijärjestelmämme piirin määrää pallonmuotoisten tähtijoukkojen muodostama kokonaisuus. Ikäänkuin sen sisällä ovat sitten kaikki muut siihen kuuluvat, siis tähdet, avonaiset tähtijoukot, pimeät ja loistavat kaasusumut, ynnä muut.

On luonnollista, että parhaimman kuvan tähtien jakautumisesta ja laadusta saamme juuri lähimmästä ympäristöstämme, sillä ensiksikin siitä tunnemme melko tarkkaan kaikki tähdet ja niiden etäisyydet ja toisekseen himmeätkin tähdet tulevat silloin mukaan tarkasteluumme.

Innokkaan ja järjestelmällisen, heikkovaloisiakin tähtiä käsittävän tutkimuksen tuloksina on siitä pallosta, jonka keskipisteenä on aurinko ja säteenä 5 parsekin eli 16.3 valovuoden pituinen matka, todettu varmuudella 40 tähteä. Parsek, jota nimitetään myös tähtiväliksi on se matka, jonka etäisyydeltä maan ja auringon välimatka näkyy yhden kaarisekunnin suuruisessa kulmassa. Se on n. 31 biljoonaa kilometriä eli 3 $^1/_4$ valovuotta.

Pintapuolisesti katsoen näyttää siltä, että tämä lähitähtien joukko ei ole lainkaan tyypillinen, sellainen kuin olisi ennakolta odottanut.

Ensinnäkin huomataan, että noista neljästäkymmenestä vain 23 eli vajaat 60 prosenttia on yksinkertaisia tähtiä. 14 niistä muodostaa seitsemän kaksoistähteä ja loput kolme yhden kolminkertaisen tähden.

Edelleen tuossa joukossa on perin vähän, vain 10 tähteä, jotka näkyvät paljain silmin. Kirkkaimmat niistä ovat Sirius, kaksoistähti α Centauri, Procyon ja Atair.

Yhtään jättiläistähteä ei kuulu tuohon joukkoon. Sen sijaan kääpiötähtien luku, erittäinkin juuri himmeimpien kääpiöiden, kirjoluokkaan M kuuluvien, punaisten, lähellä sammumistaan olevien aurinkojen suhdeluku on yllättävän suuri. Niitä on enemmän kuin puolet kaikista.

Seitsemästä tunnetusta valkoisesta kääpiöstä on neljä varmuudella tässä luettelossa. Siitä voimme päätellä, etteivät nuo erikoislaatuiset tähdet, joiden jokainen kuutiosenttimetri painaa muutamia kymmeniä kiloja, itse asiassa olekaan niin harvinaisia maailmankaikkeudessa. Niiden, samoin kuin punaisten kääpiötähtienkin luku on luultavasti hyvin huomattava. Vain näiden molempien tähtiluokkien pieni valovoima tekee mahdottomaksi niiden havaitsemisen kauempaa.

Paitsi jättiläistähtiä puuttuvat lähiympäristöstämme myöskin muuttuvat tähdet ja valaisevat tähtisumut kokonaan.

Helposti voimme nyt laskea tähtitiheyden tässä aurinkomme ympäristössä. Koko tuon puheena olevan pallon tilavuus on vähän yli 500 kuutioparsekia, joten jokaisen osaksi tulee keskimäärin 13 kuutioparsekin tila. Siis keskimäärin on tähdestä toiseen 2.4 parsekia eli 7.7 valovuotta. Kun tämä maailmankaikkeuden seutu on tavallista tiheämpää seutua, saamme helposti käsityksen, miten harvinainen tapaus kahden tähden yhteentörmäys itse asiassa on. Jos aurinko olisi herneen kokoinen läpimitaltaan, siis noin 7 mm läpimittainen pallo, se kulkisi avaruudessa sellaisella nopeudella, että jättäisi taakseen metrin matkan noin 3.3 vuodessa. Kun lähin tähti on 38 km:n päässä, eivätkä niiden liikkeet suinkaan ole suunnattu toisiinsa päin, vaan aivan mielivaltaisesti, olisi todella suuri ihme, jos yhteentörmäys tapahtuisi.

Jos sitten jätämme tämän lähiympäristömme ja siirrymme tarkastelemaan sitä avaruuden osaa, jota kutsutaan linnunradaksi, saamme tehdä valtavan askeleen ajatuksissamme. Tämä linnunrata-alueemme, johon kaikki paljain silmin näkyvät tähdet kuuluvat, on juuri se kiekon- tai taskukellonmuotoinen tähtijärjestelmä, josta jo Kant ja Herschel puhuivat. Meidän aurinkokuntamme sijaitsee suurin piirtein tuon kiekon keskikohdalla. Himmeimmätkin paljain silmin näkyvät tähdet, poikkeuksia huomioonottamatta, ovat noin 200 parsekin päässä. Suurin osa tietenkin on paljon lähempänä. Linnunradan himmeä loisto on kuitenkin heikompien tähtien synnyttämää kuin paljain silmin näkyvät tähdet ovat. Eivät edes 10 suuruusluokan tähdet ole vielä niin tiheässä, että ne voisivat synnyttää tuota pintaloisteen näköistä valoa. On todettu, että pääasiana siinä ovat 13 ja 14 suuruusluokan tähdet. Kun nämä taas ovat pääasiallisesti keltaisia tai punaisia kääpiötähtiä kuten lähiympäristössämmekin, on laskettavissa, että nuo paljain silmin nähtävän linnunradan loisteen synnyttäjät ovat meistä yleensä alle 1 000 parsekin päässä.

Jokaisessa syntyy linnunrataa tarkastellessa se mielikuva, että kysymyksessä on jonkinnäköinen, ehkä eniten pelastusrengasta muistuttava tähtivyö, jonka keskikohdilla me olemme. Tutkimus on vienyt aivan päinvastaiseen tulokseen. Linnunratamme on tiheintä meidän aurinkomme lähistöllä.

Jätämme nyt seuraavissa tiheystarkasteluissa huomioonottamatta kokonaan punaiset kääpiötähdet. Niitä on tosin enemmän kuin muita tähtiä, sen tuloksenhan lähimmän ympäristömme tarkastelu antoi, mutta kun emme voi niiden lukua seurata kauemmaksi, täytyy tyytyä vain tarkastelemaan muita. Seuraavasta taulukosta ilmenee, kuinka monta tähteä on eri etäisyyksillä sellaisessa kuutiossa, jonka sivusärmä on 50 valovuotta.

75	parsekin	etäisyydellä	25	tähteä
150	»	»	13	»
300	»	»	5	»
450	»	»	4	»

Huomaamme, että 150 ja 300 parsekin välillä tähtitiheys laskee huomattavasti. 450 parsekin etäisyydellä se on kymmenesosa siitä, mitä se on keskustassa. Luultavinta on, ettei tiheys erittäin huomattavasti vähene enää tämän jälkeen, ennen kuin on saavutettu 3 000 parsekin etäisyys. Ymmärrettävästi ylläolevat tiheysluvut ovat vain eräänlaisia keskiarvoja. Eri suunnissa ne vaihtelevat huomattavan paljon.

Sitten loppuu tämä ns. paikallinen tähtijärjestelmämme. Se on juuri sama kuin Herschelin maailmankaikkeus, niin sanoaksemme. Sen läpimitta on 6 000—7 000 parsekia ja paksuus hieman yli 1 000 parsekia. Siis sellainen valonsäde, joka nyt juuri tulee silmäämme tämän kiekon reunasta, on tarvinnut matkaansa kaksi kertaa niin pitkän ajan kuin on kulunut siitä, kun Abraham paimensi lampaitaan.

Kaikki planetaariset sumut kuuluvat tähän linnunrataan. Ne ovat kaasusumuja eikä niiden koko ole mitenkään erinomaisen suuri. Todennäköisesti ne ovat suurimassaisimpia tähtiä siinä kehitysvaiheessaan, jolloin lämpötila on

suurin. Muutamien tällaisten parallaksi on voitu määrätä ja on osoittautunut, että ne ovat linnunradan uloimmissa osissa.

Linnunradan reunoilla, siis meistä kauimpana olevissa osissa on runsaasti sumumassoja sekä valoisia että pimeitä. Nämä ovat osittain kaasusumuja, erittäinkin juuri valoisat sumut ovat kaasumassoja, kuten niiden spektreistä ilmenee. Osaksi ne kuitenkin ovat hiukkasmaisia, pölymäisiä, sillä ottaen huomioon niiden erittäin pienen tiheyden, ei muuten voida selittää niiden suurta valon imemiskykyä. Valoisilla ja pimeillä epäsäännöllisillä sumuilla ei näytä olevan muuta eroa kuin se, että edelliset loistavat heijastamalla läheisten tähtien valoa.

Tätä sumumateriaa on joka puolella linnunrataa, mutta sen tiheys on useissa paikoin niin pieni, ettei se ilmene mitenkään. Toisin paikoin saadaan kaikkien tähtien spektreihin kalsium- tai joskus natriumviivoja, joita ei ennakolta voida odottaa. Nämä pysyvät viivat (stationäre Linien) selitetään johtuvan erittäin harvasta sumuaineesta, joka on liian harvaa ilmetäkseen muuten kuin spektreissä. Sen, että nähdään vain kalsium- ja natriumviivoja, ei tarvitse suinkaan merkitä sitä, että noissa sumuissa olisi vain näitä kahta alkuainetta, vaan on syy siihen, että juuri nämä metallit ilmenevät, etsittävä niiden herkästä ilmenemiskyvystä. Siellä, missä tämä erittäin harva kaasu on tiivistynyt huomattavammin, tavataan pimeitä sumuja, jotka siis aina jossakin määrin kykenevät estämään niiden takana olevien tähtien valon kulkua, ja kaikkein tiiveimmät sumut alkavat loistaa. Eräs tyypillinen tällainen tiheä sumu on Orionin nebuloosa. Se on tiheä verrattuna edellä selostettuun kaasuntiheyteen avaruudessa, mutta toisaalta se on enemmän kuin miljoona kertaa harvempi kuin pienin tiheys, mikä fysikaalisin kojein maanpinnalla on saatu aikaan. On nimittäin voitu arvioida sen massan olevan korkeintaan 10 000 auringon massaa, ja kun sen halkaisija on noin 3 parsekia ja etäisyys noin 182 parsekia, tiheys on 3.4×10^{-22} veden tiheyttä. Samaa kertalukua tiheydelleen ja suurin piirtein katsoen myös suuruudelleen ovat monet muutkin kaasusumut.

Useista kaasusumuista on kauniita kuvia »Tähtitiedettä harrastajille I»:ssä.

Kaasusumujen parallaksinmääräyksistä ei puhuttu mitään edellisessä luvussa siitä luonnollisesta syystä, ettei niiden etäisyyksiä määrätäkään suoranaisilla parallaksimääräyskeinoilla, vaan saadaan valoisten sumujen etäisyys mittaamalla niiden tähtien etäisyys, joiden valoa niiden huomataan heijastavan. Sekä pimeiden että valoisten sumujen etäisyys voidaan saada vielä siten, että määrätään niiden tähtien etäisyydet, jotka näennäisesti ovat samalla kohdalla kuin nuo sumut. Kaukaisimmat näistä ovat luonnollisesti juuri sumun tällä puolen. Tällaisista tutkimuksista on tultu sellaisiin tuloksiin, että useimmat ja suurimmat sumumassat ovat kauempana kuin 11^m tähdet keskimäärin, mutta lähempänä kuin 12^m tähdet. KAPTEYNin mukaan 11^m tähtien keskiparallaksi on $0''.0022$, joten saamme, että sumujen meidän puoleinen reuna on 500 parsekin päässä ja että kerroksen paksuus on noin 150 parsekia. Pienempiä sumupilviä ja hajallaan olevaa sumuainetta taas on vähän joka paikassa.

Edellä mainittujen lisäksi kuuluvat linnunrataamme vielä avoimet tähtijoukot. Niitä tunnetaan lähes 200 ja vaihtelee tähtien luku niissä muutamista sadoista useihin tuhansiin.

Meitä lähinnä oleva avoin tähtijoukko on Plejadien ryhmä ja kuuluu siihen noin 500 tähteä. Tässä joukossa ovat tähdet noin 8 kertaa tiheämmässä kuin aurinkomme lähimmässä ympäristössä. Mainittakoon vielä, että Plejadien etäisyys on 125 parsekia ja tähtijoukon halkaisija on noin 10 parsekia tai hieman enemmän.

Edellä mainittiin, että noin 3 000 parsekin päässä ns. paikallinen tähtijärjestelmämme loppuu. Tämä merkitsee kuitenkin vain sitä, että tähtitiheys pienenee jälleen huomattavasti.

Erääseen suuntaan, meistä katsoen Jousimiehen tähtikuvion suuntaan kuitenkin jonkin matkan päässä tästä rajasta alkaa toinen samanlainen linnunrata. Sitä kutsutaan Sagittariuspilveksi Jousimiehen tähtikuvion latinalaisen nimen mukaan.

Sagittariuspilven keskipiste on meistä 10 000 parsekin etäisyydessä, ja sen koko on suunnilleen yhtä suuri kuin paikallisen järjestelmämme, ehkä vähän suurempi. Tämän Sagittarius-järjestelmän ympärillä ovat pallonmuotoiset tähtijoukot.

Näyttää siltä, että Sagittarius-järjestelmän keskipiste on samalla suuremman järjestelmän, ns. gallaktisen järjestelmän keskipiste. Paitsi sitä, että pallonmuotoisten tähtijoukkojen kasautumistapa osoittaa tätä, myöskin tähtien liikkeiden tutkimusten tuloksina on selvinnyt, että tähtijärjestelmämme, paikallinen tähtipilvemme siinä mukana, kiertää tuota keskustaa.

Koko tämä suuri järjestelmä kiertää tietysti hyvin hitaasti, sillä sen massa on pieni kokoonverraten. Aurinkomme on noin 10 000 parsekin päässä eli noin matkan $^2/_3$ verran keskustasta reunaan päin. Sen kiertoaika on yli 200 miljoonaa vuotta, vaikka sen nopeus on lähes 300 km/sek tämän keskipisteen suhteen. Se, ettei näin suuria nopeuksia ilmene juuri tarkastellessamme lähitähtien liikkeitä, johtuu tietysti siitä, että niillä kaikilla on suurin piirtein katsoen sama nopeus samaan suuntaan. Koko gallaktisen järjestelmän massa on noin 160 000 000 000 auringon massaa.

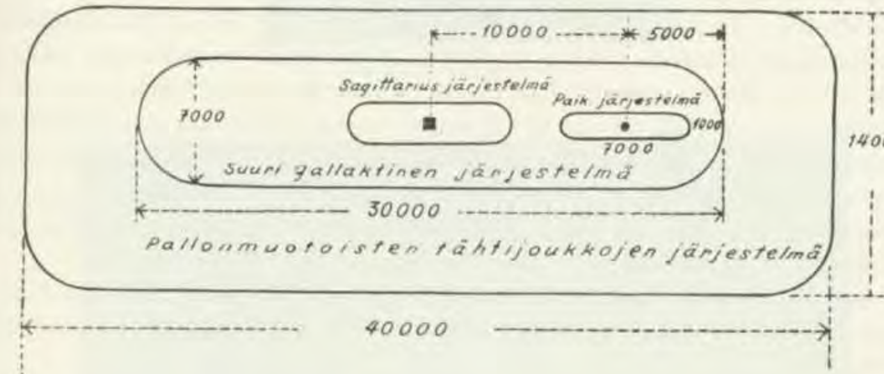
Eräät aivan viimeisimmät tulokset näyttävät hieman muuttavan tuota juuri selitettyä käsitystä. Niiden mukaan tuo näkyvä Sagittarius-pilvi ei olekaan järjestelmän keskipisteessä, vaan vain noin 2 000 parsekin päässä. Se on vain eräs gallaktisen järjestelmän monista tihennyksistä. Näidenkin, viime vuonna saatujen tulosten mukaan järjestelmämme keskus on Jousimiehen tai Käärmeenkantajan tähtikuvioiden suunnassa, mutta todennäköisesti pimeät ainejoukot estävät sen näkymästä meille varsinaisena pilvenä.

Edellä on useaan kertaan mainittu pallomaisista tähtijoukoista. Nämä kaikki ovat hyvin kaukaisia objekteja. Lähimpään on matkaa yli 7 000 parsekia. Kaukaisin on 10 kertaa kauempana lähintä.

Pallomaisia joukkoja tunnetaan 95, eikä ole luultavaa, että enää monta uutta keksitään. Kussakin tällaisessa on useampia kymmeniätuhansia tähtiä, nouseepa

niiden luku joskus yli 100 000:nkin. Pallojen läpimitat ovat noin 100 parsekia. Kun kunkin joukon tähtitiheys on suurin keskustassa ja pienenee nopeasti ja tasaisesti reunoille päin, tähtitiheys on keskustassa suurempi kuin ehkä missään muussa maailmankaikkeuden osassa. On laskettu erään joukon keskustassa keskimääräisten välimatkojen olevan vajaa 0.1 valovuotta.

Pieni piirros tästä koko gallaktisesta järjestelmästä antanee parhaimman kuvan sen muodoista. Piirros kuvaa halkileikkausta tästä järjestelmästä. Uloin kehys on se alue, jossa useimmat pallonmuotoiset tähtijoukot ovat. Musta neliö gallaktisen järjestelmän ja Sagittarius-järjestelmän keskipiste. Meidän paikallinen tähtipilvemme on reunempana. Ympyrä osoittaa aurinkomme lähintä ympäristöä. Luvut ovat parsekeissa lausuttuja matkoja.



Päästyämme näin pitkälle voimmekin jo alkaa puhua koko tunnetusta maailmanavaruudesta yhtäaikaisesti. Kierteissumu on varsinainen maailmankaikkeuden rakennuskivi. Noita avaruuden tähtisaaria tunnetaan noin kaksi miljoonaa kappaletta. Näin monta on voitu valokuvata Wilson-vuoren suurella peilikaukoputkella, jonka peilin läpimitta on 2.5 m. Arvellaan, että kohdakkoin valmistuvalla 5 metrin peilillä tuo luku tulee nousemaan huimaavasti, ehkä aivan biljooniin.

Lähimmät naapurimme ovat ns. Magellanin pilvet. Niitä on kaksi, suurempi ja pienempi. Ollakseen aivan itsenäisiä ne ovat kyllä melko lähellä gallaktista järjestelmää, nimittäin pieni Magellanin pilvi 30 000 ja suuri 17 000 parsekin päässä. Suuremman pilven halkaisija on 4 300 ja pienemmän 2 000 parsekia.

Lähimmät itsenäiset avaruuden saaret ovat Andromedan tähdistössä näkyvä kierteissumu, Kolmion tähtikuvion kierteissumu ja sumu NGC 6 822 Jousimiehessä. Ne ovat kaikki 200 000—300 000 parsekin päässä. Ensinmainitun halkaisija on 10 000 ja toisen 3 300 ja kolmannen, joka muuten on Magellanin pilvien jälkeen meitä lähinnä, vain vähän yli 1 000 parsekia.

Andromedan kierteissumu näkyy muuten paljain silmin, kun vain ei kuun valo eikä maanpäällinen valaistus ole häiritsemässä. Keskinkertainenkin silmä erottaa sen vaaleana, taivaalla lähes neliöasteen suuruisena himmeänä sumuna. Kun ajattelee, että sen valo on kulkenut yli puoli miljoonaa vuotta saapuakseen nyt silmäämme ja että sen lähettäjänä on miljardeja tähtiä, voi helposti saada käsityksen maapallon ja ihmisen vähäpätöisyydestä tässä ympäristössä.

Katsellessa noita naapurisumujen halkaisijoita ilmaisevia lukuja, huomaa, että paikallinen tähtijärjestelmämme on samaa suuruusluokkaa niiden kanssa. Asiaulaita lieneekin niin, että viimemainittua onkin pidettävä varsinaisena kierteissumuna ja gallaktista järjestelmää suurena kierteissumujoukkiona, jonka läheisyydessä sitten taas ovat »välittömästi» nuo molemmat Magellanin pilvet ja kaukaisempina, itsenäisinä, vaikkakin samaan seuraan kuuluvina kieteissumuina nuo kolme edellämainittua sumua.

Kaikki muut kierteissumut ovat laadultaan ja synnyltään epäilemättä aivan samankaltaisia. Niiden näennäiset koot vaihtelevat siis neliöasteen suuruisesta mahdollisimman pieneen, valokuvauslevyltä vielä juuri erotettavaan pilkkuun saakka. Kuten tämän kirjan eräässä toisessa kirjoituksessa tarkemmin kerrotaan, kierteissumuilla näyttää olevan hyvin suuret nopeudet meidän järjestelmästämme poispäin. Toisin sanoen koko kierteissumujen muodostama maailmankaikkeus hajaantuu. Meidän oma kierteissumumme ei ole missään sellaisessa erikoisasemassa, että liikkeet olisivat juuri siitä poispäin, vaan asia näyttää aivan samanlaiselta, katsottiinpa sitä mistä kierteissumusta hyvänsä.

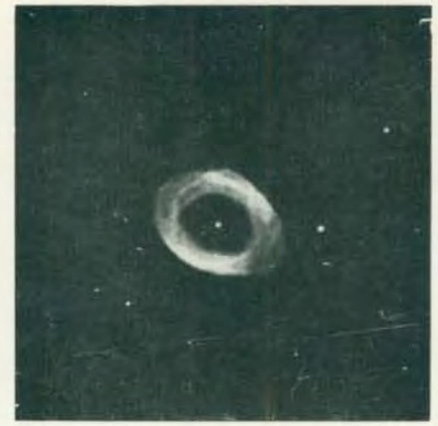
Viime aikoina on todettu, että hajaantumisnopeus kasvaa hyvin tarkoin suhteessa etäisyyteen ja niin, että aina miljoonaa parsekia kohti on poistumisnopeuden lisäys 520 km/sek [1].

Aivan hiljattain on jo löydetty sellaisiakin kierteissumuja, joiden nopeus meistä poispäin on noin 40 000 km/sek., joten se siis jo kohoaa enempään kuin valonopeuden kymmenesosaan. Kaksi heikointa nebuloosajoukkoa, joiden etäisyydet on määrätty, ovat yli 70 miljoonan parsekin päässä. Toinen niistä on Karhunvartijan ja toinen Otavan tähtikuvioissa.

Maailmankaikkeus on siis näiden tähtisumujen muodostama, joista kukin on kokoonpantu yksityisistä tähdistä ja sumumassoista. Jokaisessa niistä on ainetta montaa miljardia tähteä varten. Luonteenomaista on, että sen sijaan kuin yksityiset tähdet aina kussakin sumussa ovat suhteellisesti kaukana toisistaan, nämä kierteissumut puolestaan ovat verraten tiheässä. Arvioidaan, että keskimäärin sumujen välimatkat eivät ole kuin kolmekymmentä kertaa suuremmat kuin niiden halkaisijat. Probleemi, johon ei ole vielä saatu minkäänlaista selvyyttä, on, missä määrin tähtiä on näiden varsinaisten kasaumien välillä vai onko niitä siellä ollenkaan.

Kun maapallolta katselee kierteissumujen jakautumista taivaalla, huomaa heti, että ne ylimalkaan ovat tiheässä niissä suunnissa, jotka ovat kohtisuoraan linnunrataa vastaan, kun taas linnunratatason luona niitä ei ole ollenkaan. Tämä seikka aiheutti sen, että vielä 20 vuotta sitten suuri osa tähtitieteili-

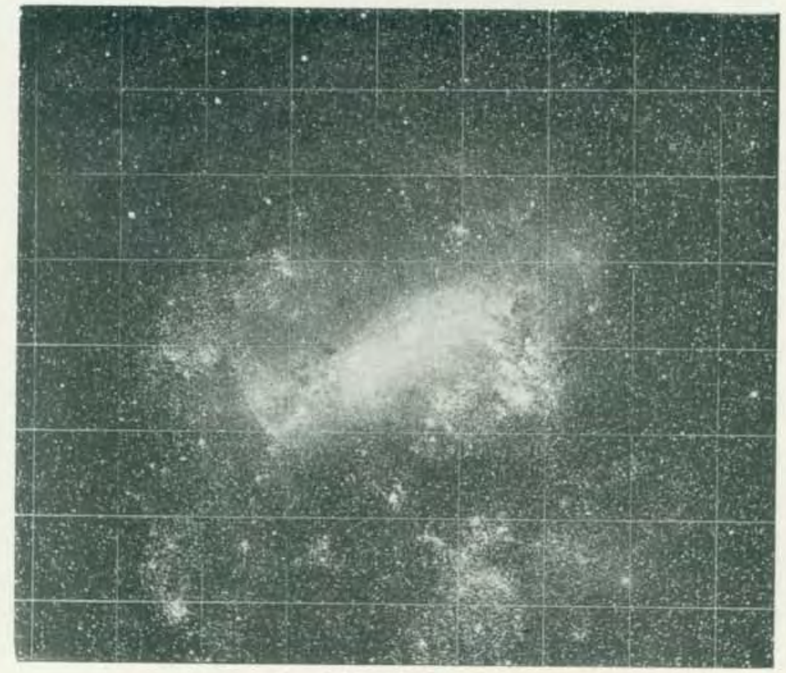
[1] Kuvio sivulla 77.



Lyyran rengassumu.

Herkuleen pallonmuotoinen tähtijoukko.

Jousimiehen (Sagittarius) tähtipilvi.



Suuri Magellanin pilvi.

Neitsyen tähtisumu.

Otavan kierteissumu.

Andromedan tähtisumu.

jöistä uskoi kierteissumujenkin kuuluvan gallaktiseen järjestelmäämme, mutta nyt on saatu sillekin seuraava pätevä selitys.

Useissa tällaisissa kierteissumuissa, joiden reuna on kääntynyt meihin päin, näkyy selvästi ikäänkuin tumma vyö, joka halkaisee sumun kahteen osaan[1]. Tämä on kaiken todennäköisyyden mukaan pimeätä sumuainetta, joka estää takanaan olevien tähtien valon näkymästä. Kun nyt on hyvin luultavaa, että juuri linnunratammekin tasossa on samalla tavoin sumumassoja, ymmärtää syyn kierteissumujen jakautumiseen taivaallamme. Sumumassat estävät niitä näkymästä linnunratatason suunnassa.

Tähtisumuilla on taipumusta esiintyä parittain tai suurissa joukoissakin, kasautumissa. Näitä »pikkuseikkoja» huomioon ottamatta voidaan sanoa, että jakautuminen on niin tasaista, ettei näiden maailman saarien voi sanoa missään suunnassa olevan tiheämmässä suurin piirtein katsoen, siis mitään keskipistettä ei niiden järjestelmälle tunneta. Suuruuksiinsa verraten ne esiintyvät suhteellisesti tiheämmässä olevina objekteina kuin tähdet itse linnunradassa.

Näin olemmekin päässeet sinne asti, minne inhimillinen tutkimus tällä hetkellä on saanut äärimmäiset rajansa työnnetyksi. Olemme käsitelleet etäisyyksiä ja välimatkoja, joille emme enää voi löytää sopivaa mittakaavaa, jotta voisimme saada edes summittaista käsitystä niistä.

Vaikka tähtitiede on jo vuosituhansia vanha tiede, on koko nykyinen käsityksemme maailmankaikkeuden rakenteesta muutaman viimeisen vuosikymmenen tutkimuksen tulosta. Pohjahan on ollut vanhempi ja aikaisempi kehitys on tutkimustyöllekin ollut välttämätön, mutta kuitenkin viime vuosikymmenien nopea kehitys tälläkin alalla oikeuttaa meidät odottamaan, että puolen vuosisadan perästä tiedetään tästäkin kysymyksestä, laajuudeltaan maailman suurimmasta kysymyksestä, varmastikin paljon enemmän ja monessa kohden tarkemmin kuin nyt.

[1] Kts. Neitsyen tähtisumun kuvaa.

VALON NOPEUDEN MÄÄRÄYKSET.

Kirj. T. J. KUKKAMÄKI.

Vasta pari sataa vuotta sitten hylättiin se vanhempi käsitys valon luonteesta, jonka mukaan valo etenee äärettömän nopeasti. Kuitenkin jo GALILEI epäillen mainitun olettamuksen todenperäisyyttä yritti määrätä valon nopeutta kokeellisesti. Hänen menettelytapansa oli seuraava:

Kaksi havaitsijaa asettui muutaman kilometrin päässä toisistaan oleville kukkuloille siten, että voivat nähdä toisensa. Kummallakin havaitsijalla oli varjostimin varustettu lyhty. Kun ensimmäinen havaitsija sulki lyhtynsä varjostimella, teki toinen samoin heti, kun näki lyhdyn sammuvan. Ensimmäinen havaitsija määräsi ajan, joka kului hänen lyhtynsä sammumisesta siihen, kun hän näki toisen lyhdyn sammuvan. Ettei Galilei näin karkeilla välineillä saanut määrätyksi valon nopeutta, on ilman muuta selvää, kun muistamme, miten suuresta nopeudesta tässä on kysymys. Itse periaate kyllä on oikea ja myöhemmin sitä käyttikin FIZEAU niinkuin tulemme näkemään.

Ensimmäisenä onnistui tanskalaisen OLE RÖMERin määrätä valon nopeus havaitessaan Parisin tähtitornissa Jupiterin kuitten pimennyksiä. Hän johtui tähän tulokseen koettaessaan selittää seuraavaa ilmiötä:

Hän oli laskenut Jupiterin lähinnä olevan kuun kiertoajan jakamalla kahden oppositiossa sattuneen Jupiterin kuun pimennyksen väliajan tänä aikana sattuneiden pimennysten lukumäärällä. Kun hän sitten tämän keskikiertoajan avulla oli laskenut taulukon jokaista pimennyshetkeä varten oppositiosta oppositioon, huomasi hän, että havainnot eivät pitäneetkään yhtä sen kanssa. Pimennykset tapahtuivat yhä myöhemmin, mitä kauemmaksi oppositiosta tultiin ja oli tämä myöhästyminen konjunktiossa suurimmillaan eli noin 16.5 min. Tämän jälkeen todelliset pimennykset alkoivat jälleen saavuttaa taulukon aikoja kiinni ja olivat oppositiossa taas niitten kanssa yhdessä. Römerin Ranskan akatemiassa v. 1675 esittämä tämän ilmiön selitys perustui siihen, että valolla on äärellinen nopeus, ja että se siis tarvitsee aikaa siirtyessään paikasta toiseen. Tämän mukaan valo tuo tiedon Jupiterin kuun pimenemisestä maahan sitä myöhemmin, mitä pitemmäksi väli Jupiterista maahan tulee. Maksimimyöhästyminen, yllämainittu 16.5 min vastaa siis sitä aikaa, jonka valo tarvitsee kulkeakseen maan radan halkaisijan pituisen matkan, sillä tämän verranhan Jupiterin ja maan väli on konjunktiossa pitempi kuin oppositiossa. Römer tunsi nämä tarvittavat kaksi suuretta niin pienellä tarkkuudella, että hän niistä sai valon nopeudelle melko epätarkan arvon 220 000 km/sec. Jos käytämme maan radan halkaisijaa varten DE SITTERin mukaan parallaksin arvoa 8".803 ± 0.0013 ja BAUSCHINGERin laskemaa toista tarvittavaa suuretta 994 ± 6 sec, saadaan valon nopeudelle arvo 300 600 ± 1 200 km/sec, joka on täysin yhtäpitävä muilla keinoilla saatujen tulosten kanssa, joskin niitä epätarkempi.

Kuva 1. Ole Römerin työhuone.

Römerin aikalaiset ja hän itsekin epäilivät kuitenkin saatua tulosta sen suunnattomalta tuntuvan suuruuden perusteella. Vasta sitten, kun BRADLEY puoli vuosisataa myöhemmin toista tietä oli määrännyt valon nopeuden ja saanut yhtäpitävän tuloksen, saavutti Römerin käsitys valon nopeuden suuruudesta lopullisen hyväksymisen.

Aikajärjestyksessä toinen valon nopeuden määräys oli myöskin tähtitieteellinen niinkuin ensimmäinenkin. Sen suoritti mainittu englantilainen Bradley v. 1727 yrittäessään määrätä kiintotähtien parallaksia. Tätä parallaksia hän ei kuitenkaan onnistunut määräämään, mutta sen sijaan hän huomasi erään toisen kiintotähtien vuotuisen liikkeen, nimittäin sen, että kaikki kiintotähdet piirtävät ellipsien muotoisia ratoja. Näitten ellipsien isoakseli on kaikilla tähdillä 20".5 ja se on ekliptikan suuntainen. Pikkuakseli taas muuttuu tähden leveyden mukaan, ja rata on ekliptikan tähdillä viiva ja ekliptikan navan tähdillä ympyrä.

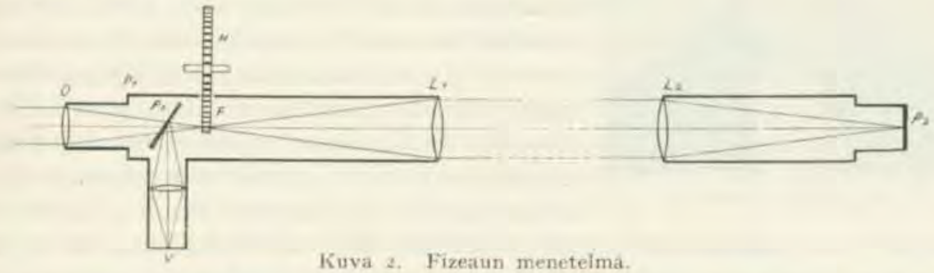
Jotta ymmärtäisimme helpommin Bradleyn tälle ilmiölle antaman selityksen, tarkastelkaamme seuraavaa esimerkkiä. Rautatievaunuun on pystytetty kohtisuoraan sylinteri. Junan seisoessa paikallaan putoaa se sadepisara, joka on osunut keskelle sylinterin suuta, myös keskelle sylinterin pohjaa. Jos taas juna liikkuu, ei mainittu sadepisara osukaan pohjan keskelle, vaan sylinterin sivuun. Jotta se tällöinkin saataisiin kulkemaan sylinterin keskiakselia pitkin, on sylinteriä kallistettava junan kulkusuuntaan sitä enemmän, mitä suurempi junan nopeus on verrattuna sadepisaran putoamisnopeuteen. Mainittu kiintotähdissä havaittava ilmiö on äsken kuvatun esimerkin kaltainen. Kiintotähdestä tuleva valonsäde vastaa sadepisaraa, maa rautatievaunua ja kaukoputki sylinteriä. Jos maa seisoisi paikallaan, pitäisi meidän suunnata kaukoputkemme mainitun ellipsin keskelle saadaksemme valonsäteen osumaan kaukoputken okulaaripäässä olevaan lankaristikkoon. Koska maa kuitenkin kiertää määrätyllä nopeudella aurinkoa, on meidän kallistettava kaukoputkea maan liikkeen suuntaan enemmän tai vähemmän riippuen maan nopeuden valonsädettä vastaan kohtisuorassa olevan komponentin suuruudesta, ja näin joutuu kaukoputken keskiakselin jatke piirtämään vuoden kuluessa mainitun ellipsin taivaanpallolle.

Mittaamalla kiintotähtien siirtymisellipsin isonakselin suuruuden eli aberraatiovakion ja laskemalla auringon parallaksin avulla maan nopeuden radallaan, voidaan kuvatun ilmiön perusteella helposti laskea valon nopeus. Jos käytetään Bauschingerin mukaan aberraatiovakiota 20".52 sekä auringon parallaksille arvoa 8".803, saadaan valon nopeuden arvoksi 299 050 km/sec.

Edellä ilmoitetun arvon virhe aiheutuu suurimmaksi osaksi aberraatiovakion virheellisyydestä. Tämän määräämiseen on myöhemmin käytetty edellisestä kokonaan poikkeavaa F. KÜNSTNERin auringon parallaksin määräämistä varten kehittämää tapaa. Siinä määrätään tähtien spektriviivojen siirtymisen avulla Dopplereffektin perusteella maan nopeuden suhde valon nopeuteen, joka juuri onkin aberraatiovakio. Tällä menetelmällä on se etu, että siinä tarvitsee määrätä vain spektriviivojen differentiaalisiirros normaalispektriin nähden puolen vuoden väliajoin, kun taas aikaisemmin oli suoritettava absoluuttisia tähtien aseman määräyksiä ja vasta näitä toisiinsa vertaamalla päästiin tulokseen. Künstnerin menetelmää käyttäen on S. JONES suorittanut runsaasti mittauksia, ja hän on saanut (1927) aberraatiovakiolle arvon 20".47 ± 0".01. Jos tätä käyttäen lasketaan valon nopeuden arvo, saadaan 299 820 ± 200 km/sec, mikä erittäin hyvin sopii yhteen seuraavassa esitettävien, fysikaalisilla keinoilla saatujen valon nopeuden arvojen kanssa.

Valon nopeuden määrääminen maan pinnalla ei ollut mahdollista, ennen kuin oli keksitty keinoja, joiden avulla voitiin määrätä hyvin lyhyitä aikaeroja. Valohan kulkee sille maapallolla mahdolliset matkat vähemmässä kuin sekunnin tuhannesosassa. Vestikin Römerin mittauksista lähes kaksisataa vuotta, ennen

kuin valon nopeus voitiin viimeksimainituilla keinoilla määrätä. V. 1838 ARAGO viittasi siihen, että vähän aikaisemmin WHEATSTONEn keksimä pyörivä peili olisi sopiva väline hyvin lyhyitten aikaerojen ja siis myös valon nopeuden määräämiseen. Menetelmän käytännöllisen kehittämisen suorittivat FIZEAU ja FOUCAULT. Foucault piti sitkeästi kiinni pyörivän peilin periaatteesta, kun taas Fizeau pian lähti kulkemaan omaa tietään ja saavutti päämääränsä hiukan aikaisemmin kuin tutkijatoverinsa.



Kuva 2. Fizeaun menetelmä.

FIZEAU julkaisi menetelmänsä v. 1849. Sen periaate käy ilmi kuvasta 2. Valolähteestä V lähtevät valonsäteet kokoaa kupera linssi pisteeseen F, jota ennen puoliksi läpinäkyvä peili P_1 on muuttanut näiden suuntaa 90°. Linssi L_1, jonka polttopisteessä F on, tekee valonsäteet yhdensuuntaisiksi, jollaisina nämä kulkevat usean kilometrin pituisen matkan. Tämän jälkeen linssi L_2 kokoaa valon peilin P_2 pinnalle, josta se heijastuu ja kulkee samaa tietä takaisin muodostaen uudelleen valolähteen V:n todellisen kuvan pisteeseen F. Näin syntynyt kuva havaitaan puoleksiläpinäkyvän peilin läpi okulaarilla O. Laitteen oleellisin osa on hammasratas H. Se on sijoitettu linssin L_1 polttopisteen kohdalle siten, että jos rattaan lovi on pisteessä F, pääsee lähtevä ja palaava valo vapaasti kulkemaan, jos taas siinä on rattaan hammas, estää se kumpaankin suuntaan valon kulun. Jos hammasratas pannaan pyörimään, päästää se lävitseen »valojanoja». Kun tällainen »valojana» palaa takaisin pisteeseen F, on hammasratas kerinnyt pyörähtää uuteen asentoon niin, että pisteeseen F on tullut hammas ja valo ei pääse okulaariin O. Pyörimisnopeutta lisättäessä seuraava lovi ehtii kohdalle ja okulaarissa nähdään valo. Edelleen lisättäessä nopeutta valo häviää ja katoaa vuorotellen. Valon nopeutta tällä menetelmällä määrättäessä on mitattava kaksi suuretta: pisteen F ja peilin P_2 välimatka, jonka valo joutuu havaittavassa ajassa kulkemaan edestakaisin, sekä hammasrattaan pyörimisnopeus, josta voidaan laskea kulunut aika, kun vain tunnetaan hampaitten lukumäärä. Fizeaulla oli mainittu etäisyys 8.633 km. Hammasrattaassa oli 720 hammasta ja sen piti pyöriä 12.6 kierrosta sekunnissa, jotta valo ensimmäisen kerran pimenisi. Näistä suureista saadaan Fizeaun määräämä valon nopeuden arvo 313 300 km/sec.

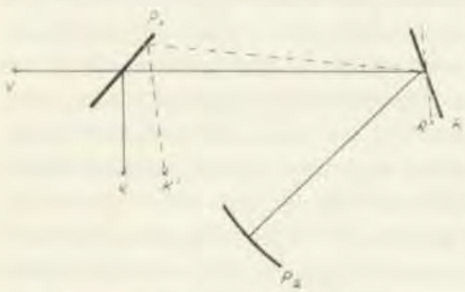
V. 1850 julkaisemassaan menetelmässä FOUCAULT käytti niinkuin jo mainitsimme pyörivää peiliä aikaerojen määräämiseen. Peilin hän kiinnitti ilmaturbiinin akseliin, jonka kierrosluku oli useita satoja sekunnissa. Menetelmän periaate selviää kuvasta 4.

Kuva 3. Leon Foucault.

Valolähteenä on auringon valaisema lankaristikko V. Siitä menee valo puoleksiläpinäkyvän peilin P_1 läpi peiliin R. Tästä valo heijastuu linssiin L, joka kokoaa sen koveralle peilille P_2, minkä kaarevuuskeskipiste on peilin R pyörimisakselilla. Peilistä P_2 valo palaa takaisin samaa tietä, kunnes osa siitä heijastuu peilistä P_1 sivulle pisteeseen K, johon muodostuu okulaarimikrometrillä havaittava, lankaristikon V todellinen kuva. Näin on asian laita, jos peili R on liikkumatta. Jos se pannaan nopeaan pyörimisliikkeeseen, on se valon palatessa takaisin kääntynyt asentoon R', josta valo heijastuu K:sta hiukan sivulla olevaan pisteeseen K'. Tämä siirros KK' $= d$ mitataan okulaarimikrometrillä. Kun sitä paitsi määrätään peilin R kierrosluku n ja välimatkat VR $= r$ ja RP_2 $= l$, saadaan valon nopeus kaavasta

$$c = \frac{8\pi rnl}{d}.$$

Lopullisena tuloksenaan ilmoittaa Foucault $c = 298\,000$ km/sec.



Kuva 4. Foucaultin menetelmä.

Nämä molemmat viimeksimainitut menetelmät ovat myöhemmin osoittautuneet hyvin kehityskelpoisiksi. Voidaankin sanoa, että ne muodostavat valon nopeuden mittausmenetelmien päätyypit. Myöhemmät tutkijat ovat lisänneet menetelmien tarkkuutta, pitentämällä valon kulkemaa matkaa, ns. optista matkaa ja lisäämällä hammasrattaan tai vastaavasti peilin pyörimisnopeutta, samalla kun kierrosluvun määräämiseksi on keksitty yhä tarkempia keinoja. Aluksi suosittiin Fizeaun menetelmää enemmän, koska siinä voitiin optista matkaa ilman muuta pitentää, mikä taas Foucaultin keinossa alkuperäisessä muodossaan ei käynyt päinsä.

A. CORNU lisäsi Fizeaun keinon tarkkuutta parantamalla maksimipimenemisen määräämistä. Hän nimittäin suoritti aina kaksi havaintoa, joissa toisessa rattaan nopeus lisääntyi ja toisessa väheni sekä otti sitten näistä keskiarvon. Vv. 1871—74 10.3 ja 22.8 km pituisilla välimatkoilla suoritetuissa mittauksissaan Cornu antoi hammasrattaan pyöriä aina 1 600 kierrosta sekunnissa. Lopullisena tuloksenaan hän ilmoitti 300 000 $\pm$ 300 km/sec. Tätä tulosta ovat kuitenkin HELMERT (1876) ja LISTING (1891) kritikoineet huomauttamalla, ettei lopputulosta johdettaessa ole otettu huomioon rattaan kierrosluvun muutoksen systemaattista

vaikutusta. Heidän johtamaansa tulosta 299 990 $\pm$ 200 km/sec Cornu ei tunnustanut omaansa paremmaksi.

Cornun kokeita jatkoivat myöhemmin PERROTIN ja PRIM. He suorittivat vv. 1900—02 Nizzassa suuren määrän havaintoja käyttämällä välimatkaa 46.0 km, joka on pisin tähän mennessä valon nopeusmääräyksissä käytetyistä matkoista. Mittausten lopputulos oli 299 901 $\pm$ 84 km/sec.

Aivan oleellisia muutoksia Fizeaun menetelmään ovat muutama vuosi sitten (1928) tehneet A. KAROLUS ja O. MITTELSTAEDT. He käyttivät hammasrattaan sijasta kahden Nicolin prisman väliin asetettua Kerrin kennoa. Tällöin saatiin aikaan systeemi, jolla valonsäteen katkaisut tapahtuvat monin verroin nopeammin kuin se hammasrattaalla on mahdollista. Mittauksissa voitiin näin ollen käyttää paljon lyhempää optista matkaa kuin aikaisemmin. Kerrin kenno on kondensaattori, jonka dielektrikumi tulee kaksoistaittavaksi, kun kondensaattorin levyihin pannaan sähköjännite. Kaksoistaittaminen on tästä jännitteestä riippuvainen siten, että käytettäessä vaihtovirtaa kaksoistaittaminen saa yhden vaihtovirtaperiodin aikana kaksi kertaa ääriarvon ja kaksi kertaa arvon 0. Jos kahden Nicolin prisman väliin sijoitetaan Kerrin kenno siten, että kenttäviivat puolittavat polarisaatiotasojen välisen suoran kulman, on yhden vaihtovirtaperiodin aikana kaksi erittäin lyhyttä hetkeä, jolloin valoa ei pääse läpi, ja laite vastaa hyvin kapeahampaista Fizeaun ratasta. Jotta menetelmää voitaisiin käyttää k.o. tarkoitukseen, on vielä laadittava toinen systeemi, joka muuten on samanlainen paitsi että valo siitä pääsee läpi vain hyvin lyhyinä hetkinä, joten se vastaa ratasta, jonka lovet ovat hampaisiin nähden hyvin kapeat. Kun edellinen pannaan lähtevän ja jälkimmäinen saapuvan valonsäteen tielle sekä molemmat systeemit värähtelemään synkronisesti, saadaan aikaan hyvin terävät ja tarkasti määrättävissä olevat valominimit.

Kun edelläesitettyyn perustuvilla laitteilla oli saatu aikaan aina 10 000 000 valon katkaisua sekunnissa, voitiin varsinaiset mittaukset suorittaa. Pituusmittaus perustui 41.386 m pituiseen kantaan, ja saatiin Kerrin kennojen väliin jäävä optinen matka moninkertaisilla heijastuksilla 250 ja 330 m:ksi. Valon katkaisujen lukumäärä sekunnissa vaihteli 3 600 000—7 200 000 välillä. Lopputuloksena ilmoittavat Karolus ja Mittelstaedt 299 778 $\pm$ 20 km/sec. Menetelmän tarkkuutta voitanee vielä lisätä käyttämällä pitempää kantaa, jolloin vältytään moninkertaisten heijastusten aiheuttamasta epätarkkuudesta.

Foucaultin pyörivään peiliin perustuvaa menetelmää ovat huomattavasti kehittäneet amerikkalaiset A. A. MICHELSON ja S. NEWCOMB, varsinkin ensinmainittu. Alkuperäisissä Foucaultin kokeissa kuvapisteen siirroksen suuruus oli vain 0.7 mm. Mittaustarkkuuden lisäämiseksi oli tätä siirtymää suurennettava, joko sitten pitentämällä optista matkaa tai lisäämällä peilin pyörimisnopeutta. Päähuomio kiinnitettiin tässä niinkuin Fizeaun keinonkin kehittämisessä, välimatkan suurentamiseen, vaikk'ei se täällä ilman muuta olekaan mahdollista. Jos näet säteet takaisin heijastava peili viedään kovin kauas pyörivästä peilistä, muodostaa peilin läpimitta niin pienen osan valonsäteen sillä etäisyydellä piirtä-

Kuva 5. Albert A. Michelson.

mästä koko kehästä, että vastaavassa suhteessa pienentynyt valovoima ei ole enää riittävän suuri. Tämän epäkohdan molemmat mainitut tutkijat välttivät käyttämällä suunnilleen samanlaista menettelytapaa.

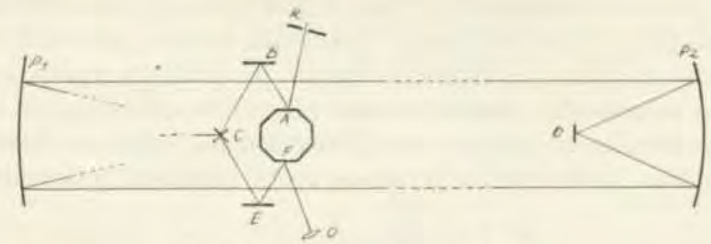
MICHELSON käytti valonsäteitä kokoamaan hyvin pitkäpolttovälistä (45.75 m) linssiä, jonka hän sijoitti niin kauas pyörivästä peilistä, että polttopiste tuli tämän pyörimisakselin lähelle. Tästä oli seurauksena, että valon heijastumismahdollisuus päätepeilistä (kuva 4, P_2) riippui vain siitä, miten suuren osan koko pyörähdysajasta valonsäde osui linssiin ja päätepeili voitiin viedä valon voimakkuutta vähentämättä kauemmaksi. Vv. 1878 ja 1882, jolloin peilin etäisyytenä oli vähän yli 600 m, Michelson sai suoritetuista koesarjoista tulokset 299 910 ± 50 ja 299 853 ± 60 km/sec. NEWCOMBin menetelmä oli suunnilleen samanlainen. Pyörivän peilin asemesta hän kuitenkin käytti nelisärmäistä prismaa, jonka sivupinnat oli kiilloitettu peileiksi. Näin saatiin efektiivinen pyörimisnopeus nelinkertaiseksi tarvitsematta lisätä mekaanista pyörimisnopeutta. Kaikkien mittausten keskiarvo on 299 810 ± 60 km/sec, kun taas Newcombin valikoiduista havainnoista laskema tulos on 299 860 ± 30 km/sec.

Havaintomenetelmästään johtui Newcomb ajatukseen, että mittaustarkkuutta voidaan huomattavasti lisätä hänen käyttämällään säännöllisen prisman muotoisella peiliyhdistelmällä, jos nimittäin prisman pyörimisnopeus sovitetaan prisman sivupintojen lukumäärään ja optiseen matkaan nähden siten, että prisman seuraava sivupinta on ehtinyt pyörähtämään tarkalleen edellisen paikalle sillä aikaa, kun valo on suorittanut matkan päätepeiliin ja takaisin. Tällöin kuvapiste näkyy alkuperäisellä paikallaan ja vältytään virheestä, joka syntyy sanottua kuvapisteen siirtymistä mitattaessa. Nythän tulevat kysymykseen vain hyvin pienet, korjausten kertalukua olevat, okulaarimikrometrillä helposti mitattavat välit.

Vasta 40 vuotta myöhemmin toteutui mainittu ajatus Michelsonin uudistaessa v. 1926 mittauksensa. Jottei peiliprisman pyörimisnopeus olisi tullut kovin suureksi, hän valitsi pyörivän peilin ja päätepeilin etäisyyden hyvin suureksi. Havaintoaseman hän sijoitti Mt. Wilsonille ja päätepeilin 35 km:n päässä olevalle Mt. San Antoniolle. Optisen matkan määrääminen perustui erittäin huolelliseen U. S. Coast and Geodetic Surveyn erikoisesti tätä tarkoitusta varten suorittamaan kolmiomittaukseen, jossa koko matkalla on arvioitu olevan virhettä vain 5 cm.

Michelsonin käyttämä menetelmä selviää kuvasta 6. Kaarilampun valo suunnataan raon R kautta pyörivän prisman sivupintaan A, josta se edelleen

peilien B ja C avulla johdetaan koverolle peilille P_1. Tästä valo lähtee yhdensuuntaisena ja kohtaa 35 km:n päässä olevan toisen koveron peilin P_2, jonka polttopisteeseen muodostuu raon R kuva. Tänne sijoitettu tasopeili D heijastaa valon takaisin samaa tietä peilisysteemiin C, josta se tällä kertaa peilin E kautta sattuu pyörivään prismaan kohdalla F ja edelleen okulaariin O.



Kuva 6. Michelsonin menetelmä.

Peiliprisman pyörimisnopeuden Michelson mittasi stroboskooppisesti, ja vertasi sitten käytetyn äänirauden tarkkaan heiluriin. Havainnot hän suoritti antamalla prisman pyöriä sellaisella nopeudella eli muutamia satoja kierroksia sekunnissa, että raon R kuva silloin näkyi okulaarissa O. Etukäteen suunnilleen säädetyn stroboskoopin osoittaessa prisman ja äänirraudan resonanssia havaittiin okulaarimikrometrissä raon kuvan pieni siirros seisovalla prismalla havaittuun kuvaan nähden. Sama havainto suoritettiin aina myös prisman pyöriessä päinvastaiseen suuntaan. Lopullisissa mittauksissa käytettiin 8-, 12- ja 16-sivuisia lasiprismoja sekä 8- ja 12-sivuisia teräsprismoja, joilla suoritetuilla eri havaintosarjoilla saadut tulokset näkyvät taulukosta 1.

Taulukko 1.

Prisma	Tulos (km/sec)	Paino
Lasi, 8-siv.	299 802	1
» »	299 756	1
» »	299 813	3
Teräs, »	299 795	5
Lasi, 12-siv. ..	299 796	3
Teräs, »	299 796	5
Lasi, 16-siv. ..	299 803	5
» »	299 789	5

Lopputuloksen, 299 796 ± 4 km/sec, keskivirhe on huomattavasti pienempi kuin kaikkien muiden edelläselostettujen mittausten.

Vaikka tulos olikin näin tarkka, ei Michelson ollut täysin tyytyväinen siihen. Hän epäili, että optisen matkan määräyksessä olisi sittenkin suurempi virhe kuin mitä oletettiin, sillä olivathan tässä kysymyksessä vaikeat geodeettiset mittaukset laaksosta korkeille vuoren huipuille. Samoin oli mahdollista, että Kaliforniassa tavalliset maanjäristykset olisivat voineet muuttaa optisen matkan päätepisteiden keskinäistä asemaa. Lisäksi on vaikea mitata koko valonsäteen kulkemalla tiellä ilman taitekerrointa mittaushetkellä. Näitä virheitä välttääkseen Michelson järjesti Irvine Ranchiin lähelle Santa Anan kaupunkia Kaliforniassa 1 609 m pituisen, 1 m läpimittaisen, ilmatiiviin teräsputken, jonka sisällä valonsäteen annettiin kulkea. Putken päitten välimatkan määräsi U. S. Coast and Geodetic Survey erittäin huolellisesti 56 kertaa. Ilman taitekertoimen mittausvirhettä suurentava vaikutus saatiin käytännöllisesti katsoen kokonaan poistetuksi vähentämällä putken sisällä olevan ilman paine mahdollisimman pieneksi. Se vaihteli eri kokeissa 0.5 ja 5.5 mm välillä. Varsinaisten mittauskoneitten rakenne oli pääpiirteissään sama kuin aikaisemmassakin mittauksessa. Pyörivä peilisysteemi oli tällä kertaa kuitenkin 32-sivuinen. Se pantiin pyörimään 730 tai 585 kertaa sekunnissa riippuen siitä, käytettiinkö 8 vai 10 kertaa peileistä edestakaisin heijastunutta valonsädettä. Mittaukset näillä 2.5 milj. mk maksaneilla laitteilla aloitettiin 1931 helmikuussa. Michelsonin kuoltua pari kuukautta tämän jälkeen, jatkoivat hänen apulaisensa Pease ja Pearson työtä alkuperäisen suunnitelman mukaisesti. Kahden vuoden aikana suoritettiin 2 885 koetta, joiden tulokset esitetään taulukossa 2 neljään ryhmään jaettuna. Tämän suurenmoisen, tavatonta huolellisuutta ja paljon työtä vaatineen tutkimuksen loppu-

Taulukko 2.

Aika	Kokeitten lukumäärä	Tulos (km/sec)
1931 helmik. 19—heinäk. 14	493	299 770
1932 maalisk. 3—toukok. 13	753	299 780
1932 toukok. 13—elok. 4	742	299 771
1932 jouluk. 3—1933 helmik. 27	897	299 775

tuloksen 299 774 ± 1 km/sec esittivät Pease ja Pearson v. 1934 Yhdysvaltain Kansalliselle Tiedeakatemialle.

Saadaksemme yhtenäisen kuvan kaikista tähän saakka suoritetuista fysikaalisista valon nopeuden määräyksistä esitämme taulukossa 3 Cheyry de Brayn v. 1927 julkaisemaansa kirjoitukseen alkuperäisistä julkaisuista kokoamat arvot. Näihin olemme vielä liittäneet kaksi myöhemmin saatua tulosta. Aikamäärä ilmottaa havaintojen keskimääräisen ajan. Menetelmää osoittavassa sarakkeessa on ilmoitettu, perustuvatko mittaukset Foucaultin vai Fizeaun menetelmään.

Lueteltuja arvoja tarkasteltaessa kiintyy huomio siihen, että valon nopeuden arvo näyttää pienenevän ajan mukana. Tämä ilmiö on askarruttanut monen tutkijan mieltä ja on sille yritetty antaa eri selityksiä. On ajateltu, että valoaallon pituus lyhenisi ajan mukana. Tämä on kuitenkin ristiriidassa sen tosiseikan kanssa, että eri aikoina valoaallon avulla suoritetut metrin pituuden määräykset ovat antaneet keskenään yhtäpitävän tuloksen. Sitä paitsi on Ray J. Kennedy (1932) havainnut pitemmän ajan kuluessa määrättyyn tarkoin pituutensa säilyttävään etaloniin sisältyvien valoaaltojen lukumäärän ja on todennut, että tämä lukumäärä pysyy samana tarkkuudella, joka on 60 000 kertaa suurempi kuin mainittu valon nopeuden muutos. Cheury de Bray huomauttaa (1931), että valon nopeuden muutoksen syynä voi olla »laajeneva avaruus» ja laskee (1934) neljän viimeisen ja tarkimman mittaustuloksen (taulukon 3 arvot 15—18) perusteella, valon nopeuden muuttuvan yhtälön

$$c = 299\,900 - 4(T - 1900)\ \text{km/sec}$$

Taulukko 3.

	Aika	Havaitsija	Menetelmä	Matkan pituus (m)	Tulos (km/sec)	Huomautuksia
1	1849.5	Fizeau	Fizeau	8 633	315 300	
2	1862.8	Foucault	Foucault	20	298 000 ± 500	
3	1872.0	Cornu	Fizeau	10 310	298 500 ± 300	Provisoorinen mittaus
4	1874.8	»	»	22 910	300 400 ± 300	
5	»	Cornu, Helmert, Listing	»	»	299 990 ± 200	Tulos 4. Helmertin ja Listingin korjaamana
6	1878.0	Michelson..........	Foucault	605	300 140 ± 300	Provisoorinen mittaus
7	1879.5	»	»	»	299 910 ± 50	
8	1880.9	Newcomb..........	»	2 550.9	299 627	Epäluotettava
9	1881.0	Young, Forbes	Fizeau	5 550	301 382	»
10	1881.7	Newcomb..........	Foucault	3 721.2	299 694	»
11	1882.7	»	»	3 721.2	299 860 ± 30	
12	1882.8	Michelson..........	»	625	299 853 ± 60	
13	1900.4	Perrotin	Fizeau	11 862.2	300 032 ± 215	
14	1902.4	»	»	45 950.7	299 901 ± 84	
15	1924.6	Michelson..........	Foucault	35 385.53	299 802 ± 30	Provisoorinen mittaus
16	1926.0	»	»	»	299 796 ± 4	
17	1928.5	Karolus, Mittelstaedt	Fizeau	330	299 778 ± 20	
18	1932.1	Michelson..........	Foucault	1 609	299 774 ± 1	

mukaan. F. K. Edmonson ei hyväksy (1934) tätä selitystä, sillä havaintotuloksista saatu valon nopeuden muutos on paljon suurempi kuin sen »laajenevan avaruuden» perusteella pitäisi olla. Hän taas sanoo, että valon nopeuden muuttuminen voidaan lausua ajan periodisena funktiona

$$c = 299\,885 + 115 \cdot \sin\left(2\pi \cdot \frac{T - 1901}{40}\right)\ \text{km/sec.}$$

Kysymyksessä olevan tutkimuksen nykyisessä vaiheessa ei voida vielä sanoa, onko valon nopeuden muutos lineaarinen vai periodinen. Tämä kysymys saanee kuitenkin ratkaisunsa, jos vuoden 1951 paikkeilla suoritetaan uusi mittaus, sillä silloin edellisen yhtälön mukaan valon nopeus saisi arvon 299 696 ja jälkimmäisen mukaan 300 000 km/sec, joiden arvojen ero on sata kertaa suurempi kuin nykyisin saavutettava mittaustarkkuus. Ennen tämän seikan selviämistä ei liene mahdollista löytää valon nopeuden muutoksen lopullisia syitä.

Lopuksi lienee vielä paikallaan mainita tässä kuvatuilla menettelytavoilla määrättyjen valon nopeuden arvojen hyvä yhteensopivaisuus sähköopin alalla suoritettujen vastaavien mittausten kanssa. Rosan ja Dorseyn v. 1907 määräämä sähköstaattisten ja sähkömagneettisten yksiköiden suhteen arvo oli 299 710. Grüneisen ja Giebe saivat v. 1920, määrätessään kansainvälisen ohmin, tämän suhteen vähän suuremmaksi eli 299 790 ± 30:ksi. V. 1921 julkaisi M. Mercier sähkömagneettisten aaltojen lankoja myöten tapahtuvan etenemisen nopeudeksi saamansa arvon 299 790 ± 20 km/sec.

VIELÄ KIINTOTÄHTIEN NIMIÄ.

Kirj. O. J. TUULIO.

Ursan julkaisussa I v. 1926 ilmestyi »Kiintotähtien nimet» artikkeli (johon tässä viittaan vain merkinnällä »1926»). Nyt tulee vähän jatkoa eli oikeammin lisää. Sysäyksen antoi maisteri Kalaja. Hän lähetti minulle jokin aika sitten suuren, vasta laatimansa tähdennimiluettelon, johon hän itse oli valmiiksi merkinnyt, mitkä nimet olin selittänyt jo 1926 ja pyysi samaan tapaan selittämään loputkin Ursan uutta julkaisua varten. Nyt minä siis vain maisteri Kalajan luettelosta, jossa tähtien samastuskin jo on valmiina, poimin nuo merkinnättömät nimet ja selitän ne. En kuitenkaan täydellisesti kaikkia: en selitä niitä harvoja, joihin kirjani ja tietoni eivät anna mitään valaisua — nämä ainoastaan mainitsen, vieressä kysymysmerkki; enkä edes mainitse hyvin myöhäisiä eteläisimpien tähdistöjen nimiä, ainakaan sikäli kuin ne ilman muuta löytää Idelerin teoksen »Untersuchungen über den Ursprung und die Bedeutung der Sternnamen» rekisteristä ja sitten ääntämisohjeineen tavallisesta latinan koulusanakirjasta. Aakkosiston alkupäähän otin näitäkin joitakuita. [1]

Kirjoitelmaani sopii siis katsoa vain tavallaan vastaukseksi, ja jossakin määrin vajaaksi vastaukseksi, maisteri Kalajalle. Ja samalla tahtoisin sanoa sen olevan tavallaan myös vastaavanlaista hyvitystä ystävälleni, taiteilija Matti Warénille: jo hänkin oli selitettäväkseni luetteloinut suuren joukon nimistöä, joukossa arvoitusnimiä, vanhoja toisintonimiä ym., joista silloin ilman muuta jätin käsittelemättä useita, varsinkin etelätaivaan nimiä. Nyt pestään pyykki puhtaammaksi; ja kiitos kummallekin työnantajalleni.

Asiallisimmalta saattaisi näyttää tähän aakkostaa erikseen ensin a) tähdistöjen nimet, sitten b) tähdistön osa- ja toisintonimet ja lopuksi c) tähtien nimet. Kun kuitenkin vuosisataiset siirrot ryhmästä toiseen, kaiken asteiset, ovat olleet lukuisia, varsinkin juuri suuntaan abc, joten siis nykyiset tähdennimet usein ovat ennen olleet tähdistön toisintaniminä tai tähdistön jonkin osan nimenä, on tuntunut lopultakin luontevammalta sirotella maininnat suoraan kunkin nimen koh-

[1] Siltä varalta, että joku tarvitsisi lisätietoja nimenomaan aitoarabialaisen tähtinimistön ja sen keskiaikaisten käännösten alalta, saan samalla viitata 1928 ilmestyneeseen julkaisuuni »Survivance arabo-romane du Catalogue d'étoiles de Ptolémée, I» (sarjassa »Studia Orientalia», II; Helsinki 1928) ja sen bibliografiaan.

dalle kuin sovittaa ne joiksikin ryhmäotsakkeiksi, joita olisi tullut hyvin monia kaikenlaisten välitapausten lukuisuuden vuoksi.

1926 oli määrä, niinkuin nytkin, yleensä noudattaa Tietosanakirja Oy:n ääntämismerkintää. Pahoittelen vain, että silloin paikoittain tuli käytetyksi paria kolmea merkkiä, jotka tuo järjestelmä korvaa muilla. Esim. 1926 *Deneb.* Tietosanakirjan transskriptio ei olisi *δ*enéb, vaan ðenéb. Samoin 1926 *Ras-algethi:* ei aldžê*ϑ*i, vaan aldžêþī; ja vielä 1926: *Thoban:* ei *θ*o'bân, vaan þo'bân. — Suvaitsen sitä paitsi transskriptioissakin muutamia merkkejä, joita Tietosanakirja ei käytä: ç on »emfaattinen» (mahtipontinen) sibilantti; joka tahtoo, voi sen ääntää kuin *s*; w kuin *v*, tarkemmin: kuin englannin *w*, yms.

Adara, α Eridani, aitoarab. 'a ð â r ī 'neitosia' (monessa muussa arab. sanassa sama loppu-ī luettaisiin *a*:ksi). Mutta aitoarab. nimi tarkoitti kaukana Achernarista tuikkivia tähtiä $o^2\eta\delta\varepsilon$ Canis maioris. Näyttää siis kuin olisi tässä jokin tähtipallon kaivertaja harhautunut Siriuksen tienoilta aina Achernarin kohdalle asti. Ja vrt. *Aludra!* Äännä [-âra].

Ain, ε Tauri, arab. 'a i n 'silmä'. Äännä kuin suom.

Aldib, ϑ Draconis, arab. a d d i' b eli a l d i' b, 'susi'. Näkyy aitoarab. tarkoittaneen lähitähtiä $\zeta\eta\iota$. Äännä [-dîb].

Alchiba, δ Corvi, arab. a l k h i b â, 'teltta'. Tarkoitti aitoarab. koko tähdistöä; beduinien mielestä sen neljä päätähteä olivat kuin sikäläisen teltan neljä kulmaa. Varmasti on tuon *e*:n sijalla alkuaan ollut *c*: »Alchiba». Äännä [-bâ].

Alnitak, ζ Orionis, arab. a n n i t â q eli a l n i t â q 'vyö'. Alkuaan koko vyön $\delta\varepsilon\zeta$ toisintonimenä, niinkuin 1926 suunnilleen samaa merkitsevät *Alnidam* ja *Mintaka*. Äännä [-ták].

Alpheratz, α Andromedae = δ Pegasi, arab. a l f a r á s 'hevonen'. Alkuaan siis koko Pegasuksen nimenä. Äännä [alferáts] tai [alférats].

Alskain, β Aquilae, eurooppalaisessa kirjoituksessa tapahtunut väännös, arab. a l' o q â b 'kotka'. Alkuaan siis koko tähdistön nimenä. Kai äännämme [-káin].

Aludra, η Canis maioris, arab. a l' á ð r a, klassill. a l' a ð r â 'neito'. Tarkoitti aitoar. samoja tähtiä kuin *Adara* (katso tätä). Äännä [-û-] tai [-râ].

Alula australis, ξ Ursae maioris ja **Alula borealis,** ν Ursae maioris, arab. a l' û l ā 'ensimmäinen' (femin.) ynnä lat. a u s t r a l i s 'eteläinen' ja b o r e a l i s 'pohjoinen'. Tähdet yhteensä ovat kuin Ison Karhun »ensimmäinen» eli »edellinen» jalanjälki eli polkema, »toista» polkemaa edustavat tähdet *Tania* (katso tätä). Täydellisinä kuuluivat aitoarab. nimet näin: a l q á f z a t a l' û l ā 'polkema, se ensimmäinen' ja a l q á f z a t a þ þ â n i j a, 'polkema, se toinen'. (Vrt. Talita). Äännä [alûla -âlis].

Alwaid, β Draconis, arab. a l' a w â i ð 'suojelijattaret'; sana voidaan tulkita toisinkin, ja mihin se tähtää, on epävarmaa. Aitoarab. nimi tarkoitti ryhmää $\beta\gamma\xi\nu$. Äännä [-wâ-].

Alya, ϑ Serpentis, arab. á l j a 'häntä, pyrstö'. Tähti on Serpensin pyrstön kärjessä. Äännä [âlja].

Amphora = Aquarius, lat. a m p h o r a, 'sanko', oikeastaan siis Vesimiehen osa, myös koko tähdistön nimenä. Äännä kuin suom. tai [âmfora].

Ancha, ϑ Aquarii, keskiajan latinaa, 'lanne' (vrt. ranskan *hanche* 'lanne'). Ideler, siv. 201, huomauttaa, että nimi oikeastaan kuuluisi joko σ tai ι tähtien viereen. Äännä [-ka].

Antinous, osa Vulpecula tähdistöä, lat. < kreik. A n t i n o o s, tarusankarin nimi. Äännä [-i-].

Antlia, genit. *Antliae*, lat. < kreik. a n t l i ā 'pumppu', tässä 'ilmapumppu'. Tähdistön nimeää ensi kerran La Caille 1752. Äännä lat. kuin suom.

Apis, genit. *Apis*, lat. a p i s 'mehiläinen'. Tähdistön nimeää ensi kertaa Bayer 1603. Äännä kuin suom.

Apparatus sculptoris, genit. samoin, lat., 'kuvanveistämö'. Nimeää ensi kerran La Caille 1752. Äännä [-âtus -ōris], genit. [-âtūs -ōris].

Apus, genit. *Apodis* t. *Apodos*, lat. < kreik. á p ū s, 'jalaton'. Saman tähdistön toisena nimenä on A v i s i n d i c a, lat., 'Intian lintu' (tarkoittaa paratiisilintua, jota aikoinaan luultiin jalattomaksi). Äännä [âpūs], genit. kuin suom.

Ara, genit. *Arae*, lat., 'alttari'. Äännä [âra], genit. [ârē].

Arcitenens (ei: »Archi-»), genit. *Arcitenentis*, lat., 'jousta pitelevä', nykyään harvinainen toisintonimi = Sagittarius[1]. Äännä [arkitenēns], genit. [arkitenéntis].

Argo, genit. *Argus*, kreik. tarulaivan nimi, nyk. harvinainen toisintonimi *(Argo Navis)* = Carina + Puppis + Vela + Pyxis + Pictor + Antlia. Äännä [árgō], genit. [árgūs].

Arided, α Cygni, väännös, arab. arrîdf eli alrîdf, 'takana-ratsastaja', kuvaannollinen 'pyrstön' *(Deneb*, katso 1926) nimi. Väännöksen eräänä välimuotona tavataan keskiajalla myös *arridef*. Ääntänemme [-rí-].

Arrakis, μ Draconis, arab. arrâqiç l. alrâqiç 'tanssija'. Tätä aitoarab. nimeä tavataan useita muunnoksia; mitä nimenantaja tarkoitti, jää epäselväksi. Äännä [-râ-].

Asellus australis, δ Cancri ja **Asellus borealis,** γ Cancri, lat., 'aasi, eteläinen' ja 'pohjoinen'. Lat. nimi on käännös kreikasta, jossa *Onoi* 'aasit' tarkoittivat samoja tähtiä, jota vastoin aitoarab. nimi alhimārân 'molemmat aasit' ainakin Espanjassa säilyneen perinteen (Alfonso X:nnen tähtitieteen) mukaan näkyy kuuluneen tähdille $\eta\vartheta$. Äännä [-sél-âlis].

Asmidiske, ξ Puppis, väännös, kreik. aspidískē 'pikku kilpi'. Tarkoittaa Argo laivan ulkolaidan koristelun erästä kohtaa, sellaisena kuin kreikkal. nimenantaja sen näki messinkisen taivaanpallonsa pintaan kaiverretussa kuvassa. Vrt. Tureis. Äännä [-ís-].

Azha, η Eridani, taitamattomasti luettu, arab. udhîj '(strutsin) pesä' t. 'pesiä'. Tarkoitti aitoarab. tähtijonoa $\zeta\varrho^2\varrho^3\eta$ Eridani, π Ceti, $\tau^1\tau^2\tau^3\tau^4\tau^5$ Eridani. Arab. sana saattoi olla monelle arabialaisellekin outo: vokaaleitta kirjoitettuna se ääntyi eri tavoin; espanjassa *addaha*. Äännä [áz-ha] tai suorastaan [ád-ha] (h:n pitää kuulua).

Beid, o^1 Eridani, arab. báid '(strutsin) munia'. Tarkoitti aitoarab. samoja tähtiä kuin *Azha* (katso tätä). Äännä kuin suom.

Botain, katso 1926 Albotain.

Caelum Sculptorium, genit. *Caeli Sculptorii*, lat., 'veistotaltta'; usein myös lyh. *Caelum*. Nimeää ensi kertaa La Caille 1752. Äännä [kêlum -tô-], genit. [kēlī -tōriī].

Cajam, ω Herculis, perustuu Isidorus Sevillalaisen († 636) erään kohdan (XVIII 7,7) väärinkäsitykseen: *caiam* on siinä akkusatiivi lat. sanaa *caia*, jota hyvin vähän tunnetaan ja jonka piti merkitä jotakin 'sauvaa'. Äännä [káiam].

Caput, Pars Anterior, genit. *Capitis, Partis Anterioris*, lat., 'pää, alkuosa'. Tarkoittaa 2-jakoisen Serpens tähdistön irrallista länsiosaa. Äännä [-térior], genit. [-teriôris].

Carina, genit. *Carinae*, lat., 'köli'. Vanha käännös kreikasta. Äännä [-rîna], genit. [-rīnē].

Cauda, Pars Posterior, genit. *Caudae, Partis Posterioris*, lat., 'pyrstö, jälkiosa'. *Caput* . . . nimisen vastine. Äännä [-térior], genit. [-teriôris], ja genit. [káudē].

Chamaeleon, genit. *Chamaeleontis*, lat. < kreik. khamailéōn, genit. khamailéontos 'kameleontti'. Nimeää ensi kerran Bayer 1603. Äännä lat. [-mêleōn], genit. [-mēleóntis].

Circinus, genit. *Circini*, lat., 'piiri', tässä 'harppi'. Nimeää ensi kerran La Caille 1752. Äännä [kírkinus], genit. [-nī].

Circulus, genit. *Circuli*, lat. = Circinus.

Columba, genit. *Columbae*, lat., 'kyyhky'. Nimeää ensi kerran Bayer 1603. Äännä [-lúm-], genit. [-lúmbē].

Corneforos, β Herculis?

Corona australis, genit. *Coronae australis*, lat., 'kruunu eteläinen', 'Etelän kruunu'. Äännä [korô- -âlis], genit. [korōnē].

Coxa, ϑ Leonis, lat., 'reisi'.

Crater, genit. *Crateris*, lat. < kreik. krātêr, genit. -têros 'malja'. Äännä lat. [krâtēr], genit. [krātêris].

Crux, genit. *Crucis*, lat., 'risti'. Nimeää ensi kerran Bayer 1603. Äännä (klassillisittain) [krûks], genit. [krukis].

Cursa, β Eridani, väännös, arab. kursîj 'istuin'. Aitoarab. vastaavin nimitys kuului kursîj aldžéuzē almuqáddem ja merkitsi: 'istuin (eli: astinlauta) Orionin, se etumainen'. Ääntää pitänee [kúrsa].

Cynosura, α Ursae minoris, kreik. kynósūrá 'koiran häntä'. Sen muotoinenhan on tähtien $\beta\zeta\varepsilon\delta\alpha$ muodostama kaari, jota siis nimi lienee alk. tarkoittanut. Äännä lat. [-û-].

Diphda, β Ceti, arab. difdáʿ 'sammakko'. Aitoarab. nimistössä sammakkotähtiä oli ainakin 2: addifdáʿ (eli aldifdáʿ) almuqáddem 'sammakko, se edellinen', joka tarkoitti Fomalhautia, ja a. aþþênī eli a. alþânī 'sammakko, se toinen', joka tarkoitti tähteä β Ceti. Äännä [-dá].

Dorado, esp. tai portug., 'kullattu', 'kultainen', tässä 'kultakala'. Saman myöhäissyntyisen tähdistön toisintonimenä on *Xiphias* (Bayer 1603), kreik. 'miekkakala'. Äännä [-râ-].

Equuleus pictoris, genit. *Equulei pictoris*, lat., 'maalarinteline'. Nimeää ensi kerran La Caille 1752. Äännä suunn. [-kûleus -ôris], genit. [-kûleī].

Errai, γ Cephei (ja α Ophiuchi), arab., 'paimen'. Paimenia ja niiden koiria on aitoarab. nimistössä muuallakin: vrt. *Celbalrai*, joka on paitsi β Ophiuchi, niinkuin kuuluu luettelossa 1926, myös ϱ Cephei; ja Alrai eli Errai oli myös = Ras Alhague, siis α Ophiuchi. *Errai* on arab. arrâʿî l. alr- l. err-, elr-. Äännä [-âi].

[1] Meille tämä nimi ehkä on tutuin keskiajalla tekaistusta muistisäkeestä, latinaisesta heksametristä, jonka on määrä auttaa muistamaan eläinradan tähdistöt oikeassa järjestyksessä ja joka meillä tavallisesti luetaan näin:

Súnt: Ariês, Taurûs, Geminî, Cancér, Leo, Vírgo,
Líbraque, Scórpius, Árcitenêns, Caper, Ámphora, Pisces.

Fornax, gen. *Fornacis*, lat., 'uuni', tässä 'sulatto'. Nimeää vasta La Caille 1752. Äännä (klass.) [fórnāks), genit. [fornâ-].

Giauzar, λ Draconis?

Gjenula, γ Aquarii?

Grummium, ξ (ei: ζ) Draconis, keskiajan latinaa, 'kärsä' (vrt. ransk. *groin* 'kärsä'). Äännä [-ú-].

Grus, genit. *Gruis*, lat., 'kurki'. Nimeää ensi kerran Bayer 1603. Äännä [-ûs], genit. [-ûis].

Heka = Alhaka 1926.

Hornam, ζ Pegasi?

Horologium, genit. *Horologii*, lat. < kreik. hōrológion 'kello'. Nimeää ensi kerran La Caille 1752. Äännä lat. [hōroló-], genit. [-lógiī].

Hydra, genit. *Hydrae*, lat. < kreik. hýdrā 'vesikäärme'. Äännä kuin suom., genit. [-drē].

Hydrus, genit. *Hydri*, lat. < kreik. hýdros 'vesikäärme'. Lähinnä etelänapaa sijaitsevan tähdistön nimeää ensi kerran Bayer 1603. Äännä kuin suom., genit. [-drī].

Izar, ε Bootis, arab. izâr 'verho, vyöliina' (samaa merkitsee samaa vartaloakin oleva nimi *Mizar*, katso tätä 1926 ja alempaa). Äännä [izâr].

Kaitan, α Piscium, arab. khaitân 'molemmat nauhat' (vrt. 1926 Nodus). Äännä [-ân].

Kaffaljidhma, γ Ceti, arab. káff aldžéðmā 'tynkäkäsi'. Aitoarab. nimitys tarkoitti koko 6-tähtistä kuviota $\delta\gamma\alpha\lambda\mu\xi^2$ Ceti. Äännä [-aldži-].

Keid, o^2 Eridani, arab. qáid '(erämaan hiekkaan munitun strutsinmunan) kuori'. Voidaan myös kääntää: 'kuoria', ja tarkoitti aitoarab. Rigelin länsipuolista Eridanuksen tähtiriviä. $\lambda\beta\psi\omega\mu$ jne. Äännä kuin suom.

Kiffa australis, α Librae ja **Kiffa borealis,** β Librae, arab. kiffa 'vaakakuppi' ynnä lat. australis 'eteläinen' ja borealis 'pohjoinen'. Vrt. 1926 Zuben-el-genubi ja Zuben-el-schemali (jälkimmäisen ääntämys korj. kuuluvaksi [-bên elšemâ-]. Äännä [kiffa] kuin suom. ja [-âlis].

Kitalphar, α Equulei, nimen tynkä, arab. qitʿat alfarâs, luettu myös näin: qitʿa alfáras 'katkelma hevosta'. Loppukirjaimet *-as* siis unohtuneet joltakin kopioitsijalta. Aitoarab. nimi tarkoitti koko Pikku Hevosen tähdistöä. Äännä [-alfár].

Leo minor, genit. *Leonis minoris*, lat., 'jalopeura, pienempi', 'vähä-leijona'. Nimeää ensi kerran Hevel 1690. Äännä [léō mínor], genit. [leônis minô-].

Lupus, genit. *Lupi*, lat., 'susi'. Vastaa kreik. nimeä thēríon 'eläin'. Äännä kuin suom., genit. [lupī].

Maasym, λ Herculis, arab. maʿçím, klassill. arab. miʿçám, 'ranne'. Tarkoitti aitoarab. myös meille kaikille hyvin tuttua »tähtipilveä» χh Persei. Aitoarab. mielikuvituksessa oli näillä kohdin sen ja sen käsivarsi ja siinä ranne. Äännä [-ím].

Makbula, φ Geminorum, väännös ja väärä sijainti, arab. maqbúda 'koukistettu'. Aitoarab. täydellinen nimitys oli aððirāʿ almaqbûda 'käsivarsi, se koukistettu', joka tarkoitti tähtiparia $\alpha\beta$ Canis minoris, siis Procyonia viereisineen; toisaalla oli nimitys að ð. almabsûta 'käsivarsi, se ojennettu', joka tarkoitti Castor-Pollux linjaa. Nämä kaksi melkein samalla meridiaanilla sijaitsevaa ja toistensa kaltaista tähtiparia käsitti beduiini käsivarsiksi, jotka muka kuuluivat hiukan lännempänä olevalle Orionille (arab. aldžéuzē, vrt. 1926 Betelgeuze); ja kun Kaksoset ovat isomman »ojennus»matkan päässä Orionista kuin Procyon seuralaisineen, käsittää hyvin, miksi »koukistettu» tällöin tarkoitti jälkimmäistä tähtiparia. Tosin nimi tässä on päinvastoin tarkoittamassa tuota kaukaisempaa, »ojennettua» käsivartta, Kaksosia, eikä edes Castoria ja Polluxia nimenomaan, vaan läheistä φ tähteä; sen käsittämiseksi on syytä muistaa, että arab. nimet yleensä saatiin ja opittiin messinkiseltä tähtipallolta, joka ei suinkaan aina ollut suuri ja jonka ahtaalla pinnalla kaivertaja ei aina saanut pitkiä arab. tähdennimiä sopimaan aivan määrätähden läheisyyteen. Äännä joka tapauksessa [-û-].

Malus, genit. *Mali*, lat., 'masto'. Jo kreikk. tähtitieteessä nimetty Argo laivan osa. Äännä [mâ-], genit. [mâlī].

Markas, $\varkappa$ Velorum, väännös, arab. markâb 'laiva'. Alkuaan siis koko Argo laivan nimenä. Äännä [-kâ-].

Mazaroth, α Canis maioris, hebr. mazzārôþ. Jobin kirja 38:32. Merkitys ja sijainti epävarmat.

Mirfak, α Persei, arab. olevinaan sama nimi kuin *Marfic* (katso tätä 1926). Siis α Persei tähdellä vielä jossakin nykykartassa on 2 nimeä: *Algenib* 'kylki' ja *Mirfak* 'kyynäspää'.

Mizar, ε Bootis, arab. mīzár, tarkemmin miʾzár 'verho, vyöliina'. Saman tähden toisintonimenä tavataan samaa merkitsevä *Izar* (katso ylemp.). Vrt. 1926 Mizar. Äännä [mīzâr].

Mons Mensae, genit. *Montis Mensae*, toisinaan kartoissa lyhyesti vain Mensa, genit. Mensae, lat., (Hyväntoivon niemen) 'Pöytävuori', jolla tekemiensä havaintojen muistoksi La Caille 1752 nimesi tämän tähdistön. Äännä [môns mênsē], genit. [móntis].

Mothallath, α Trianguli, arab. muþállaþ 'kolmio'. Siis alkuaan koko tähdistön nimenä. Äännä [-áll-].

Mukdin, ε Virginis, nimen typistymä, arab. mm. muqdím alqitâf eli m. alqatâf 'edeltäjä viininkorjuun' ('viininkorjuuajan ennustaja'). Samaa merkitsi jo kreikkalaisten tälle tähdelle antama nimi Protrygētēr eli -tēs. Suora käännös kreikasta on myös lat. nimi *Provindemiator* eli *Vindemiatrix* (katso tätä 1926), jota eniten käytetään. Äännä [-dīn].

Muliphain, γ Canis maioris, arab. muhlifáin 'molemmat vannottajat'. Tämä aitoarab. nimi tarkoitti, niinkuin näkyy, kahta tähteä, eikä kumpikaan ollut γ; ne olivat β ja ξ^1. Alkuperäinen sijainti selittää nimen: β ja ξ^1 Canis maioris nousevat etelämaissa ennen Siriusta, ja niin vähäistä ennen, että silloin panevat vaikka vannomaan: nyt kohta Sirius nousee! Äännä [-fáin].

Naos, ζ Puppis, kreik. náus 'laiva'. Alkuaan koko Argo tähdistön nimenä. Äännä [ná-].

Naschira I, γ Capricorni ja **Naschira II,** δ Capricorni. Aitoarab. sa'd nâšira merkitsi 'onni sirottajattaren' ja tarkoitti joko espanjalaisen perinnetiedon mukaisesti tähtiä $\gamma\varkappa$ tai luultavammin alkuaan juuri tähtiä $\gamma\delta$. »Sirottajatar» voinee olla kevät, joka kukkasin hetkeksi kattaa etelämaat ja jonka tulon yhtenä lähienteenä pidettiin N:n nousua. Äännä [nâ-].

Nath, β Tauri, arab. nath 'pusku'. Tähti sijaitsee Härän toisen sarven päässä; härkä on pitkäsarvinen niinkuin yleensä etelämaissa. Äännä kuin suomea: h:kin kuuluu.

Nekkar, β Bootis, arab. naqqâr 'nokkija', väännös jo arabiassa, jossa nimi alkuaan kuului baqqâr 'härkäpaimen'. Väännöksen alkusyynä oli arab. *b* ja *n* kirjainten suuri yhtäläisyys. Baqqâr on vanhempi ja oikea muoto, sillä ainoastaan sen merkitys vastaa alkunimen, kreikankielisen, merkitystä, katso 1926 Bootes 'härkäpaimen'. Alkuaan koko tähdistön nimenä. Äännä [-âr].

Nihal, β Leporis, arab. nihâl '(janoaan sammuttava) kameeli'; tarkoitti aitoarab. tähtiä $\alpha\beta\gamma\delta$, joissa nähty kameeli oli juomassa tai matkalla juomaan joesta, s.o. Linnunradasta. Äännä [-âl].

Nusakan, β Coronae borealis, väärin tulkittua arabiaa. Aitoarab. nasaqân 'kaksi hilaa' tarkoitti kahta tähtiriviä, pohjoista: $\gamma\beta$ Lyrae + $o\nu\xi(\mu)\lambda\delta\gamma\varkappa$ Herculis, ja eteläistä: $\delta\lambda\alpha\varepsilon\omega$ Serpentis + $\delta\varepsilon\upsilon\zeta\eta\xi$ Ophiuchi; hilojen kulmauksessa oli lampaita ja niitä idempänä kaitsemassa paimen, vrt. *Errai*. Nyt eräs teksti vain lyhyesti mainitsee, että kaksi »tähteä» (p. o. kaksi tähtiriviä, nim. juuri mainitut hilat) alkaa Pohjan Kruunun tähdistön läheltä, ja että toinen on etelässä, toinen pohjoisessa. Pohjan Kruunu on tosiaan jokseenkin likellä hilojen kulmausta, ja näin on merkintä nasaqân 'molemmat hilat' voinut joutua Pohjan Kruunun läheisyyteen jollakin arab. tähtipallolla ja siitä maist. Kalajan poiminnan alaiseen eurooppalaiseen tähtikarttaan muka Pohjan Kruunun yhden tähden nimenä. Äännä [-ân].

Nushaba, γ Sagittarii, aitoarab. mm. zuǧǧ alnuššâba 'kärki nuolen'. Äännä [-âba].

Okda, α Piscium, arab. 'oqda 'solmu'. Siis käännös kreikasta, vrt. 1926 Nodus. Äännä kuin suom.

Phact, α Columbae, arab. fakhδ 'reisi'. Siis sama nimi kuin 1926 Phachd. Äännä samoin.

Pherkad maior, γ Ursae maioris ja **Pherkad minor,** η Ursae minoris, arab. farqád (merkitys epävarma) ynnä lat. maior 'suurempi' ja minor 'pienempi'. Aitoarab. alfarqadân l. -dáin 'molemmat farqadit' tarkoitti tähtiparia $\beta\gamma$ Ursae minoris. Äännä [ferkád].

Phurud, ξ^1 Canis maioris, aitoarab. monikko alfurûd 'hajatähdet', tai tavallisemmin alqurûd 'apinat'. Tarkoitti vielä eteläisempää tähtijonoa, jonka alkuna on $\zeta\lambda$ Canis maioris ja jatkona $\delta\varkappa\vartheta\gamma\lambda\mu\varepsilon$ Columbae. Arab. kirjoituksessa nämä nimet erottaa toisistaan vain yksi piste; siitä epävarmuus. Äännä [-û-].

Pictor, katso Equuleus pictoris.

Piscis austrinus, genit. *Piscis austrini*, lat., 'kala eteläinen'. Siis ei = $de\,\omega\iota\vartheta b\beta\gamma\varkappa\lambda$ Piscium (»Piscis australis»), vaan Fomalhautin lounaispuolinen tähdistö, jota jo Ptolemaios nimitti juuri Eteläkalaksi *(Ikhthys notios)*. Äännä [piskis -strī-], genit. [-strīnī].

Piscis volans, genit. *Piscis volantis*, lat., 'lentokala'; usein lyh. *Volans*. Nimeää ensi kerran Bayer 1603. Äännä [piskis vólāns], genit. [volántis].

Porrima, γ (eiköhän: λ?) Virginis, nähdäkseni väännös kreikasta, jossa nimitys sýrma 'laahus', 'lieve', yleisesti tarkoitti Neitsyen jalkain kohdalla välkkyvää tähtijaksoa $\lambda\varkappa\iota\varphi$. Tämä kreikk. nimitys olisi arab. kirjaimin merkittynä melko helposti voinut saada sellaisen muodon, että eurooppalainen siinä luuli lukevansa »borrima». Kai siis äännettävä [pór-].

Postvasta, γ Virginis?

Praesepe, ε Cancri, lat. praesēpēs l. praesēpe 'seimi'. Lähellähän olivat molemmat 'aasit', katso Asellus borealis. Äännä [-sē-].

Prima Giedi, α^1 Capricorni, lat. ja arab., 'ensimmäinen Kauriin'. Katso 1926 *Gedi*, mikä on sama nimi kuin *Giedi*. Äännä [-īma dźédi].

Rana secunda, δ Eridani, lat., 'sammakko, toinen'. Sammakoita ei tunne kreikk.-roomalainen tähtitaivas, mutta tuntee useitakin aitoarabialainen. *Rana secunda* on käännös arabiasta. Jos käännämme nimen jälleen arabiaksi, saamme addifdâ' aþþênī, ja eräs näin kuuluva aitoarab. nimi todella tavataankin, mutta se tarkoittaa tähteä β Ceti, katso *Diphda*. Mistä δ Eridani on saanut tämän nimen, en tiedä. Äännä [râ- -ú-].

Rasalad australis, ε Leonis ja **Rasalad borealis,** μ Leonis, arab. ja lat., 'pää jalopeuran, eteläinen' ja 'p. j., pohjoinen'. Rasalad on väännös, arab. râs alasád, 'pää jalopeuran'. Ääntänemme [rāsalád -âlis].

Rassulus, η Leonis, toinen väännös arab. nimeä râs alasád (katso edellistä), joka klassillisittain kuuluisi râ'su 'l-ásadi; tämän on jokin arabiaa hallitsematon lukenut vokaalien puutteessa väärin: »râsu 'l-ūsad», ja loppu on jäänyt pois niinkuin nimissä Kitalphar ja 1926 Denebola. Ääntänemme [-ûs].

Rotaneo, β Delphini. Aivan teennäinen nimi, esiintyy tiettävästi ensi kertaa v. 1814. Pohjana on lat. nimi Venator, latinannos italialaista nimeä Cacciatore 'metsästäjä'. Kyseessä lienee eräs silloinen nuori havaintoapulainen Niccolò Cacciatore, joka jollain tavoin sai salakuljetetuksi juuri 1814 valmistuvaan Giuseppe Piazzin tähtiluetteloon oman nimensä molemmat osat Nicolaus ja Venator väärinpäin luetussa muodossa Rotanev ja Sualocin (katso Svalocin). Näitä tähdennimiä on selvitelty tämän vuoden numeroissa aikakauslehteä »Die Himmelswelt».

Ruccabah, α Ursae minoris, arab. (harvinainen sana) raqaba 'vaunut'. Alkuaan siis varmaankin koko tähdistön nimenä. Äännä [rûkk-].

Rutilus, β Herculis, v:n 1175 jälkeinen väännös keskiajan latinan pohjalla. Arabiasta, kreikkaan asti palautuvasta tekstistä latinansi tähtiluettelomme Espanjassa v. 1175 kuuluisa tietoteosten kääntäjä Gerardo eli Gherardo Cremonalainen. Tämä toistaiseksi vain vähän tutkittu käännös kyllä painettiin Venetsiassa 1515; mutta sen vanhimman käsikirjoituksen valokuvia on hankittu Helsinkiin. Niistä näkyy seuraavaa. Kyseessä on alkup. kreikkalainen paikanmääräys: tähti on »kainalon kohdalla». Arabiaksi nämä kaksi sanaa vielä käännettiin oikein, ja Gerardo käänsi ne arabiasta myöskin oikein: »axille loco» ('kainalon kohdalla'). Mutta 1100-luvun lat. käsialan epäselvyys teki, että joku kopioi nämä 2 Gerardon sanaa väärin, ja sen jälkeisissä kopioissa on milloin »cillitico» (joka ei merkitse mitään), milloin »rutil(l)ico». Tämä väännös »rutilico» saattoi näyttää lat. adjektiivilta, jonka tavallisin muoto on *rutilus*. Ja tämäkin virhenimi näkyy nyt päässeen joihinkin tähtikarttoihin asti. Rutilus merkitsee 'säihkyvää'. Äännä kuin suom.

Sadr, γ Cygni, arab. çadr 'rinta'. Nimi siis arab. kannalta sama kuin 1926 Schedir.

Saiph, $\varkappa$ Orionis, arab. sáif 'miekka' (oik. sáif aldžéuzē 'miekka Orionin'). Tarkoitti alkuaan »tähtitikaria» $c\vartheta\iota$. Äännä kuin suom.

Scheratan, β Arietis, arab. nominatiivissa aššaratân 'molemmat merkit' — sama nimi, jonka genetiiviä aššaratáin katso 1926 Mesarthim. Tarkoitti siis alkuaan tähtiparia $\beta\gamma$. Äännä [-tân].

Sculptor, katso Apparatus sculptoris.

Secunda Giedi, α^2 Capricorni, lat. + arab., 'toinen Kauriin'. Vrt. *Prima Giedi* ja 1926 Gedi. Äännä [-kúnda dźédi].

Sertan, α Cancri, arab. saratân 'krapu'. Alkuaan koko tähdistön nimenä. Äännä [-tân].

Sham, α Sagittae, arab. sahm eli sähm 'nuoli'. Alkuaan siis koko tähdistön nimenä. Äännä mieluimmin kuin suom., älä englantilaisittain.

Sheddi, α Capricorni, arab. džédi 'kauris' (nominatiivi) eli 'kauriin' (genitiivi). Vanha tähdistön nimi on väännöksenä paikallistunut päätähden kohdalle. Äännä [-é-].

Suha, g Ursae maioris, arab. sûhā eli suhê, merkitys epävarma. Aitoarab. nimistössä paljon käytetympi kuin saman tähden toinen arab. nimi Alkor (katso tätä 1926). Äännä [-hâ].

Suhail eli **Suheil,** α Carinae, arab. suháil l. suhäil 'matalainen'. Nimi perustunee alkukantaiseen havaintoon, että tämä tähti — Egyptinkin horisontissa — pysytteli lähellä taivaanrantaa. Äännä [-âil] tai [-éil].

Svalocin, α Delphini, katso Rotaneo.

Talita, ε Ursae maioris, arab. þâliþa 'kolmas'. (Vrt. Alula). Äännä [tâ-].

Tania australis, μ Ursae maioris ja **Tania borealis,** λ Ursae maioris, arab. þânija 'toinen' ynnä lat. australis 'eteläinen' ja borealis 'pohjoinen'. Tarkoittavat Ison Karhun 'toista' jalanjälkeä, vrt. Alula. Äännä [tâ-].

Tarazed, γ Aquilae, persiankiel. tārāzed 'petohaukka'. Tästä päättäen alkuaan koko tähdistön nimenä.

Taymine, φ^1 Cancri, väännös latinasta ja väärinkäsitys, pohjamuotona Bayerin lat. tekstissä 1603 esiintyvä sana tegmine 'peitossa'. Tarkoitti myös tähteä ζ Cancri. Katso Ideler, s. 161. Ääntää pitänee [tái-].

Tejat post(erior), μ Geminorum ja **Tejat prior,** η Geminorum, arab. tahija eli tahījat 'tervehdys' ynnä lat. prior 'aiempi' (= läntisempi) ja posterior 'jäljempi' (= itäisempi). Aitoarab. 'tervehdystä' merkitsevä nimi tarkoitti eri toisintojen mukaan kahta tai useampaa sarjan $\eta\mu\nu\gamma\xi$ tähteä (Espanjassa tähtiä $\gamma\xi$). Puheenaolevaa pitkää tähtisarjaa tarkoitti myös nimi Alhena 1926. Tämän aitoarab. nimistön ja puheenaolevan sarjan välinen alkuperäinen asiayhteys jää epäselväksi. Äännä [té- -térior] ja [prior].

Theemin eli **Theemim,** υ Eridani, Hugo Grotiuksen 1600 ehdottama nimi, jonka piti tarkoittaa tähtiä χ ja υ(?) ja merkitä 'Kaksoisia', arab. tau'amáin tai hebr. þeomīm. Äännä [-min] tai [-mīm].

Toliman, α Centauri,?

Tureis, ι Carinae, arab. turáis 'pikku kilpi'. Vrt. Asmidiske: asiapuoli on sama. Äännä [-réis].

Wasat, δ Geminorum, näyttää olevan = arab. wásat 'keskus'. Äännä [wá-].

Websutu, ε Geminorum, väännös ja väärä sijainti, arab. mabsûta 'ojennettu'. Aitoarab. nimitys [aððirâ'] almabsûta '[käsivarsi] se ojennettu', tarkoitti Castor-Pollux janaa. Katso Makbula. Äännä [-sû-].

Vela, genit. *Velorum*, lat., 'purjeisto'. Äännä [vêla], genit. [vēlôrum].

Wezan, δ Canis maioris, arab. wazn eli wezn 'paino'. Tämä aitoarab. nimi tarkoitti alkuaan Siriusta, usein myös muita eteläisiä suurtähtiä, ja 'paino' tiesi sitä, että näiden tähtien ei nähty »jaksavan» kohota korkealle taivaanrannasta; vrt. Suhail. Äännä [wé-].

Volans, katso Piscis volans.

Vulpecula (cum ansere), genit. *Vulpeculae*, lat., 'kettu (ynnä hanhi)'. Nimetty ensi kerran Hevelin jälkeenjääneessä teoksessa 1690. Äännä [-pé- ân-].

Yed post(erior), ε Ophiuchi ja **Yed prior,** δ Ophiuchi, arab. jad eli jäd 'käsi' ynnä lat. posterior ja prior, vrt. Tejat. Nuo aivan lähekkäiset »kädet» pitelevät käärmettä, jonka selässä Ophiuchus, käärmeenpitelijä, istuu ratsain. Äännä [jed].

Yildun, δ Ursae minoris,?

Zaurak, γ Eridani, arab. záuraq 'vene'. Aitoarab. nimi lienee tarkoittanut aivan toista esinettä, kaukana etelässä uivaa pystykokkaista tähtivenettä $\alpha\varkappa\mu\beta\nu\gamma$ Phoenicis. Äännä [záu-].

Zavijava, *(β?)* γ Virginis, typistymä. Aitoarab. zâwijat al'auwâ (ääntyi myöhemmin zawījat...) 'kulma 'auwâ-viivan'. Mainitun viivan muodostavat $\varepsilon\delta\gamma\eta\beta$ Virginis. Näissä tähdissä beduiinit näkivät koiralauman, joka takaapäin haukuskeli Jalopeuraa: 'auwâ merkitsee: 'haukkuja'. Äännä [zâwijawâ].

Zibal, ζ Eridani, kuuluisan Thomas Hyde'n 1665 väärin lukemaa arabiaa, p. o. Riâl; ainoana erona näiden kahden välillä arab. kirjoituksessa on yhden lisäpisteen sijainti rivin ala- tai yläpuolella. Aitoarab. arriâl eli alriêl, 'strutsin poikaset', tarkoitti alkuaan (ainakin Espanjan arab. tähtitieteessä) »lukuisia, lukemattomia tähtiä» kaukoetelässä Achernarin ja Fomalhautin välillä, ja nimenomaan se näkyy tarkoittaneen samaa tähtivenettä kuin Zaurak (katso tätä). Äännä [-bâl].

Zosma, δ Leonis, väärinlukema, perustuva luullakseni vain keskiajan lat. käsialan epäselvyyteen. Saman tähden erään arab. nimen zúbra eli zóbra, joka merkitsee '(jalopeuran) lautasia', voi nim. lukea »zosma», jos *b*:n varsi on käyrä koukku, joten se muistuttaa pitkää *s*:ää, ja jos loput *b*:tä sekä erikoisella tavalla muodostunut *r* yhteensä voivat näyttää samalta kuin *m*. Äännä [zó-]

AVARUUSTUTKIMUKSISTA.

Kirj. R. A. HIRVONEN.

Näkyvä tähtitaivas on viime vuosikymmeninä saatu suurin piirtein kokonaan kartoitetuksi. Tiedämme jo välimatkat, joskaan ei aivan jokaiseen yksityiseen tähteen, niin kuitenkin siksi moneen »kiintopisteeseen», että voimme niiden perusteella muodostaa kuvan näkemiemme taivaankappaleiden kokonaisjärjestelmän rakenteesta.

Tietenkin nuo välimatkat ovat meille vain kuolleita numeroita, joiden sisällöstä meillä ei voi olla samanlaista kokemusperäistä käsitystä kuin maanpäällisistä välimatkoista. Tässä piileekin eräs hyvin tärkeä tieto-opillinen seikka, johon tämän tästä saamme seuraavassa kiinnittää huomiotamme: emme saa olla varmoja siitä, että tähtitieteelliset suureet seuraavat samoja mittausopin ja fysiikan lakeja kuin kokemusperäiset maalliset suureet. Korostaakseni vielä noiden suureluokkien valtavaa erisuhtaisuutta kertaan tähtijärjestelmän rakenteesta, jonka oletan lukijalle tunnetuksi edellisistä kirjoituksista, tärkeimmät »etapit»:

maapallon ympärysmitta 40 000 kilometriä	0.13	valosekuntia
välimatka maasta kuuhun	1.3	»
välimatka maasta aurinkoon	8.3	valominuuttia
välimatka auringosta kaukaisimpaan kiertotähteen Plutoon	5.4	valotuntia
välimatka lähimpään kiintotähteen	4.3	valovuotta
linnunratajärjestelmän halkaisija	200 000	»
välimatka lähimpään kierteissumuun	900 000	»
pisin havaittu välimatka	n. 600 000 000	»

Havaintojemme raja, johon on päästy Mount Wilsonin satatuumaisella peilikaukoputkella, on siis toistaiseksi muutamien satojen miljoonien valovuosien päässä. Itsestään herää kysymys, mitä on tämän rajan takana. Siihen saa parhaan vastauksen rakentamalla yhä suurempia kaukoputkia — ja viisimetrinen peili onkin jo Amerikassa valettu, vaikkakaan sitä ei vielä ole ehditty laittaa havaintokelpoiseksi. Mutta jokainen uusi kaukoputki luultavimmin löytää vain joukon uusia kierteissumuja ja lykkää näköpiirimme rajaa vain vähän kauemmaksi. Haluaisimme kuitenkin heti kerralla tietää, ulottuuko kierteissumuja joka suuntaan loputtomasti vai tuleeko jossakin ehkä absoluuttinen seinä vastaan, josta alkaa ääretön tyhjyys, ellei suorastaan ole mahdotonta päästä kauemmaksi.

Kysymykseen ei voida siis välittömästi vastata havaintojen perusteella, vaan tämä tähtitieteellisen tutkimuksen kaukainen rajaseutu jää matemaattisten ja filosofisten teoriain temmellyskentäksi. Seuraavassa on tarkoituksena viivähtää hetkinen näiden teoriain parissa, vaikkakaan mikään seikkaperäinen tieteellinen esitys ei voi vielä tulla kysymykseen tältä keskeneräiseltä ja riidanalaiselta tutkimusalalta.

Euklidinen avaruus ja Newtonin mekaniikka.

Kun koulussa aloimme opiskella geometriaa, oli meidän ensin perehdyttävä käsitteeseen suora viiva, jonka tärkeimpiä tuntomerkkejä on, että »sen saattaa ajatella jatkuvan äärettömyyteen molempiin suuntiin». Muut tuntomerkit voidaan opettaa havainnollisesti ja vedoten kokemusperäisiin esimerkkeihin, kuten jännitetty lanka, valonsäde ja pyörimisakseli, mutta äärettömyys on jotakin, jonka vain »saattaa ajatella». Nykyään »saatamme ajatella» monella muullakin tavalla, vaikkakin tuo »suoraviivainen ajattelutapa» tuntuu yksinkertaisimmalta ja siitä syystä on vuosituhansia ollut maailmankuvan perustana.

Tässä suoraviivaisessa eli euklidisessa geometriassa on kaksi avaruustutkimukselle tärkeätä lauselmaa. Ensimmäinen lauselma, jonka uskomme luontaisen avaruuskäsityksemme perusteella ilman todistusta, »itsestään selvänä asiana», voidaan sanoa esim. näin: Jos samasta kiintopisteestä lähtee kaksi liikkuvaa pistettä etenemään eri suoraviivaisia ratoja pitkin, niin niiden välimatka samoin kuin lähtöpisteestä laskettu lyhin etäisyys kasvavat rajattomasti. Toinen lauselma johtuu tästä, mutta se voitaisi todistaa kokeellisesti tarvitsematta mennä äärettömyyteen: suoraviivaisessa kolmiossa kulmien summa on 180°. Suoritetut kokeet ovatkin osoittaneet, että tämä pitää paikkansa havaintotarkkuuden rajoissa ainakin maanpinnalla.

Euklidiseen avaruuskuvaan liittyy myös luontainen käsityksemme absoluuttisesta ajasta, jonka NEWTON määritteli seuraavasti: »Absoluuttinen, todellinen ja matemaattinen aika juoksee itsestään ja luonteensa mukaan tasaisesti ja riippumatta mistään ulkopuolisesta esineestä. . . . Suhteellinen, näennäinen aika, joka käytännössä saadaan maapallon liikkeestä kiintotähtien suhteen, riippuu muiden taivaankappaleiden häiriöistä. On luultavaa, ettei noiden häiriöiden takia ole mahdollista tarkoin saada selville absoluuttista aikaa, mutta periaatteessa se on olemassa.» Aika on samoin kuin avaruuskin ääretön molempiin suuntiin, mutta sille on ominaista tuo »tasainen juoksu», jonka takia edestakaisin matkustaminen ajassa samaan tapaan kuin avaruudessa ei käy päinsä.

Ja lopuksi euklidiseen geometriaan perustuvat Newtonin mekaniikka, jonka mukaan kaikki häiriintymätön liike tapahtuu tasaisella nopeudella suoraviivaisesti, »hitauden periaatteen» mukaan, sekä klassillinen säteilyfysiikka, jonka mukaan valo etenee vetovoimakentästä riippumatta.

Nyt on kuitenkin todistettavissa, että tällainen euklidinen maailmankaikkeuden järjestelmä ei ole mahdollinen, jollei nimenomaan äärettömyysvaatimuksia tuntuvasti rajoiteta. Tämä todistus on suoritettava erikseen kutakin erilaista maailmankuvaa varten, jonka voimme keksiä havaitun tähtimaailmamme täydennykseksi.

Ensiksi voisi otaksua, että kierteissumuja ulottuu tasaisesti joka suuntaan aivan loppumattomiin asti. Silloin olisi avaruudessa äärettömän paljon ainetta niin jakautuneena, että keskitiheys (hyvin suuressa kuutiossa oleva ainemäärä verrattuna kuution tilavuuteen) on äärellinen. Jos suuntaisimme kaukoputken tuollaiseen avaruuteen ja jakaisimme »näkökartion» yhtä pitkiin kappaleisiin, olisi joka kappaleessa etäisyyden neliöön verrannollinen luku tähtiä, ja joka tähdestä saapuvan valon voimakkuus olisi kääntäen verrannollinen etäisyyden neliöön. Siten joka kappaleesta saapuisi yhtä paljon valoa, ja kun kappaleita on äärettömän monta, näkyisi kaukoputkessa joka suuntaan katsottaessa äärettömän kirkas valo. Koska tällaista ei todellisuudessa ole havaittu, tähtitiheys ei voi olla tasainen äärettömän kauas saakka.

Voisihan tätä todistusta vastaan väittää, että avaruudessa on valoa imeviä aineita, joiden takia emme voi nähdä määrättyä rajaa kauemmaksi. Mutta siinäkin tapauksessa sama todistus sovellettuna tähtien »säteilemään» vetovoimavaikutukseen osoittaa olettamuksemme mahdottomaksi.

Euklidisessa avaruudessa täytyy siis tyytyä sellaisiin otaksumiin, joissa tähtitiheys on sitä pienempi, mitä suurempaa avaruuden osaa tarkastelemme, niin että »koko» avaruudessa se on nolla. Koko ainemäärä voi olla tällöinkin ääretön. Äärettömän avaruuden tilavuus on nimittäin ∞^3, joten ainemäärä voi olla ∞^2 (esim. ääretön levy) tai ∞^1 (esim. ääretön sauva). Mutta silloin voidaan ajatella, että jokaiselle äärelliselle ainemäärän osalle riittää ainakin yksi äärettömän pitkä suunta, johon se voi säteillä energiaansa säteilyn tapaamatta mitään vastaanottajaa. Tarpeeksi pitkän ajan kuluessa se johtaisi koko ainemäärän hajoamiseen uusien energiakeskuksien syntymättä sen tilalle. Koska sitä ei vielä ole tapahtunut, ei voitaisi kuvitella äärettömyyttä ajassa taaksepäin.

Fysikaalisesti siis täydellinen äärettömyys sekä ajan että paikan suhteen veisi umpikujiin, joista pääsemiseksi tarvittaisi uusia keinotekoisia olettamuksia.

Euklidinen avaruus ja suhteellisuusteorian mekaniikka.

Huvittavana ajatuskokeiluna esitän tässä aivan maallikkomielessä, siis ilman summittaisiakaan matemaattisia perusteluja, seuraavan avaruuskuvitelman. Aineellinen maailmankaikkeus muodostaa äärellisen kokonaisuuden, jonkinlaisen saaren tyhjässä avaruudessa. Syy, miksi se on pysynyt koossa olisi, että kaikki energiansäteily, joka pyrkii suoraviivaisesti pois tästä saaresta suhteellisuusteorian gravitaatiolain mukaisesti taipuu saaren gravitaatiokentässä ja palaa sen pakottamana takaisin saareen. Ulkopuolinen aineellinen tyhjiö olisi siis myös kuollut, energiatyhjä. Sinne ei edes näkyisi tuota avaruuden saarta eikä tuntuisi sen vetovoimakenttää.

Oikeastaan fysikaalisessa mielessä tuollaista täydellistä tyhjiötä ei kannata lukea ollenkaan avaruuden osaksi, joten todellinen fyysillinen maailmankaikkeus olisi äärellinen. Mutta tyhjiöllä on sittenkin eräs fyysillinen puolensa, joka pakottaa ottamaan sen huomioon. Tuossa tyhjiössä nimittäin voi harhailla useampia erillisiä fyysillisiä »maailmankaikkeuksia», jotka eivät siis tiedä toisistaan mitään. Kuitenkin voi sattua, että nuo maailmankaikkeudet harhaillessaan — niillehän ovat luvallisia valonnopeuttakin suuremmat nopeudet, — törmäävät yhteen. Silloin tapahtuu tietysti, että järjestelmät sulautuvat yhteen muodostaen uuden, suljetun fyysillisen maailmankaikkeuden. Mutta meille maapallon ajatteleville olennoille voi siten sattua, että huomaamme tunnettuun tähtimaailmaamme »tyhjästä» syntyneen uusia taivaankappaleita.

Luultavasti lukija murahtaa epäuskoisena: tuo on vain jotakin Jules Vernen juttua tai suorastaan Wells'in mahdottomia satuja. Mutta lähdimme nyt väärästä päästä; tutustumme vielä laajenevien avaruuskuvien teoriassa samantapaisiin avaruuserakkoihin itsensä EDDINGTONin arvovaltaisella opastuksella.

Epäeuklidinen eli kaareva avaruus.

Euklidisessa geometriassa on suoran viivan käsite ns. yhdensuuntaisaksiomeineen otettu koko järjestelmän perustaksi vain luontaiseen ennakkokäsitykseemme nojautuen. Mutta oikeastaan ei saisi etukäteen pitää mahdottomana, että kaksi suoraa leikkaa toisensa kahdessa äärellisessä pisteessä tahi että kaksi suoraa, jotka leikkaavat toisensa, eivät kumpikaan leikkaa kolmatta saman tason suoraa. Tämän osoittaa selvästi se seikka, että RIEMANNin elliptinen geometria ja LOBATSCHEFFSKYn hyperbolinen geometria eivät missään vie tuloksiin, jotka voitaisi havaita epätodellisiksi. Tosin kolmiossa kulmien summa olisi edellisen mukaan suurempi, jälkimmäisen mukaan pienempi kuin 180°, mutta emme voi havaita kovinkaan suuria kolmioita emmekä pieniäkään rajattomalla tarkkuudella. Muistakaamme, että maanpäällisen kokemuksemme »ekstrapoloiminen» tähtitieteellisiin mittasuhteisiin ei kerta kaikkiaan ole luotettavaa.

Siitä syystä ei ehkä avaruuskysymyksen ratkaisua löydetä rajoittamalla mahdollisuudet etukäteen jonkin koulugeometrian suppeisiin puitteisiin. Suhteellisuusteoria ryhtyykin työhönsä mahdollisimman yleispätevästi tehden mahdollisimman vähän alkuolettamuksia. Puhtaalle matematiikallehan on mahdollista panna vaikka aika juoksemaan takaperin tahi käsitellä negatiivisia massoja, sen puolesta voitiin huoleti hylätä absoluuttinen avaruus ja aika sekä euklidinen geometria. Vaikeudet siirtyvät matemaattisen käsittelyn loppuun, jolloin saatuja erilaisia ratkaisutuloksia on arvosteltava fysikaalisesti vertailemalla niitä havaintoihin.

Tässä suhteessa varmaankin monella on väärä käsitys suhteellisuusteoriasta; luullaan, että se perustuu joihinkin lisäolettamuksiin, koskapa sitä täytyy todistella oikeaksi jos joillakin periheliliikkeillä ja valonsäteen kaartumisilla. Itse asiassa suhteellisuusteoria päinvastoin on yleistys, josta on poistettu eräitä ihmisjärkeen syöpyneitä ennakkokäsityksiä. Se sisältää kyllä nekin erikoistapauksina ja likiarvoina, mutta sen pääsisältönä on joukko monimutkaisempia maailmankuvia, missä joukossa todellinenkin piileksii.

Alkuun päästäkseen suhteellisuusteoria myöntää kyllä euklidiselle geometrialle »paikalliskielen oikeudet»: äärettömän pienessä avaruuden osassa se on kokemuksen mukaan voimassa. Sen mukaan voimme »äärettömän lyhyen» janan pituuden laskea suorakulmaisten komponenttiensa avulla Pythagoran kaavalla:

$$d\sigma = dx^2 + dy^2 + dz^2$$

Sitä paitsi oletamme, että tämä »äärettömän pieni» avaruudenosa sinkoilee vapaasti maailmankaikkeuden vetovoimakentässä, niin ettei sen sisällä havaita koko kentän olemassaoloa. Tällöin on voimassa suppeamman suhteellisuusteorian periaate: valon nopeus c on vakio, mikä periaate MICHELSON-MORLEYn kokeen mukaan otetaan korvaamaan entiset absoluuttisen avaruuden ja ajan käsitteet. Silloin ns. neliulotteinen viivaelementti ds, joka riippuu kahden tapahtumapisteen väliajasta dt ja välimatkasta $d\sigma$:

$$ds^2 = c^2dt^2 - d\sigma^2$$

on *invariantti* eli muuttumaton. Se tarkoittaa, että jos vapaasti sinkoilevalle avaruuden osasellemme annetaan erilaisia lähtönopeuksia, niin sen sisällä suoritetut mittaukset antavat kahden kiinteän tapahtumapisteen väliajalle dt ja välimatkalle $d\sigma$ erilaisia arvoja, mutta lauseke ds pysyy aina samana. Kun nyt tätä äärettömän pientä alkiota ruvetaan »integroimaan» suurempia avaruudenosia ja koko maailmankaikkeutta varten, emmekä halua tehdä etukäteen mitään olettamuksia maailmankaikkeuden rakenteesta, emme saa käyttää euklidista geometriaa ja sen suoraviivaisia koordinaatteja, vaan on otettava neljä täysin mielivaltaista parametriä, x_1, x_2, x_3, x_4, joita käytetään samalla tavalla kuin jonkin pinnan käyräviivaisia koordinaatteja.

Paikalliset koordinaatit riippuvat nyt yleisistä parametreista jollakin tavalla, jolle emme voi taaskaan etukäteen asettaa mitään rajoituksia. Erikoisesti, kun suppeammassa suhteellisuusteoriassa kävi ilmi ajan suhteellisuus, ei aika- ja paikkaparametrien välillä tehdä etukäteen mitään erotusta, vaikka luonnossa niillä olisikin periaatteellinen ero. Paikallisten koordinaattien riippuvaisuussuhde yleisistä parametreistä merkitään siis yleisien funktioiden avulla:

$$\begin{aligned} x &= f_1(x_1, x_2, x_3, x_4) \\ y &= f_2(x_1, x_2, x_3, x_4) \\ z &= f_3(x_1, x_2, x_3, x_4) \\ t &= f_4(x_1, x_2, x_3, x_4) \end{aligned}$$

Neliulotteinen viivaelementti ds voidaan nyt lausua yleisten parametrien elementtien dx_1, dx_2, dx_3, dx_4 avulla, vaikkakin lauseke on monimutkainen:

$$\begin{aligned} ds^2 = {} & g_{11}dx_1^2 + g_{22}dx_2^2 + g_{33}dx_3^2 + g_{44}dx_4^2 \\ & + 2g_{12}dx_1dx_2 + 2g_{13}dx_1dx_3 + 2g_1g_4dx_1dx_4 \\ & + 2g_{23}dx_2dx_3 + 2g_{24}dx_2dx_4 + 2g_3g_4dx_3dx_4, \end{aligned}$$

missä kertoimet g ovat lyhennysmerkkejä eräistä differentiaalilausekkeista, esim.

$$g_{12} = \frac{\delta f_1}{\delta x_1}\frac{\delta f_1}{\delta x_2} + \frac{\delta f_2}{\delta x_1}\frac{\delta f_2}{\delta x_2} + \frac{\delta f_3}{\delta x_1}\frac{\delta f_3}{\delta x_2} + \frac{\delta f_4}{\delta x_1}\frac{\delta f_4}{\delta x_2}$$

Yleiset parametrit x_1, x_2, x_3, x_4 tahi funktiot f_1, f_2, f_3, f_4 voidaan jollekin määrätylle paikalliselle järjestelmälle valita äärettömän monella tavalla; tällöin tietysti kertoimet g muuttuvat vastaavasti ja ainoa, mikä pysyy muuttumattomana, on ds. Oletamme, että parametrit x_1, x_2, x_3, x_4 ovat jonkin toisen havaitsijan paikallinen järjestelmä. Jos nyt ensimmäinen havaitsija asettaa mittakeppinsä sellaiseen asentoon että sen päätepisteissä vain yhdellä parametrillä, esim. x_1:llä, on eri arvot, on $dt = 0$, $ds^2 = -1 = g_{11}dx_1^2$. Mittakepin pituus yleisessä järjestelmässä ei ole siis $= 1$, vaan $dx_1 = \dfrac{1}{\sqrt{-g_{11}}}$. Luvut g määräävät siis ikäänkuin mittakaavan eri järjestelmiä verrattaessa. Koska ne eri suuntiin ovat erilaiset, riippuu myös kulmien suuruus eri järjestelmissä niistä. Mutta siitä taas seuraa, että jos yhteen järjestelmään voitaisiin ajatella suora viiva, se olisi toisissa järjestelmissä käyrä.

Täten vanhan geometrian tärkein peruskäsite, suora viiva, on menettänyt yleispätevän merkityksensä. Sen takia se on korvattava sellaisella viivalla, jonka tunnusmerkki säilyy siirryttäessä järjestelmästä toiseen. Koska neliulotteisen viivaelementin pituus on invariantti, säilyvä ominaisuus, määritellään uusi peruskäsite tähän ominaisuuteen vedoten: sellainen kahta maailmankaikkeuden tapahtumapistettä yhdistävä viiva, jonka neliulotteisesti laskettu pituus on yhdessä järjestelmässä pitempi kuin kaikki muut samoja pisteitä yhdistävät viivat, ja joka siis on kaikissa muissakin järjestelmissä pisin tällainen viiva, on nimeltään geodeettinen viiva.

On nimenomaan huomattava, että neliulotteinen viiva, niinkuin sen edellä määrittelimme, on yht'aikaa kolmiulotteinen avaruusviiva ja aikaa, siis se on oikeastaan liikkuvan pisteen aikataulu. Sen kolmiulotteinen pituus lasketaan negatiivisena ja aika positiivisena. Neliulotteinen geodeettinen viiva on siis vanhan mekaniikan kielellä: mahdollisimman lyhyt matka mahdollisimman pitkässä ajassa, ja se on siis, kuten heti näemme, identtinen hitauden periaatteen kanssa.

Jos tuntisimme yleisen järjestelmän rakenteen, funktiot f_1, f_2, f_3, f_4 tai suoraan kertoimet g, voitaisiin geodeettinen viiva laskea differentiaaliyhtälöiden

$$\frac{d^2x_l}{ds^2} + \begin{Bmatrix} i\ k \\ l \end{Bmatrix} \frac{dx_i}{ds}\frac{dx_k}{ds} = 0 \qquad (l = 1, 2, 3, 4)$$

avulla missä merkintä $\begin{Bmatrix} i\ k \\ l \end{Bmatrix}$ on lyhennys monimutkaisesta lausekkeesta, jossa esiintyvät luvut g ja sen ensimmäiset osittaisderivaatat eri parametrien suhteen.

Jos nyt laskemme itsekseen liikkuvan massapisteen radan mielivaltaisessa yleisessä järjestelmässä, mikä rata Newtonin mekaniikassa oli hitauden periaatteen mukaan suora viiva, saamme suhteellisuusteoriassa nämä geodeettisen viivan yhtälöt. Valon tai muun elektromagneettisen säteilyn eteneminen tapahtuu lain $ds = 0$ mukaan. Molemmat radat riippuvat siis kertoimien g arvosta kullakin kohti rataa.

Mikä on nyt näiden salaperäisten lukujen g fysikaalinen merkitys, kun niistä riippuvat sekä maailmankaikkeuden geometria että kappalten ja valon liikeradat. Sanoimme, että eri järjestelmissä luvut g saavat erilaisia arvoja, ja eri järjestelmät eroavat fysikaalisesti siten toisistaan, että ne ovat mielivaltaisessa liikkeessä toistensa suhteen ja että niissä vetovoimakenttä on erilainen. Jossakin kiinteässä yleisessä järjestelmässä luvut g siis riippuvat vetovoimakentästä, ja itse asiassa ne esittävät gravitaatiopotentiaalia. Ja fysikaalisesti gravitaatio määrää kappaleen liikkeen niin, että se piirtää geodeettisen viivan, siis liikkuu mahdollisimman hitaasti. Paikallisessa gravitaatiovapaassa järjestelmässä se pysyy paikoillaan, silloinhan $ds = c\,dt$ on mahdollisimman suuri.

Newtonin vetovoimateoria ei osannut selittää itse vetovoimailmiötä: mistä johtuu, että kaksi massaa aina vetää toisiaan puoleensa, mikä välittää tämän voiman massasta toiseen. Suhteellisuusteoria selittää asian näin: ei ole oikeastaan mitään voimaa, vaan gravitaatio on vain ajan ja paikan geometriaa, joten mittakaavat ja kulmasuhteet eri järjestelmien välillä riippuvat gravitaatiokentästä, ja sen mukaan järjestyy kappalten liike toistensa suhteen, niinkuin niitä ohjaisi vetovoima. Arvoitus siirtyy oikeastaan toiseen paikkaan: kuinka massa voi määrätä geometrian ympäristössään. Mutta joka tapauksessa tämä arvoitus on lähempänä metafysiikan perusarvoituksia, ajan, paikan ja aineen luonnetta, mitkä ennen olivat erillisiä, toisistaan riippumattomia kysymyksiä, mutta nyt kietoutuvat yhdeksi ainoaksi perussalaisuudeksi.

Vetovoimateoria vaatii joka tapauksessa matemaattisen lain, joka ilmoittaa, millä tavalla gravitaatio, oli se sitten vetovoimaa tai avaruuden geometriaa, riippuu aineen jakautumisesta avaruuteen. Newtonin mukaan on kahden massan välinen vetovoima $= \dfrac{m_1 m_2}{r^2}$, missä m_1 ja m_2 ovat k. o. massat ja r niiden välimatka sopivissa mittayksiköissä lausuttuna, tahi jos merkitään vetovoiman potentiaalia $= V$, on jossakin pisteessä, missä aineen tiheys $= \varrho$

$$\frac{\delta^2 V}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 V}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 V}{\delta z^2} = 4\pi\varrho.$$

Suhteellisuusteoriassa, missä massatiheys on eri järjestelmissä erilainen, pyritään samantapaiseen toisen kertaluvun differentiaalilausekkeeseen, joka on invariantti, s. o. kaikissa järjestelmissä sama. Sellainen lauseke on ns. Riemann-

Christoffelin tensori eli kaarevuustensori G_{ik}, joka lauseke on sangen monimutkainen:

$$G_{ik} = \frac{\delta}{\delta x_k}\begin{Bmatrix} i\ r \\ s \end{Bmatrix} - \frac{\delta}{\delta x_r}\begin{Bmatrix} i\ k \\ r \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} i\ r \\ s \end{Bmatrix}\begin{Bmatrix} k\ s \\ r \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} i\ k \\ r \end{Bmatrix}\begin{Bmatrix} r\ s \\ s \end{Bmatrix}$$

(r ja s saavat vuorotellen kaikki arvot 1, 2, 3, 4, ja kaikki kombinaatiot lasketaan yhteen)

Toinen samanlainen lauseke on massapisteen energiatensori:

$$T_{ik} = \varrho \Sigma_{\mu\nu} g_{i\mu} g_{k\nu} \frac{\delta x_\mu}{ds} \frac{\delta x_\nu}{ds}.$$

G_{ik} ilmaisee siis avaruuden geometrian, T_{ik} taas aineen jakautumisen avaruuteen. Einsteinin gravitaatiolaki lausuu nyt vain, että näiden molempien tensorien välillä vallitsee mahdollisimman yleinen eli hypoteesivapaa riippuvaisuussuhde:

$$G_{ik} - \tfrac{1}{2} g_{ik} G + \lambda g_{ik} + \varkappa T_{ik} = 0$$

(siis kaikkiaan 10 yhtälöä: ik = 11, 12, 13, 14, 22, 23, 24, 33, 34, 44; G on lukujen G_{ik} muodostama determinantti). Nämä suhteellisuusteorian perusyhtälöt eli kenttäyhtälöt ovat siis niin monimutkaiset, että niiden täydellinen ja tarkka käsitteleminen on suorastaan mahdotonta. Ne ovat kuitenkin, kuten toivottavasti on selvinnyt, mahdollisimman yleispätevät, joten kaikki mahdolliset avaruuskuvat sisältyvät niihin. Vasta yksityiskohtaisessa tutkimuksessa turvaudutaan lisäolettamuksiin ja yksinkertaistuksiin.

Esitämme aluksi kolme erilaista yksinkertaista avaruuskuvaa. Jos käytetään napakoordinaatteja (esim. leveysaste φ, pituusaste θ ja mielivaltaisesta »keskipisteestä» laskettu etäisyys Rx saadaan neliulotteiselle viivaelementille seuraavanlaisia yksinkertaistettuja lausekkeita:

NEWTONin avaruus: $ds^2 = dt^2 - R^2 [dx^2 + x^2 (d\varphi^2 + \sin^2\varphi d\theta^2)]$,
EINSTEINin avaruus: $ds^2 = dt^2 - R^2 [dx^2 + \sin^2 x (d\varphi^2 + \sin^2\varphi d\theta^2)]$,
DE SITTERin avaruus: $ds^2 = \cos^2 x dt^2 - R^2 [dx^2 + \sin^2 x (d\varphi^2 + \sin^2\varphi d\theta^2)]$.

Newtonin avaruus, jota jo olemme tarkastelleet, on hyvä likiarvo pieniä avaruusaika-alueita tarkasteltaessa. Molemmat muut ovat vain ajatuskokeita, jotka eivät vastaa likimainkaan todellisuutta, mutta jotka ovat välttämättömänä perustana monimutkaisempiin avaruuskuviin siirryttäessä.

Einsteinin avaruus.

EINSTEINin avaruus on »lieriömäisesti kaareva», nim. paikan suhteen »pallomaisesti kaareva» ja äärellinen ja ajan suhteen »suora» ja ääretön. Jo tyhjiössä avaruudella on määrätty peruskaarevuus 4λ, jonka lisäksi aine aiheuttaa lisäkaarevuuden, niin että koko avaruuden keskikaarevuus on 6λ, ja kaarevuussäde on suoraan verrannollinen aineen kokonaismäärään.

Einstein jakaa aineen maailmankaikkeuteen tasaisesti, ikäänkuin homogeeniseksi kaasuksi, jolloin kaarevuus on joka pisteessä vakio, kuten pallopinnalla. Tähän mennessä avaruudessa on todettu olevan ainakin kaksi miljoonaa suurta kierteissumua, joiden massa on keskimäärin tuhat miljoonaa auringon massaa. Jos tämä materia jakautuisi tasaisesti Einsteinin avaruuteen, olisi kaarevuussäde laskettava vain sadoissa valovuosissa. Koska olemme jo nähneet miljoonia kertoja kauemmaksi, täytyisi olettaa näköpiirimme ulkopuolella olevan vielä miljoonia kertoja se tähtirikkaus, minkä nykyään tunnemme. Paremman arvion avaruuden säteelle saammekin, jos oletamme, että aineen keskitiheys koko avaruudessa on sama kuin havaitsemassamme avaruuden osassa. Nyt ei kuitenkaan aineen keskitiheyttä tunneta omassa ympäristössämmekään sen tarkemmin kuin että se on rajojen 10^{-31} ja 10^{-26} välillä, ja Einstein-avaruuden säde on sen mukaan sadan miljoonan ja sadantuhannen miljoonan valovuoden välillä.

Koska Einstein-avaruudella on vakinainen (ynnä positiivinen) kaarevuus, valonsäde kulkee siinä samoin kuin isoympyrä pallolla. Kuljettuaan koko maailmankaikkeuden ympäri se palaa lähtökohtaansa oltuaan matkalla tuhansia miljoonia vuosia. Siten näkisimme kaikki taivaankappaleet kahtena, vastakkaisissa suunnissa sijaitsevana, vieläpä samankokoisena vaikkakin eri-ikäisenä kappaleena. Sillä ajatelkaamme valonsäteitä, jotka esim. auringosta lähtevät kaikkiin suuntiin yht'aikaa. Ne tapaavat toisensa puoli kierrosta tehtyään »antipodissa» maailmankaikkeuden toisella puolella muodostaen sinne »todellisen kuvan» auringosta, joka itse on sillä aikaa vanhentunut ja siirtynyt paikoiltaan. Havaitsija, joka tarkastelee tuota antipodia, näkee siitä lähtevän samanlaisia valonsäteitä kuin ne, joita alkuperäisestä auringosta oli lähtenyt. Sillä on myöskin samanlainen vetovoimavaikutus, joten havaitsija luulee olevansa tekemisissä todellisen, aineellisen tähden kanssa. Meidän tekisi mieli varoittaa häntä erehdyksestä, mutta malttakaamme: kuka takaa, ettei meidän aurinkomme itsekin ole samanlainen tyhjä kummitus. Sillä kun joka puolen kierroksen kuluttua valonsäteet muodostavat uuden auringonkuvan, avaruus lopulta on täynnään noita eri-ikäisiä jäljennöksiä alkuperäisten harhaillessa niiden seassa suurina harvinaisuuksina, ehkä jo kokonaan sammuneina vanhuksina.

No, tämä on tietysti mielikuvitusta, sillä todellinen avaruus ei ole niin säännöllinen, että valonsäteet — nekään, jotka eivät ole jo matkalla takertuneet toisiin massoihin kiinni — osuisivat tarkalleen lähtöpisteen antipodiin. Tuntuu todennäköiseltä, ettei edes ensimmäisestä kuvasta synny jälkeäkään. Mutta tämä »kummitusteoria» on sangen opettavainen sen vuoksi, että todellinenkin materia luultavasti on vain tuollaista säteilevää tyhjyyttä, jonka vuoksi on hyvä jo etukäteen »tottua ajatukseen».

Einsteinin maailmankuvassa aika on ääretön ja »juoksee tasaisesti». Mutta se ei kuitenkaan ole absoluuttinen. Jos kahdesta kaksosveljestä toinen tekee suurella nopeudella pitkän matkan — tässä täytyy nyt kuvitella jotakin avaruus-rakettia, joka voi lähennellä valon nopeutta —, niin matkamies on kotiin palattuaan kovasti muiden ajasta jäljessä. Ei vain hänen kellonsa ole käynyt hitaammin, vaan hän itsekin on säilynyt nuorempana kuin kotona istunut veli. Suhteellisuusteorian vastustajat luulivat tästä löytäneensä ristiriidan: koska kaikki on suhteellista, niin miks'ei voida kuvitella, että raketti on pysynyt paikoillaan ja maapallo tehnyt kiertomatkan, jolloin raketissa istunut veli olisi tullut vanhemmaksi. Mutta asian selittää suhteellisuusteorian vetovoimalaki: se, joka istuu paikoillaan eli liikkuu noudattaen vetovoimaa, piirtää neliulotteiseen avaruusaika-jatkumoon geodeettisen viivan, t. s. tekee mahdollisimman paljon aikaa ja mahdollisimman vähän matkaa. Joka taas vastustaa vetovoiman vaikutusta konevoimalla, piirtää lyhyemmän neliulotteisen viivan, t. s. vähemmän aikaa ja enemmän matkaa. Kotonaistuneen mielestä hän on tehnyt vain pitemmän matkan samassa ajassa. Mutta jos häntä katsotaan avaruusraketin omasta järjestelmästä, jossa hän näyttää pysyneen paikoillaan, on hänen aikansa lyhyempi. Ja keino, jolla hän on pysynyt nuorena, oli vain se, että hän on alinomaa kiihdyttänyt tai jarruttanut konettaan.

Ajan äärettömyys on piirre, jota tuntuu yhtä vaikealta hyväksyä kuin avaruudenkin äärettömyys. Palaamme siihen kysymykseen lähemmin kirjoituksen lopussa ja siirrymme tällä kertaa avaruusrakenteeseen, jossa aikakin on kaareva.

De Sitterin avaruus.

Einsteinin maailmankuvan saattaa maallikko vielä käsittää, mutta DE SITTERin esittämä avaruuskuva on jo koko lailla abstraktisempi. Sehän oli vain erään differentiaaliyhtälöryhmän ratkaisu, matemaattinen kaava, joka lausuu, miten fysikaaliset ilmiöt tapahtuvat, mutta ei selitä, mitä kaikki todellisuudessa on.

De Sitterin avaruutta sanotaan hyperbolisesti kaarevaksi erotukseksi Einsteinin lieriömäisesti kaarevasta avaruudesta. Einsteinin avaruudessa saattaa kiertää ympäri, de Sitterin avaruudessa se on mahdotonta. Jos lähetämme kiertomatkalle avaruuskoneen, jonka oletetaan käyvän tasaisella nopeudella, niin huomaamme, että sen vauhti vähitellen hidastuu ja kone lähestyy asymptoottisesti [1] erästä rajaa, joka on ikäänkuin avaruuden reuna. Avaruuskoneen kuljettaja ei itse huomaa mitään erikoista omassa kulussaan, vaan sivuuttaa yhä uusia tähtiä entisellä vauhdillaan. Mutta jos hän pysähtyy katsomaan taaksepäin, näyttää siellä kaikki käyvän hitaammin kuin hänen lähtiessään, lähtötähden kellot jätättävät, radiosanomat tulevat pitemmillä aalloilla ja auringon valo on punaisempaa.

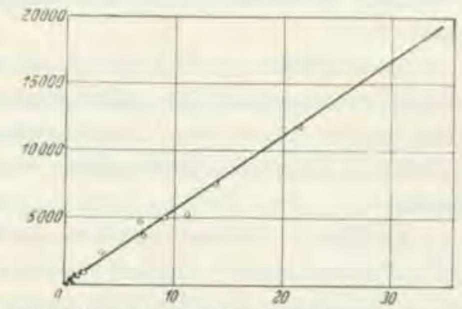
Avaruuden kaarevuutta voimme tässä tapauksessa selvittää seuraavalla vertauksella: Luontainen käsityksemme on, että avaruus ei ole kaareva. Sen takia omilla mittauskoneillamme kaukaisia seutuja tarkastellessamme ikäänkuin

[1] Asymptoottinen lähestyminen tarkoittaa sitä, että yhtä mittaa lähestytään, mutta ei koskaan saavuteta, esim. jos joka vuosi kulkee vain puolet jäljelläolevasta matkasta.

projisioimme kaarevan avaruuden suoralle kuva-avaruudelle samalla tavoin kuin maapalloa kartoittaessamme teemme kaarevasta maanpinnasta tasokuvan. Nyt meidän karttamme tulee helposti ns. stereograafiseen projektioon, jossa vain lähtöpiste on oikeassa mittakaavassa, mutta muut seudut näyttävät sitä suuremmilta, mitä kauempana ne ovat. Maapallon vastakkainen piste on kartalla äärettömän kaukana. Me väitämme karttamme perusteella, että Uusi-Seelanti on satoja kertoja suurempi kuin Suomi, mutta uusseelantilaiset väittävät taas oman karttansa mukaan, että Suomi on satoja kertoja suurempi.

Samoin on selvitettävissä, että de Sitter-avaruudessa joka pisteessä näyttää siltä, kuin siinä paikassa kaikki kellot kävisivät oikein, mutta muualla kävisivät sitä hitaammin mitä kauempana ne ovat.

Tämä seikka on hyvänä lähtökohtana todellista avaruutta ja de Sitterin avaruuskuvaa vertaillessa. Valoa säteileviä taivaankappaleita voimme pitää kelloina, joiden käyntiä osoittaa valon värähdysluku eli väri. De Sitterin mukaan pitäisi kaukaisempien tähtien valon olla punaisempaa kuin lähempien. Jo viime vuosikymmenen suuri keksintö olikin, että näin on asian laita. Kaukaisimmassa mitatussa kierteissumussa, jonka etäisyys on 150 milj. valovuotta, tämä punasiirtyminen on jo niin suuri, että se vastaisi Dopplerin ilmiöksi tulkittuna kierteissumun pakenemisnopeutta 25 000 km/sek. Muissa kierteissumuissa saadaan aika tarkoin sama suhdeluku nopeuden ja etäisyyden välille, kuten seuraava kuvio osoittaa. Tästä suhdeluvusta voi laskea sen »ajanrajan» etäisyyden, jossa aika näyttää pysähtyneen. Se vastaa neljänneskierrosta avaruuden ympäri ja avaruuden kaarevuussäteeksi tulee siten tuhat miljoonaa valovuotta.



Kierteissumujen pakonopeuden riippuvaisuus etäisyydestä. Luvut vaaka-akselilla merkitsevät etäisyyttä miljoonissa parsekeissa lausuttuna ja pystyakselilla pakonopeutta km/sek.

Kierteissumujen värin punasiirtyminen olisi siis mainio todistus de Sitterin avaruudelle, ellei sitä voitaisi tulkita toisinkin, nim. kierteissumujen todellisista liikkeistä johtuvaksi. Siinä tapauksessa vain pitää voida sitten vuorostaan selittää, minkä takia ne kaikki liikkuvat meistä poispäin. Tällaisen selityksen tarjoavat muuttuvat avaruuskuvat.

Avaruuden ympäri matkustaminen on de Sitterin alkuperäisessä ideaalisessa tapauksessa mahdotonta, koska säännöllisen kaarevuuden vaikutuksesta alinomaa lähestytään kuollutta ajanrajaa. Mutta de Sitterin ideaali-tapauksessa on täytynyt olettaa, että avaruus on tyhjä, keskitiheys = 0. Jos siihen sijoitetaan ainetta, se ei kylläkään muuta koko avaruuden kaarevuussädettä aivan välittömästi, kuten Einstein-avaruudessa, vaan aiheuttaa paikallisia epätasaisuuksia. Niiden vaikutuksesta valo voi kiertää avaruuden ympäri äärellisessä ajassa, joten »kahdelta suunnalta näkeminen» on de Sitterin avaruudessakin mahdollista.

Mutta tällainen aineellinen avaruus ei ole pysyvä. Tästäkin syystä on meidän tutustuttava nyt muuttuviin avaruuskuviin.

Muuttuvat avaruuskuvat.

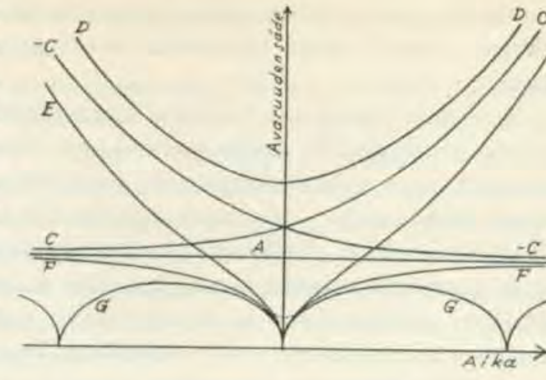
Verrattain myöhään, vasta viime vuosikymmenellä, huomattiin, että kenttäyhtälöillä oli paitsi staattisia ratkaisuja myöskin muuttuvia. Einstein-avaruuden säde, jonka suuruuden määrää avaruudessa oleva ainemäärä, samoin kuin de Sitterin avaruuden säde, joka on äärellinen jo tyhjässäkin avaruudessa, pysyvät samoina aikojen kuluessa. Mutta huomattiin, että voidaan konstruoida sellaisiakin avaruuskuvia, joiden säde muuttuu. Tätä täytynee taas valaista vertauksella. Avaruus kokonaisuudessaan on kuin saippuakupla, jonka pinnalla taivaankappaleet uiskentelevat määrätynmuotoisina ja -kokoisina vieraina esineinä. Saippuakuplan sädettä voidaan mitata niiden koolla ja huomata, että kupla kasvaa tai pienenee, kun siihen puhalletaan tai siitä lasketaan pois ilmaa. Tällöin esineiden välimatkat suurenevat tai pienenevät niiden itsensä pysyessä muuttumattomina.

Todellisessa avaruudessa emme voi täydelleen käsittää tätä ilmiötä, koska emme voi tarkalleen kuvitella avaruuden kaarevuutta. Mutta erään seikan, joka seuraa avaruuden kaarevuussäteen muuttumisesta, voimme helposti ymmärtää ja luonnossa havaitakin, nim. taivaankappalten välimatkojen muuttumisen.

Edellisessä luvussa mainittiin, että kaukaisten kierteissumujen spektriviivojen punasiirtyminen voidaan tulkita niiden todellisena liikkumisena meistä poispäin. Huomaamme heti, että emme tällöin ole mikään erikoinen keskuspiste, jota kaikki muut taivaankappaleet pakenevat, vaan kysymyksessä on yleinen hajaantuminen juuri kuin laajenevan saippuakuplan pinnalla. On siis suuresti houkuttelevaa otaksua ilman muuta, että avaruuden todellinen rakenne vastaa sellaista kenttäyhtälöiden ratkaisua, jossa avaruuden säde kasvaa, koska teoria ja havainnot niin loistavasti pitävät yhtä.

Mutta asia ei ole aivan niin yksinkertainen, ja lisätutkimuksille on vielä runsaasti tilaa. Ei ole vielä kovinkaan tarkasti saatu lasketuksi, millä nopeudella laajeneminen nykyään tapahtuu, puhumattakaan sen mahdollisesta kiihtymisestä tai hidastumisesta. Havaintojen perusteella ei edes voida sanoa, kuinka suuri osa punasiirtymisestä on avaruuden laajenemista ja kuinka suuri osa de Sitterin avaruuskuvan mukaista ajan kaarevuutta. Ja edelleen kenttäyhtälöille ei voi laskea täydellisiä ja tarkkoja ratkaisuja, vaan vain likimääräisiä ja määrätyissä erikoistapauksissa vallitsevia. Lopuksi teoria osoittaa, että muuttuvia avaruuskuvia on suuri joukko, emmekä voi sanoa, mikä niistä on todellinen.

Seuraavalla sivulla oleva kuvio esittää muutamia avaruuskuvien päätyyppejä. Teoria käsittelee niiden lisäksi tyyppejä, joissa kaarevuus on negatiivinen tahi nolla sekä sellaisia, joissa ainetiheys on häviävän pieni, mutta kun



ne jakautuvat samantapaisiin tyyppeihin, kuin kuviossamme on jo esitetty, voimme ne tässä kokonaan sivuuttaa. Ne eivät sitä paitsi vastaa todellista avaruuttamme ainakaan yhtä todennäköisesti kuin positiivisesti eli pallomaisesti kaarevat ainerikkaat avaruustyypit.

Lähtökohtana voimme aluksi käyttää Einstein-avaruutta (kuviossa suora A), joka on muuttumaton. Otaksumme, että se on vallinnut joskus aikojen alussa. Aine oli ohuen kaasun tavoin levinnyt tasaisesti koko avaruuteen ja sen mukaan avaruudella oli joka kohdassaan sama kaarevuus. Täydellinen liikkumattomuus vallitsi, ei ollut aurinkoja säteilemässä energiaa eikä planeetteja laskemassa vuosia. Avaruus oli niin kuollut, että melkein voi väittää, ettei sitä ollut olemassakaan.

Mutta suhteellisuusteorian gravitaatiolaki osoittaa, että tällainen tarkka tasapaino on tavattoman epävakainen; Newtonin vetovoimalain mukaan liikkumaton tasapaino on aivan mahdoton. Tasapainotilassa on kahden ainehiukkasen välimatka tarkoin määrätty, sillä tasapaino on tällöin ikäänkuin kahden vastakkaisen voiman keskinäistä kumoamista. Jos välimatka on liian pieni, tulee näkyviin Newtonin vetovoima, ja hiukkaset syöksyvät yhteen särkien samalla muunkin avaruuden tasapainon. Jos taas hiukkasten välimatka on liian suuri, alkaa vaikuttaa suhteellisuusteorian salaperäinen »universaalivakio» λ, joka Einsteinin oli pakko lisätä gravitaatiolakiinsa, jotta se olisi mahdollisimman yleispätevä. Universaalivakio vaikuttaa samaan tapaan kuin voima, joka pyrkii karkottamaan kappaleita toisistaan ja joka on sitä suurempi, mitä suurempi on kappalten välimatka. Hiukkaset alkavat siis paeta toisiaan kaksin kerroin kiihtyvällä nopeudella.

Tätä ei pidä nyt käsittää aivan kirjaimellisesti. Universaalivakion vaikutus ei ole voimaa vanhanaikaisessa mielessä eikä hajaantumisnopeus sisällä kineettistä energiaa, kuten esim. räjähdyspanoksen sirpaleiden hajaantuminen. Avaruuden hajaantuminen voi tapahtua nopeudella, joka on suurempi kuin valon, mikä osoittaa, että tässä on kysymyksessä aivan erikoinen »ultrafysikaalinen» ilmiö.

Jeans on laskenut, että jos tasapainoisessa alkutilassa syntyy pienikin häiriö, se ilmenee siten, että ainepilvi repeytyy kappaleiksi, jotka tiivistyvät kokoon jättäen välillä olevan avaruuden tyhjäksi. Alkutiheys määrää, minkäkokoisia kappaleet keskimäärin ovat, ja on teoreettisesti laskettavissa, että tämä koko voi hyvin luultavasti olla kierteissumujen suuruusluokkaa, mutta ei esim. yksityisten tähtien. Eri asia on sitten, millä tavoin kappalten kehittyminen kierteissumuiksi ja jakautuminen yksityisiksi tähdiksi tapahtuu (kts. Jeans: Maailmankaikkeus), mutta meitä kiinnostaa nyt vain näiden kierteissumujen »ulkopolitiikka».

Newtonin vetovoima voi sitoa useampia kierteissumuja ryhmiksi, jollaisista näemme tähtitaivaalla useita esimerkkejä; luultavasti kuulumme itsekin hyvin monimutkaiseen ryhmäkompleksiin, jonka lähimpiä yksilöitä emme voi varmasti erottaa toisistaan ja jonka kaukaisimpia jäseniä ovat Andromedan kierteissumu ja Magellanin pilvet. Tällaiset ryhmät pysyvät koossa siten, että niiden yksityiset jäsenet kiertävät suljettuja ratoja, joiden määrääminen vain tällaisessa »monen kappaleen probleemissa» on kovin vaikea tehtävä. Yleisimmässä tapauksessa lähettäiset kierteissumut eivät kuitenkaan pysy yhdessä, vaan on kaksi mahdollisuutta: joko Newtonin vetovoima aiheuttaa avonaisen radan, jolloin naapurukset syöksähdettyään toistensa ohi alituisesti erkanevat toisistaan vähitellen hidastuvalla nopeudella, tahi alun perin on voitolle päässyt universaalivakio, jolloin kierteissumut alkavat hajaantua alituisesti kiihtyvällä nopeudella.

Tarkastelemme ensin jälkimmäistä avaruuskuvaa (kuviossa käyrä C), josta Eddington on kirjoittanut mielenkiintoisen kansantajuisen esityksen. Kun hajaantumisnopeus rajattomasti kasvaa, se lopulta ylittää valonnopeuden. Silloin kierteissumut eivät enää näe toisiaan eivätkä tunne toistensa vetovoimaa, vaan vaeltavat avaruudessa hieman samantapaisina erakkoina, joista aikaisemmin jo puhuimme. Tähdistä lähtenyt säteily ei enää tapaa vastaanottavaa kappaletta, jota se voisi rikastuttaa, vaan hajaantuu harhailemaan hyödyttömänä yhä tyhjemmässä avaruudessa. Kukin erakkojärjestelmä saavuttaa vihdoin oman tasapainotilansa, jossa kylmenneet taivaankappaleet kiertelevät toisiaan muuttumattomia ratoja pitkin. Ja luonnon taloudessa — kuten ihmistenkin — täydellinen tasapaino ja muuttumattomuus on sama kuin kuolema.

Palaamme nyt Einsteinin tasapainoiseen alkusumuun, joka pienimmänkin häiriön sattuessa alkaa elää ja hajoaa kappaleiksi, jotka kehittyvät kierteissumuiksi. Nyt oli toinen mahdollisuus, jonka äsken mainitsimme, että kierteissumut alkavat seurata Newtonin vetovoimalakia. Tämä on jälleen käsitettävä »ultrafysikaalisesti», niin että kierteissumujen yhteen vetäytyminen ei tapahdu niiden yksityisinä liikkeinä, vaan koko avaruuden kaarevuussäteen lyhenemisenä. Avaruus kutistuu siis kiihtyvällä nopeudella kokoon. Käytännössä ei todennäköisesti kuitenkaan synny yleistä valtavaa yhteentörmäystä, sillä vaikka matemaattisessa ihannetapauksessa avaruuden tilavuus supistuukin nollaksi, täytyy meidän voida olettaa, että aineellisessa maailmankaikkeudessa on jonkin verran epätasaisuuksia, niin että minimitilavuus on huomattavan suuri. Tällöin kierteissumut syöksähtävät toistensa ohi ja ehkä osittain läpikin, ja korkeintaan joitakin satunnaisia pikku »kolareita» voi yksityisten tähtien kesken tapahtua. Tämän jälkeen avaruus alkaa jälleen laajentua, mutta nyt se tapahtuu hidastuvalla vauhdilla, niin että kaarevuussäde lähenee asymptoottisesti alkuperäistä tasapainoista Einstein-avaruuden sädettä (kuviossa käyrä F). Lopputasapaino on nyt toisenlainen kuin alussa, jolloin oletimme aineen olevan tasaisesti jakautunutta. Nyt tähdet ovat syntyneet ja vähitellen sammuneetkin, ja ne kiertelevät toisiaan muuttumattomia ratoja pitkin.

Kuviossamme on muitakin avaruuskuvia kuin Einstein-muodosta alkaneet. Niinpä voimme kuvan C ajatella takaperin (käyrä — C), jolloin avaruus olisi lähtenyt äärettömän laajasta alkumuodosta kutistumaan ja lähenee asymptoottisesti Einstein-muotoa. Mutta tämä tuntuu yhtä takaperoiselta kuin ammutun haulikonpanoksen keräytyminen takaisin pyssyn piippuun, sillä silloin täytyisi edellyttää jotakin valtavaa liikkeellepanevaa sysäystä itse »luomisen» yhteyteen, joka tapahtui äärettömän kaukaisessa muinaisuudessa. Sitä paitsi havaintojen mukaan todellinen avaruutemme ainakaan tällä hetkellä ei kutistu vaan laajenee, joten tyypin — C voimme jättää pois laskuista.

Se antaa kuitenkin alkukuvan kahdelle muulle tyypille, joiden rajatapaus se on. Jos alkusysäys on ollut liian heikko, avaruus ei jaksa kutistua lähellekään Einstein-muotoa, jolloin »universaalivakio» kääntää sen kutistumisen määrätystä minimitilavuudesta laajenemiseksi (käyrä D). Jos taas alkusysäys on ollut liian vahva, avaruus kutistuu ohi tasapainoisen Einstein-muodon, jolloin kutistumisnopeus kasvaa ja tapahtuu samanlainen syöksähtäminen nollatilavuuden läpi kuin F-tyypissä. Tämäkin tapaus (käyrä E) päättyy laajenemiseen takaisin kohti äärettömän laajaa muotoa.

Erikoista tyyppiä esittää lopuksi käyrä G, jossa nollatilavuuden läpi syöksähtänyt avaruus laajenee vain erääseen maksimitilavuuteen asti, joka on pienempi kuin Einstein-muodon tilavuus. Sen jälkeen se alkaa jälleen kutistua nollatilavuutta kohti, niin että saadaan »sykähtelevä avaruus», joka vuoroin kasvaa ja kutistuu.

Tekee mieli kysyä, mikä ratkaisu on lähinnä todellista avaruuttamme. Ja puolittaisia vastauksia on annettukin. Eddingtonin alusta pitäen laajeneva avaruus olisi saavuttanut havaitun nykyisen tilansa niin pian, ettei kierteissumujen ja yksityisten tähtien kehitys mitenkään olisi ehtinyt samassa ajassa nykyiselle asteelleen. Sen takia voitaisiin helpommin omaksua käsitys, että ensin on tapahtunut kutistuminen tai ehkä useampiakin sykähdyksiä, ja nyt elämme parhaillaan laajenemisen aikaa.

Sitä paitsi olisi tällainen kuva uskottavampi, jos itserakkaasti otaksumme, että maailmankaikkeuden hyörinän ylimpänä tarkoituksena on elämän ja ajattelevain olentojen synnyttäminen tätä touhua ihmettelemään. Sillä elämää ilmeisesti voi esiintyä vain planeetoilla, ja planeettoja syntyy parhaiten silloin, kun avaruus pienimmässä tilassaan aiheuttaa lukuisia aurinkojen »avioliittoja».

Mutta vielä jää avoimeksi kysymys, odottaako avaruutta hajoaminen vaiko ikuinen kertautuminen. Tähän kysymykseen pääsemme paremmin käsiksi, kun tarkastelemme paikallisen avaruuden asemesta ajallista avaruutta, »iankaikkisuutta».

Matemaattiseen ajattelutapaan tottuneen on vaikea omaksua käsitystä, että aika olisi äärellinen, siis että joskus olisi tapahtunut yht'äkkinen luominen ja joskus seuraisi yht'äkkinen maailmanloppu, kaiken katastrofinomainen kuoleminen. Siinä tapauksessa jäisi ajankin suhteen valittavaksi nämä samat kaksi kehitystyyppiä kuin avaruuden muuttumisessa, nimittäin joko vähitellen asymptoottisesti tapahtuva syntyminen ja sammuminen alkutilasta, tasapainoisesta kaaoksesta jotakin lopullista tasapainoista tilaa, »Nirvanaa» kohti, tahi kaiken elämän toistuminen, niin että entisen maailmankaikkeuden tuhosta syntyy uusi Fenix-linnun lailla.

Fysiikan lämpöoppi väittää, että sammuminen tapahtuu ensinmainitulla tavalla. Puhutaan lämpökuolemasta, joka syntyy sen takia, että entropia lämpöopillisissa ilmiöissä aina kasvaa, toisin sanoen energia pyrkii järjestetyistä muodoista järjestymättömiin vastakohdista ja energiakeskuksista kaiken samankaltaisuuteen ja hajaantumiseen. Tämä on todella poikkeuksettomaksi havaittu luonnonlaki, jonka mukainen kuolema tuntuu siis väistämättömältä. Mutta on herännyt samanlainen epäilys kuin geometrisen käsityksemmekin suhteen: vaikka euklidinen geometria suorine viivoineen ja äärettömyyskäsitteineen tyydyttääkin kaikki ahtaassa maailmassamme esiintyvät vaatimukset, se ei sittenkään tunnu pitävän paikkaansa, kun tarkastelemme ilmiöitä makroskooppiselta kannalta. Entropialaki on todennäköisyyslaki, t. s. energia sekoittuu kuin korttipakka yhä järjestymättömämmäksi, mutta jos jatkamme sekoittamista »äärettömän» kauan, voi joskus sattua, että kortit ovat taas järjestyksessä, valmiina aloittamaan uuden leikin. Ursan edellisessä julkaisussa siv. 72—73 on esitetty NERNSTin hypoteesi siitä, miten tämä uuden elämän synty voisi tapahtua.

On varmaa, ettei ihmiskunta elä niin kauan, että havaintojensa perusteella näkisi, sammuuko maailmankaikkeus lopullisesti vai syttyykö uusi elämä. Teoreettiset laskelmat ovat myös kaikkea pohjaa vailla, joten kenttä jää vapaaksi filosofisten tahi oikeastaan metafyysillisten mietiskelyjen leikille. Lopullinen maailmankuvan valinta jää melkeinpä tunnesyiden ja makuseikkojen varaan.

Matemaattinen loogillisuus esim. vaatisi, että kun kerran on mahdotonta omaksua ääretön avaruus, ei myöskään tulisi kysymykseen rajattomasti laajeneva avaruus. Toiselta puolen sykähtelevä avaruus veisi äärettömyyteen ajan kulussa, mikä on myöskin eräässä suhteessa vastenmielistä omaksua. Paitsi lämpöopin tutkijain vastahakoisuutta on tunnustettava oikeutetuksi myöskin jonkinlainen esteettis-eetillis-filosofinen epäilys, että tuollainen alituinen toistuminen on kovin tarkoituksetonta. Jäljelle jäisi siten vain avaruuskuva F, asymptoottisesti syttyvä ja sammuva avaruus. Aika olisi kyllä ääretön, mutta kuitenkin »miellyttävämmällä» tavalla kuin sykähtelevässä avaruudessa. Koska tapahtumien kehitys alussa ja lopussa on hidasta, pysyy tapahtumien kokonaismäärä tavallaan äärellisenä. Likimäärin voimme sanoa, että maailmankaikkeuden historia on vain lyhyt elämänhetki kahden kuolemantilan välillä.

Ehkäpä on jo aika lopettaa tämä pilkkopimeässä hapuileminen. Olemmehan jo nähneet sen verran totuuden valkeutta, että seuraavat seikat ovat selvenneet. Luonto on niin paljon suurempi, kuin me voimme mitata, ettemme koskaan saa sitä perin pohjin tutkituksi. Ja vaikka voisimme havaitakin avaruudessa ja ajassa joka sopukan, niin aineellinen maailmankaikkeus on varmaankin paljoa ihmeellisempi, kuin me ikinä voimme rajoitetulla ymmärryksellämme käsittää.

SUOMEN TÄHTITIETEEN VAIHEITA YLIOPISTON PERUSTAMISESTA HELSINGIN TÄHTITORNIN VALMISTUMISEEN.

Kirj. UUNO PESONEN.

Alkuaan oli tarkoitus, että laatisin tähän julkaisuun kirjoituksen suomalaisista tähtitieteilijöistä. Harkittuani asiaa huomasin kuitenkin aiheen olevan liian laajan käsiteltäväksi näin lyhyessä kirjoituksessa, minkä vuoksi päätin vain aivan lyhyesti piirtää Suomen tähtitieteellisen työn ja opetuksen ääriviivat sen alusta, Turun yliopiston perustamisesta, ARGELANDERiin asti, ja vähän yksityiskohtaisemmin kuvailla tämän Suomen tähtitieteen historian suurimman miehen ja tähtitornin varsinaisen perustajan toimintaa. Lähteenäni olen pääasiassa käyttänyt valtioneuvos ANDERS DONNERin yksityiskohtaista ja luotettavaa tutkimusta »Den astronomiska forskningen och den astronomiska institutionen vid det finska universitetet» I ja II.

Jo ennen yliopiston perustamista esiintyi maassamme yleisesti tunnettu tähtientutkija, suomalaissyntyinen pappi SIGFRID FORSIUS, »Astronomus regius», joka v. 1608—1610 hoiti tähtitieteen professorinvirkaa Upsalan yliopistossa. Hän laski ja julkaisi almanakkoja Tukholman ja Turun horisonttien mukaan sekä oli suorittamassa maantieteellisiä mittauksia Tornion Lapissa.

Turun yliopiston perustamisesta lähtien sen ohjesäännön mukaan pääasiassa matematiikan, mutta joskus myös fysiikan professori antoi opetusta geodesiassa ja tähtitieteessä. Niinpä jo yliopiston ensimmäisen vuoden luento-ohjelmassa v. 1640 ilmoitetaan matematiikan professorin SIMON KEXLERUKSEN opettavan tähtitiedettä yhtä monta tuntia viikossa kuin matematiikkaakin, nim. tunnin päivässä kumpaakin. Kexlerus oli etevä matemaatikko ja tähtitieteilijä, ja hän kirjoitti mm. ruotsinkieliset geodesian ja tähtitieteen oppikirjat, joita sitten kauan hänen jälkeensäkin käytettiin opetuksessa. Hän myös aloittaa ruotsinkielisen almanakan säännöllisen toimittamisen Turun horisontin mukaan. Suomenkielisen almanakan julkaisemisen niinikään Turun horisontin mukaan aloittaa eräs hänen seuraajistaan matematiikan professorina, nim. LARS TAMMELIN v. 1705. Muuten tähtitieteen harrastus Kexleruksen lähimpien seuraajien aikana jäi matematiikan varjoon; opetusta kyllä näytään jonkin verran annetun ja tähtitieteellisiä väitöskirjojakin ilmestyi silloin tällöin.

Tosin 1700-luvulla Keplerin ja Newtonin mullistavat keksinnöt herättävät täälläkin vilkkaampaa mielenkiintoa tähtitieteeseen; niiden vaikutuksesta tehdään myös näihin aikoihin selvä pesäero tähtitieteen ja astrologian välille. Mutta enemmän näyttää vilkastuttaneen tähtitieteellistä harrastusta pari merkittävää kotimaista tapahtumaa tällä alalla: maailmankuulu Maupertuisin astemittaus Tornionjoen laaksossa v. 1736—1737 sekä erikoisen *maanmittauskomission perustaminen* Suomeen v. 1747. Tiedämmehän, että Maupertuisin mittaus kiinnosti koko silloista oppinutta maailmaa: sen ja vastaavanlaisen Perussa suoritetun mittauksen tulostenhan piti ratkaista mieliä jännittänyt kiistakysymys maan muodosta. Ne myös antoivat kvalitatiivisesti oikean tuloksen: maa oli navoiltaan litistynyt. — Suomen maanmittauskomission tehtäväksi annettiin maan kartoittaminen, ja kun ymmärrettiin, että tämä oli mahdollista tehdä vain tarkalle geodeettiselle pohjalle, asetettiin mainittuun virastoon tähtitieteen observaattori, jonka tuli suorittaa tarpeellisia tähtitieteellisiä ja trigonometrisia mittauksia sekä maan mittaustarkoituksiin että sen maantieteellisen aseman määräämiseksi. Ensimmäiseksi observaattoriksi nimitettiin v. 1748 matematiikan dosentti Jacob Gadolin, myöhemmin tunnettu tiedemies ensin fysiikan sitten teologian professorina sekä Turun piispana.


Jacob Gadolin.

Näin oli yliopistoon kuulumattomaan laitokseen sekä hankittu tähtitieteellisiä mittauskojeita että palkattu tähän tieteeseen perehtynyt henkilö. Yliopistokin tahtoi hyötyä tästä seikasta nimittämällä Gadolinin, joka edelleen hoiti matematiikan dosentin tointa, myös *yliopiston tähtitieteen observaattoriksi*, ja näin siis tähtitiede sai ensi kerran oman edustajan yliopistoon. Ja vaikka tämä paikka Gadolinin jälkeen olikin pitkän aikaa täyttämättä, niin kysymys tähtitieteen opettajan viran täyttämisestä vieläpä tähtitorninkin perustamisesta tuli silloin tällöin esille. Gadolinin astronomisgeodeettisesta toiminnasta on tärkeimpänä mainittava hänen v. 1748 aloittamansa kolmioketjun mittaaminen Turun tienoilta Ahvenanmaan kautta Ruotsin puolelle, jossa ketjussa hän myös suoritti tähtitieteellisiä leveysasteen- ja suunnan (atsimutin) määräyksiä. Tämä on ensimmäinen kotimaan miehen suorittama kolmiomittaus Suomessa; sen tulokset julkaistiin vasta v. 1895. [1] Kolmioketjun jatkoi Turusta Helsinkiin asti vuoden 1757 tienoilla Gadolinin seuraaja maanmittauskomission observaattorina J. Justander. Tämän kuoltua v. 1775 näyttää observaattorin virka varojen puutteessa tulleen lakkautetuksi.

Huomattavin tähtitieteellisen työn tekijä Gadolinin jälkeen oli hänen oppilaansa ja sitten hänen seuraajansa fysiikan professorina Anders Planman. V:sta 1758 Planman oli ollut tähtitieteen dosenttina Upsalan yliopistossa; sieltä Ruotsin

[1] Triangelmätning ifrån Åbo öfver Åland till Stacksten, förrättad af Jacob Gadolin. Uträknad af C. P. Hällström. Acta Societatis Scientiarum Fennicae. Tom. XX, N:o 2.

tiedeakatemia lähetti hänet Kajaaniin havaitsemaan vuoden 1761 Venuksen kulkua auringon pinnan yli. Tätä ilmiötähän havaittiin auringon parallaksin määräämiseksi eri puolilta maapalloa ensimmäisen kerran juuri mainittuna vuonna; seuraava Venuksen pasaasi tapahtui v. 1769, ja silloinkin Planman ollen jo Turun professorina teki siitä havaintoja Kajaanissa. Edellisellä matkallaan hän saamansa määräyksen mukaan havaitsi 14 eri paikan leveys- ja kuuden paikan pituusasteen sekä suoritti heilurihavaintoja painovoiman määräämiseksi. Kumpaakin mainituista Venuksen pasaaseista havaitsivat kaikki maailman tunnetuimmat tähtitieteilijät eri paikoista. Planmanin havainnot onnistuivat hyvin säänkin niitä suosiessa, ja hän sai niistä ansaittua tunnustusta. Oli kunniaksi Suomelle, että sen edustajana näin suuressa ja tärkeässä kansainvälisessä työssä oli Planmanin kaltainen taitava havaitsija ja oppinut tiedemies. Hän itsekin johti omistaan ja toisten havainnoista auringon parallaksin saaden kuitenkin hiukan liian pienen arvon. Planman julkaisi useita sekä teoreettisia että havaintotuloksiin perustuvia tutkimuksia, jotka pääasiassa koskettelivat Venuksen ylikulkuun liittyviä kysymyksiä.

Auringon parallaksin määrääminen olikin näihin aikoihin keskeinen kysymys tähtitieteessä juuri noiden vuosina 1761 ja 1769 sattuneiden Venuksen pasaasien ansiosta, ja monet tähtitieteilijät sekä ulkomailla että Suomessa tutkivat tätä tehtävää. Niinpä useimmat Planmanin aikalaisen ja ystävän A. J. Lexellin ensimmäisistä julkaisuista käsittelevät juuri mainittua aihetta. Tämä etevä mies oli nimitetty matematiikan dosentiksi Turun yliopistoon v. 1763 ja hoiti tätä tointa vuoteen 1768, jolloin hän siirtyi Pietariin Venäjän tiedeakatemian palkkaamaksi astronomiksi. Lexell tahtoi nimittäin päästä läheiseen kosketukseen Pietarissa olevan kuuluisan matemaatikon Eulerin kanssa, joka hänelle toimittikin mainitun astronomin paikan. Eulerin kuoltua v. 1783 Lexell kutsuttiin hänen seuraajakseen akateemikkona.

Lexell oli aikansa suurimpia tähtitieteen tutkijoita; mm. hän keksi pyrstötähden, joka saikin nimen Lexellin pyrstötähti. Valitettavasti L:n toiminta Suomessa jäi lyhytaikaiseksi. Hänet nimitettiin kyllä v. 1775 matematiikan professoriksi Turkuun, mutta hän nautti virkavapautta, kunnes v. 1780 erosi tästä toimestaan.


G. G. Hällström.

Matematiikan professoriksi Lexellin jälkeen tuli J. H. Lindqvist, etevä matemaatikko, joka on julkaissut myös teoreettisia tutkielmia tähtitieteen alalta. Mutta erikoisen maininnan tähtitieteelliseltä kannalta ansaitsee Planmanin seuraaja fysiikan professorina G. G. Hällström (professorina v. 1801—1844), sillä hän peri viran mukana edeltäjältään myös innon edistää tähtitieteen opintoja ja harrastusta yliopistossa. Alkuvuosinaan hän itsekin kirjoitti tähtitieteellisiä tutkimuksia mm. auringon ja kuun pimennyksistä, mutta erikoistui myöhemmin kokonaan varsinaiseen alaansa fysiikkaan. Tästä huolimatta hänellä riitti innostusta ja energiaa aina ja kaikin tavoin toimia tähtitieteen opetuksen hyväksi yliopistossa, ja suurelta osalta hänen ansiotaan onkin se valtava edistys, minkä näemme tällä alalla hänen aikanaan tapahtuneen.

Ensimmäinen yritys oman *tähtitornin aikaansaamiseksi* yliopistoon tehtiin jo v. 1775, jolloin kuningas Kustaa III:n käydessä Turussa konsistori teki ehdotuksen asiassa. Varojen puutteessa ehdotus kuitenkin sillä kertaa hylättiin eikä tähtitieteen observaattorin tointakaan, kuten edellä on jo mainittu, katsottu enää voitavan täyttää. Yhtä huonolla menestyksellä konsistori anoi tähtitornin rakentamista ja tähtitieteen professorinviran perustamista keisari Aleksanteri I:ltä v. 1809. Mutta kun keisarin kielteisessä päätöksessä viitattiin mahdollisuuteen, että asia myöhemmin voisi saada myönteisen ratkaisun, Hällström piti hänelle ominaisella sitkeydellä ja innolla konsistoria lämpimänä tälle asialle vainuten sopivaa tilaisuutta uudelle esitykselle. Sellainen sattuikin jo kolmen vuoden kuluttua, kun keisarin käydessä Turussa hänen seurassaan tullut yliopiston kansleri, kreivi KUSTAA MAURI ARMFELT otti osaa konsistorin kokoukseen elokuussa 1812. Kokouksessa hänelle selvitettiin, kuinka tärkeä tähtitornin aikaansaanti olisi tähtitieteen opetukselle ja kuinka mainiosti sopisi ryhtyä sen rakentamiseen lähiaikoina, kun yliopiston päärakennus oli valmistumassa, joten siitä jäljelle jääviä rakennusaineita ja ennen kaikkea siitä vapautuvaa ammattitaitoista työväkeä voitaisiin siirtää tähtitornin työmaalle. Kansleri ilmoitti ymmärtävänsä asian tärkeyden ja kehoitti konsistoria jättämään asiasta yksityiskohtaisen anomuksen, joka sitten johtikin myönteiseen tulokseen. Tähtitorni rakennettiin v. 1818—1819 Turun Vartiovuorelle kuuluisan arkkitehti ENGELin piirustusten mukaan.

Kun tähtitornin rakentamispäätös oli saatu aikaan, arveli Hällström aivan oikein, että tähtitorni ilman havaintokoneita olisi koko lailla hyödytön, ja sellaisia koneita yliopistolla ei ollut nimeksikään, jokunen kaukoputki vain. Gadolin ja Justander olivat tehneet havaintonsa maanmittauskomission teodoliiteilla ja Planmanin käytettävänä oli ollut Ruotsin tiedeakatemian koneita. Lähtien TYKO BRAHEn väitteestä, että tähtitornissa pitää olla »aut nulla instrumenta aut maxima», joko suurimpia koneita tai ei mitään, Hällström laati ja ajoi läpi laajan koneiden hankkimisehdotuksen, jonka mukaan oli tilattava parhaita silloin saatavissa olevia koneita. Tilattujen koneiden kelpoisuutta todistaa se seikka, että tärkeimmät niistä, suuri pasaasikone, meridiaaniympyrä neljine lukemamikroskooppeineen ja refraktori ovat vielä tänä päivänä käytännössä Helsingin tähtitornissa.

Mutta kuollut on tähtitorni, vaikka siinä olisi hyviäkin koneita, ellei siellä ole niiden käyttäjää, havaitsijaa. Tämänkin Hällström keksi ja kehitti omien oppilaittensa joukosta, ja on heti sanottava, että valitessaan tähän tarkoitukseen H. J. WALBECKin hän osoitti omaavansa tarkan tieteellisen vaiston ja hyvän oppilaittensa tuntemuksen.

Walbeck oli syntynyt Turussa v. 1793, tullut ylioppilaaksi v. 1808, väitteli maisteriksi v. 1815 ja sovelletun matematiikan dosentiksi vielä samana vuonna.


H. J. Walbeck.

Kumpikin väitöskirja oli aiheeltaan tähtitieteellinen. Seuraavinakin vuosina hän oli ahkerasti tähtitieteellisten kysymysten kimpussa, ja hänet nimitettiin v. 1817, siis vähän ennen kuin tähtitornia ruvettiin rakentamaan, tähtitieteen observaattoriksi — tähän aikaan sen vuoksi, että hän saattaisi huolehtia tähtitornin tarkoituksenmukaisuudesta. Rakennusaikana Walbeck jatkaa innolla ja antaumuksella tähtitieteellistä tutkimustyötänsä. V. 1819 hän julkaisee teoksen, joka yhdellä iskulla tekee hänet tunnetuksi maamme rajojen ulkopuolellakin: »De forma et magnitudine Telluris ex dimensis arcubus meridiani definiendis» (Maan muodon ja koon määrääminen meridiaani-astemittauksista). Tässä teoksessaan Walbeck ensimmäisenä soveltaen näin suureen tehtävään GAUSSin ja LEGENDREn äsken keksimää pienimmän neliösumman keinoa johtaa maan muodon ja koon viidestä silloin tunnetusta meridiaani-astemittauksesta saaden tulokseksi maan dimensiot, jotka vain hyvin vähän eroavat nykyään parhaina pidetyistä (hän sai litistymisen arvoksi $^{1}/_{303}$; nykyään pidetään parhaana $^{1}/_{297}$). Näitä Walbeckin maandimensioita käytettiinkin sitten kauan geodeettisten laskujen perustana.

Mainitun teoksensa avulla Walbeck tutustui silloiseen Tarton yliopiston tähtitieteen professoriin W. STRUVEen. Tämä astronomi, josta myöhemmin tuli kuuluisan Pulkovan tähtitornin johtaja, oli suunnitellut astemittausta varten pitkän kolmioketjun nykyiseen Viroon ja Latviaan ja saatuaan Walbeckin äsken mainitun teoksen ehdotti hänelle lähettämässään kiitoskirjeessä, että hän ottaisi jatkaakseen kolmioketjua Suomenlahden yli ja edelleen Suomen läpi, jolloin siitä tulisi maailman pisin astemittaus (niinkuin siitä myöhemmin tulikin, kun se ulottui Mustalta mereltä Jäämeren rantaan, ns. venäläis-skandinaavinen astemittaus). Walbeck innostui heti asiaan ja käyttikin sitten kesät 1819, 1821 ja 1822 Suomen, etupäässä Etelä-Suomen maaston tutkimiseen tätä tarkoitusta silmälläpitäen, osaksi yhdessä Struven kanssa. Keväällä 1820 Walbeck matkusti yliopiston puolesta vuoden kestävälle opintomatkalle Eurooppaan tutustuakseen tähtitornien sisustamiseen ja tähtitieteellisiin havaintoihin sekä valvoakseen tilattujen koneiden valmistamista. Paluumatkallaan hän mm. viipyi pitkähkön ajan Königsbergin tähtitornissa kuuluisan astronomin BESSELin opissa sekä Tartossa Struven luona.

Olemme nähneet, miten Turun yliopistoon oli lopultakin monien vaiheiden ja ponnistusten jälkeen saatu luoduksi aivan toisenlaiset mahdollisuudet havaitsevan tähtitieteenkin harrastamiselle kuin tähän asti oli voitu tarjota: tähtitorni oli valmistunut, suuri määrä mitä ensiluokkaisimpia havaintokoneita oli pian saapuva ja tähtitornin esimieheksi oli onnistuttu löytämään mies, jolta jo hänen ensi vuosiensa toiminta oikeutti odottamaan suurta, kunhan hän vain pääsisi koneiden kimppuun. Mutta hänestä kohtalo oli toisin määrännyt. Lokakuun 23. p:nä 1822 levisi tyrmistyttävä tieto, että Walbeck oli tähtitornissa ampunut

Fr. W. A. Argelander.

itsensä. Epätoivoisen teon syytä ei varmasti tunneta; sanottiin, että hän oli kesällä kolmioketjun valmistelumatkoilla satuttanut päänsä saaden aivotärähdyksen, josta oli seurauksena ajoittainen synkkämielisyys. Tiedettiin myös, että Walbeck oli käyttänyt liian runsaasti väkijuomia.

Suomen tähtitiede oli kärsinyt musertavan iskun; ei ollut maassamme toista miestä, joka olisi ollut pätevä tähtitornin esimieheksi. Mutta silloin ilmestyi tätä paikkaa hakemaan Königsbergistä nuori, mutta jo eteväksi ja innostuneeksi tähtitieteilijäksi tunnettu mies: FR. W. A. ARGELANDER.

Friedrich Wilhelm August Argelander oli tähän aikaan astronomi Besselin assistenttina Königsbergin tähtitornissa. Hän oli syntynyt v. 1799 Memelissä ja kuului alkuaan suomalaiseen sukuun. Hänen isoisänsä oli nimittäin syntyään suomalainen, kotoisin Pernajasta, mutta muuttanut Tilsitiin. Täältä hänen poikansa, astronomi Argelanderin isä siirtyi Memeliin, missä hän toimi kauppiaana. Fr. W. A. Argelander tuli ylioppilaaksi 1817 ja ryhtyi aluksi opiskelemaan lakitiedettä, mutta Besselin kehoituksesta siirtyikin tähtitieteeseen. Hän innostui heti varsinkin tähtitieteellisiin havaintoihin ja laskuihin, otettiin assistentiksi Königsbergin tähtitorniin v. 1820, väitteli tohtoriksi v. 1822 ja sai nimityksen dosentiksi vielä samana vuonna.

Luultavaa on, että Hällström oli yksityisesti tiedustellut Besseliltä sopivaa seuraajaa Walbeckille, jonka Bessel oli tullut tuntemaan hänen viipyessään Königsbergissä v. 1820. Ehkäpä Argelanderkin oli tällöin tutustunut Walbeckiin ja saanut kuulla Turun uudesta tähtitornista. Joka tapauksessa Argelander Besselin kehoituksesta haki Turun paikkaa liittäen hakemukseensa myös W. Struven suosituksen. Kun hän sitä paitsi oli ainoa hakija, nimitettiin hänet huhtikuussa 1823 observaattoriksi Turun yliopistoon; saman vuoden elokuussa hän saapui Turkuun ja aloitti sitten niin satoisaksi muodostuvan toimintansa.

Tietysti Argelander heti alusta alkaen joutui antamaan opetusta aineensa eri aloilta: pallotähtitieteestä, tähtitieteellisistä paikanmääräyksistä, pimennyksistä, pyrstö- ja kiertotähtien radanmääräyksistä jne. Yhdessä vuodessa hän oppi ruotsinkielenkin, jolla hän siis sitten saattoi pitää luentonsa ja antaa muun opetuksensa. Mutta hänen tärkeimmäksi tehtäväkseen ensimmäisinä vuosina tuli tietenkin uuden tähtitornin järjestäminen sekä saapuneiden ja saapuvien koneiden asentaminen. Tämä työ vei suhteellisen pitkän ajan ja oli hankalaa sen vuoksi, että valmis torni ei ollut kaikissa suhteissa läheskään sopiva koneita varten, joten muutoksia oli tehtävä. Sitä paitsi koneet saapuivat yksitellen useampien vuosien kuluessa, nehän oli tilattukin useasta eri paikasta.

Heti kun ensimmäinen tärkeimmistä havaintokoneista, LIEBHERRin valmistama repetitiolaitteinen vertikaaliympyrä oli v. 1824 saapunut, Argelander aloitti sillä laajan, yli vuoden kestävän havaintosarjan tähtitornin leveysasteen ja

perus- (fundamentaali-)tähtien deklinaatioiden määräämiseksi. Alusta alkaen hän otti työnsä tieteellisen perusteellisesti; niinpä hän laati havainto-ohjelmansa sellaiseksi, että hän saattoi omista havainnoistaan johtaa myös ilman refraktiokertoimen Turussa, mitä varten hän erikoisesti havaitsi napaympäristötähtiä kummassakin kulminaatiossa. Niinikään hän järjesti havaintonsa tällä koneella, kuten myöhemmin toisillakin siten, että hän niistä sai johdetuksi ja eliminoiduksi kaikki mahdolliset konevirheet, kuten kehän jakovirheet, kaukoputken taipumisen ym. Vaikka Argelander heti tämän havaintosarjan valmistuttua v. 1825 ryhtyi tekemään toisia, hän kuitenkin laski nämä havaintonsa ja kirjoitti niiden selostuksen niin pian, että sitä voitiin ruveta painattamaan jo vuoden 1827 alussa. Selostuksen ja taulukoiden latominen oli jo loppupuolellaan, kun valtava tulipalo syysk. 4—5 p:nä 1827 hävitti suurimman osan Turkua, mm. yliopiston kirjapainon ja sen mukana Argelanderin julkaisun latomukset. Tämän johdosta julkaisu nimeltään »Observationes Aboënses» I tuli painetuksi vasta v. 1830.

Tällä välin oli suuri pasaasikone, jonka objektiivin halkaisija on 15 cm, saapunut, ja saatuaan sen asennetuksi Argelander ryhtyi maaliskuussa v. 1826 havaitsemaan sillä pääasiassa niiden perustähtien rektaskensioita, joiden deklinaatiot hän oli vertikaaliympyrällä havainnut. Sen ohella Argelander erikoisesti mainitsee järjestäneensä tämän havaintosarjan saadakseen selville koneen viat ja edut, sillä pitkän havaintosarjan kuluessa oppii koneen ominaisuudet paremmin tuntemaan kuin lyhyessä tutkimuksessa. Samanlaisen tutkimussarjan hän järjesti myös seuraavaksi kuntoon saamallaan suurella koneella, meridiaaniympyrällä, jolla hän alkoi tehdä havaintoja v. 1827. Tämän neljä vuotta kestäneen työn päätarkoituksena oli laajentaa perustähtien deklinaatioiden ja rektaskensioiden havaitsemista, varsinkin sellaisten perustähtien, joilla huomattiin olevan suuren ominaisliikkeen.

Vuosien 1826 ja 1827 havainnot on julkaistu teoksessa »Observationes Aboënses» II. Tässä julkaisussa näkyy merkintä, joka onneksi on harvinainen tähtitieteellisessä havaintopäiväkirjassa. Syyskuun 4. p:nä heti klo 9 illalla lopetettujen havaintojen jälkeen on nim. kirjoitettu: »Hic observationes terribili illo interceptae sunt incendio, quod totam fere urbem ad cinceres reduxit, observatorium vero, gratiae habeantur Deo O. M., salvum intactumque reliquit» (nämä havainnot keskeytti tulipalo, joka pani tuhaksi melkein koko kaupungin, mutta Jumalan kiitos jätti tähtitornin koskemattomaksi). Tähtitornin erillinen ja suojattu asema puita kasvavalla vuorella esti sen joutumasta tulen saaliiksi, vaikkakin Argelander sai vahtimestarinsa kanssa tehdä täyden työn sammuttaakseen kuumuudesta jo syttyneen lautakaton ja siten pelastaakseen rakennuksen kalliine konekokoelmineen. Muut yliopiston rakennukset tuhoutuivat melkein kokonaan. Niinpä konsistori vuoden verran tämän jälkeen piti istuntonsa tähtitornissa.

Tiedämme mikä seuraus tulipalosta oli yliopistolle: keisari määräsi sen siirrettäväksi uuteen pääkaupunkiin Helsinkiin, missä se aloitti toimintansa lokakuun 1. p:nä 1828 äsken valmistuneessa senaatin talossa toimien siinä, kunnes yliopiston oma rakennus neljä vuotta myöhemmin valmistui. Kun tähtitorni oli säilynyt tulipalolta, sen rakentamisella Helsinkiin ei ollut niin kiirettä kuin yliopiston päärakennuksella, joten, vaikka päätös tähtitornin rakentamisesta Ullanlinnan vuorelle Helsinkiin tehtiin jo v. 1828, se rakennettiin — taaskin Engelin piirustusten mukaan, jotka Argelander tarkasti, vasta vv. 1831—34.

Näin ollen Argelander sai jäädä vielä muutamiksi vuosiksi Turkuun. V. 1828 hänet nimitettiin *tähtitieteen professoriksi*, joten nyt tähtitiede sai yliopistossa tasa-arvoisen aseman matematiikan ja fysiikan rinnalla. Argelander jatkoi entisellä innolla sekä havainto- että muuta tutkimustyötään. Hän painatti kolmannen osan teostaan Observationes Aboënses ja laati vielä neljännen ja viidennen osan, mutta niitä ei ole julkaistu. Sen sijaan hän kokosi kaikki meridiaanikoneella tekemänsä tähtipositiohavainnot yhteen ja julkaisi nimellä »DLX Stellarum Fixarum Positiones Mediae ineunte anno 1830» (560 kiintotähden keskipaikat vuoden 1830 alkaessa), jota kuuluisaa ja paljon käytettyä teosta tavallisesti nimitetään lyhyesti »Catalogus Aboënsis», Turun katalogi. Tässäkin kiinnitettiin erikoista huomiota niihin kiintotähtiin, joilla on huomattava ominaisliike. Kun siinä julkaistut tulokset perustuivat paremmalla koneella tehtyihin havaintoihin kuin vastaavanlaiset sitä ennen, ja olivat siis tarkempia, teos herätti yleistä huomiota ja arvonantoa kohottaen tekijänsä ensimmäisten havaitsevien astronomien joukkoon.

Edelleen Argelander Turussa ollessaan otti osaa erääseen kansainväliseen havaintotyöhön. Kun tahdottiin saada kartalle merkityiksi kaikkien niiden yhdeksättä suuruusluokkaa kirkkaampien tähtien asemat, jotka ovat 15° taivaan ekvaattorin kummallekin puolelle ulottuvassa vyössä, jaettiin niiden havaitseminen 24:lle havaitsijalle, 1 rektaskensiotunti kullekin. Argelander havaitsi ne tähdet, joiden rektaskensiot ovat $22^h—23^h$. Tässä työssä Argelander varmaankin sai arvokkaita kokemuksia tulevaa suurtyötänsä »Bonner Durchmusterung»ia varten, ehkäpä alkusysäyksenkin siihen.

Kuten edellä olemme nähneet, Argelander asensi saapuneet havaintokoneet Turun tähtitorniin. Hän joutui ne myös siirtämään ja asentamaan Helsingin uuteen, huomattavasti suurempaan tähtitorniin vuosien 1831 ja 1834 välisenä aikana. Viimeksimainittuna vuonna hän oltuaan vuoden verran lomalla synnyinmaassaan Preussissa (tähtitornin valmistumista odotellessaan) saattoi taas aloittaa havaintonsa meridiaanikoneella. Pari vuotta myöhemmin saapui Helsinkiin Münchenistä tilattu suuri refraktori, joka pystytettiin keskitorniin ja on siellä vieläkin.

Pääkaupungin ja tähtitornin siirtäminen Helsinkiin aiheutti muutoksia myös almanakan julkaisemiseen. Tähän asti se oli laskettu Turun horisontin mukaan, mutta vuodesta 1833 alkaen se lasketaan sekä Helsingin että Oulun horisontin mukaan; edellinen päätettiin julkaista sekä suomen- että ruotsinkielisenä, jälkimmäinen vain suomeksi. Tiedämme, että näin tapahtuu yhä edelleen.

Helsingissä ollessaan Argelander julkaisi vielä erään suurta huomiota herättäneen tutkimuksen, joka koskee aurinkokuntamme liikettä kiintotähtien joukossa. Jo ennen hänen tutkimustaan eräät astronomit olivat olleet huomaavinaan tähtien ominaisliikkeissä säännöllisyyttä, jonka he arvelivat johtuvan siitä, että aurinkokuntamme liikkuisi erästä pistettä kohti kiintotähtien joukossa. Silloinhan edessäpäin olevat tähdet näyttäisivät säteettäisesti hajaantuvan tuosta pisteestä, ns. apexista ja päinvastaisella suunnalla takanapäin samoin kokoontuvan ns. vertex-pistettä kohti. Ominaisliikemääräykset olivat kuitenkin tähän asti olleet liian epätarkkoja ilmiön varmentamiseksi, kun taas Argelanderin Turun katalogissa ne olivat siksi luotettavia, että hän niiden nojalla katsoi voivansa väittää tällaisen liikkeen varmasti olevan olemassa. Hän määräsi myös apexin paikan, joka ei paljoa eroa myöhemmin suuremmasta havaintoaineistosta tehdyistä määräyksistä.

Tämä tutkimus jäi Argelanderin viimeiseksi Suomessa. Hän oli saavuttanut jo niin suuren arvonannon, että hänet kutsuttiin takaisin synnyinmaahansa Bonnin vasta perustetun tähtitornin johtajaksi, jossa toimessa hän pysyi kuolemaansa asti v. 1875. Siellä hän jatkoi yhä suuremmalla menestyksellä niin loistavasti aloittamaansa tähtitieteellistä ja opetustoimintaa. Hänen tärkein työnsä on jo edellä mainittu valtava Bonner Durchmusterung, pohjoisen taivaanpuoliskon kaikkien $9\,{}^1/_2$ suuruusluokkaa kirkkaampien tähtien merkitseminen ja kartoittaminen.

Olemme edellisessä suppeassa esityksessä nähneet, miten suomalainen tähtitieteen viljely vaatimattomasta alustansa vähitellen kehittyi. Alkuaikoina se olosuhteiden pakosta käsitti joko kokonaan teoreettisia tai toisten havaintotuloksiin perustuvia enemmän tai vähemmän satunnaisia matematiikan ja fysiikan tutkijain suorittamia tutkimuksia. Sitten saatiin tähtitieteelle oma, joskin aluksi vaatimaton edustaja yliopistoon, observaattori, ja kun yliopisto vielä 19. vuosisadan alussa sai tähtitornin siihen kuuluvine havaintokoneineen, työ suuntautui Argelanderin aikana omiin havaintoihin perustuvaksi kohoten samalla kansainväliselle tasolle, jolla se sitten on pysynyt todistaen omalta osaltaan, että Suomen kansa ansaitsee sivistyskansan arvon.

IKUINEN KALENTERI.

Kirj. V. A. HEISKANEN.

Viime vuosina on paljon puhuttu ajanlaskun uudistuksesta ja työskennelty sen aikaansaamiseksi. On toiminut ja toimii yhä edelleen kansainvälisiä liittoja asian edistämiseksi. Ulkoasiainministeriöitten kautta on tiedusteltu eri maitten tieteellisten laitosten ja taloudellisten yhtymäin mielipidettä. Vaikka lehdet ovat kertoneet, että Kansainliitto on hylännyt tällä kertaa ajanlaskun uudistukset, niin on kysymys ajanlaskusta eli kalenterista sinänsä ja sen uudistuspyrkimyksistä siksi mielenkiintoinen, että on paikallaan siitä puhua tässä Ursan julkaisussa.

Aikaa mitataan vuorokaudella ja sen osilla sekä viikolla, kuukaudella ja vuodella. Näistä ovat vuorokausi ja vuosi tärkeimmät. Sen mukaan lasketaanko vuoden pituus kuun vai auringon liikkeiden vai molempien liikkeiden mukaan, erotetaan *kuuvuosi, aurinkovuosi* ja yhdistetty *kuu-aurinkovuosi*. Tämän mukaisesti puhutaan kuukalenterista, aurinkokalenterista ja yhdistetystä kuu-aurinkokalenterista.

Aika uusikuusta uusikuuhun eli *synodinen kuukausi* on 29.53059 päivää, eli pyöreästi 29 $^1/_2$ vuorokautta. Kun tällaisia kuukausia otetaan vuoteen 12, joissa on peräkkäin 29 ja 30 päivää, niin saadaan 354 päivää eli *kuuvuosi*. Kun todellisen vuoden pituus on 365.24220 eli pyöreästi 365 $^1/_4$ vuorokautta, äsken määritelty kuuvuosi on yli 11 päivää liian lyhyt ja sen mukaan mitattu kalenteri edistää auringon kiertoaikaan ja siten vuodenaikojen suhteen vuodessa yli 11 päivää.

Tämän epäkohdan korjaamiseksi on niissä maissa, joissa kuukalenteri on ollut käytännössä lisätty joka toiseen vuoteen erikoinen karkauskuukausi, jonka pituus on ollut 22 tai 23 päivää.

Puhtaassa aurinkokalenterissa mitataan vuoden pituus yksinomaan auringon kiertoajan ja vuodenaikojen vaihtelun mukaan. Vuoden pituus on sama kuin auringon kiertoaika eli 365.24220 päivää, ja se jaetaan kuukausiin kuun liikkeistä riippumatta.

Yhdistetyssä kuuaurinkokalenterissa sellaisena kuin sitä vanhalla ajalla käytettiin *Itämailla* ja *Kreikassa* lasketaan vuoden pituus auringon, mutta kuukaudet kuun liikkeiden mukaan. Kreikkalainen METON huomasi 5. vuosisadalla e. Kr., että 19 aurinkovuotta (6 939.6018 päivää) on miltei täsmälleen yhtä pitkä kuin 235 synodista kuukautta (6 939.6887 päivää). Tätä jaksoa sanotaan *Metonin jaksoksi* ja nykyäänkin vielä joskus esiintyvällä ns. kultaisella luvulla tarkoitetaan, kuinka mones Metonin jakson vuosi kysymyksessäoleva vuosi on. Tämän jakson mukaisesti pidettiin 19 vuoden aikana 12 kaksitoistakuukautista ja 7 kolmetoistakuukautista vuotta, joten ajanlasku pysyi tasoissa vuodenaikojen vaihtelujen kanssa. Tätä ajanlaskua, joka on sangen epämukava sen takia, että vuoden pituus heilahtelee kovin paljon, ollen välistä 354, välistä 384 päivää, käytetään vieläkin Mooseksen uskoisten kansojen keskuudessa.

Jos tarkastelemme eri maiden ajanlaskuja, kiintyy ensin huomiomme *intialaisten kalenteriin*. Se on tavallinen aurinko-kuukalenteri, mutta siinä on otettu käytäntöön intialaisten hengen mukaisesti hyvin pitkiä ajanjaksoja, joista seuraavat ovat tärkeimmät:

	Aamu-hämärä	Aikakausi	Ilta-hämärä	Summa
Kultainen aikakausi	144 000	1 440 000	144 000	1 728 000 vuotta
Hopeinen aikakausi	108 000	1 080 000	108 000	1 296 000 »
Messinkinen aikakausi	72 000	720 000	72 000	864 000 »
Rautainen aikakausi	36 000	360 000	36 000	432 000 »

Summa = Suuri aikakausi = Mahâyuga = 4 320 000 vuotta

71 Suurta aikakautta muodostaa	306 720 000	vuotta
Iltahämärä lisäksi	1 728 000	»
Summa = Manvantara =	308 448 000	vuotta
Aamuhämärä	1 728 000	vuotta
14 Manvantaraa	4 318 272 000	»
Summa = Kalpa =	4 320 000 000	vuotta

Kalpa on yhtäpitkä kuin Brahman päivä ja hänen yönsä on yhtä pitkä, ja koska hänen elämänsä kestää 100 vuotta, niin on

Brahman ikä = 311 040 000 000 000 vuotta

eli 311 bilj. 40 000 milj. vuotta, mikä taas on yhtä pitkä kuin Sivan silmänräpäys.

Nykyään on Brahman elämä puolivälissä menossa ja me elämme siis Brahman elämän toista puoliskoa, sen ensimmäistä Kalpaa, sen seitsemättä Manvantaraa, sen 28. Suurta aikakautta ja sen Rautaista aikakautta, joka alkoi helmikuun 16. p:nä 3 102 e. Kr.

Jätämme nyt Sivan räpyttelemään silmiään ja siirrymme tarkastelemaan amerikkalaisen *Maya-kansan* kalenteria, joka on paljon parempi kuin esim. kreikkalaisten ja roomalaisten. Heidän vuodessaan on 360 päivää. Se on jaettu 12 kuukauteen, kussakin 30 päivää ja myöhemmin 18 kuukauteen, kussakin 20 päivää. Lisäksi otettiin karkauspäiviä, niin että vuoden todellinen pituus oli tarkemmin auringon liikkeiden mukainen kuin esim. meidän nykyinen ajanlaskumme, puhumattakaan aikaisemmasta juliaanisesta ajanlaskusta.

Vanhat *egyptiläiset* käyttivät jo paljon ennen meidän ajanlaskuamme aurinkovuotta ja *aurinkokalenteria*. Heidän vuotensa alkoi silloin, kun taivaan kirkkain kiintotähti, Sirius, ensi kerran näkyi Niilin tulvan jälkeen. Vuodessa oli 12 kuukautta, kussakin 30 päivää eli yhteensä 360 päivää, johon lisättiin kolmena vuotena peräkkäin 5 lisäpäivää ja joka neljäs vuosi 6 lisäpäivää eli *epagomenit*. Täten tuli vuoden pituudeksi 365.25 päivää. Tässä suhteessa osoittivat egyptiläiset olevansa kehittyneemmällä kannalla kuin esim. kreikkalaiset, joiden kalenterivuoden pituus ei ollut läheskään yhtä lähellä todellisen vuoden pituutta.

Egyptiläisten kalenteriin nojautui JULIUS CAESAR, kun hän v. 708 Rooman perustamisen jälkeen eli v. 46 e. Kr. ryhtyi parantamaan täysin sekasotkuun mennyttä roomalaista ajanlaskua käyttäen apunaan egyptiläistä oppinutta SOSIGENEStä. Aikaisemmin roomalaiset käyttivät aurinko-kuuvuotta, jossa oli 7 kuukautta à 29 päivää ja 4 kuukautta à 31 päivää sekä viimeinen kuukausi (Februarius) à 28 päivää, joten vuoden pituus oli vain 355 päivää. Saadakseen kalenterin sopusointuun vuodenaikojen vaihtelun kanssa vanhat roomalaiset lisäsivät joka toisena vuotena helmikuuhun erikoisen lyhyen *karkauskuukauden* (Mercedonius), jossa oli 22 tai 23 päivää. Mutta kun jäi papiston mielivallasta riippuvaksi määrätä, milloin karkausvuotta vietettiin, ajanlasku oli tosiaankin aivan täysin sekaisin.

Julius Caesar määräsi, että vuoteen 708 (46 e. Kr.) on lisättävä ei ainoastaan Mercedonius à 23 päivää, vaan marras- ja joulukuun väliin myös *mensis intercalaris prior* à 29 päivää sekä *mensis intercalaris posterior* à 31 päivää ja sitä paitsi 7 karkauspäivää, niin että saatiin vuosi, ns. sekaannuksen vuosi *(annus confusionis)*, jossa oli 444 päivää.

Tästä eteenpäin piti jokaisessa tavallisessa vuodessa olla 365 päivää ja joka neljäs vuosi pidettävässä karkausvuodessa 366 päivää. Samoin kuin aikaisemmin liitettiin erikoinen karkauskuukausi helmikuun 23. päivään, samoin liitettiin Caesarin kalenterin karkausvuotena karkauspäivä helmikuun 23. päivään, joten helmikuun 24. päivä oli ja on vieläkin karkauspäivä. Kun aikaisemmin vuosi oli alkanut maaliskuun 1. p., se siirrettiin nyt alkamaan tammikuun 1. p. Oheenliitetystä taulukosta käy ilmi, minkälainen roomalaisten kalenteri oli ennen Julius Caesaria, minkälainen hänen säätämänään ja minkälaiseksi se hänen seuraajansa AUGUSTUKSEN aikana lopullisesti muodostui.

Keisari Augustus määräsi näet, että vuoden viides kuukausi (maaliskuusta laskien) Quintilis oli saava Julius Caesarin mukaan nimen Julius, koska Julius Caesar oli syntynyt siinä kuussa. Tämän johdosta taas senaatti päätti, että seuraava kuukausi Sextilis, jossa Augustus oli saavuttanut suurimman voittonsa, oli saava nimen Augustus. Tällä tavalla nämä kaksi kesäkuukautta saivat nimet, joita vieläkin miltei kaikissa kielissä käytetään. Mutta ei käynyt laatuun, että Augustuksen kuukaudessa oli vain 30 päivää, kun kerran Juliuksen kuukaudessa oli 31 päivää. Pälkähästä päästiin siten, että helmikuusta, jossa oli vain 29 päivää, otettiin yksi pois ja siirrettiin Augustuksen kuukauteen, joten helmikuuhun

jäi vain 28 päivää ja karkausvuotena 29. Näin epäasiallisilla syillä määrätyt kuukausien pituudet ovat meillä yhä edelleen käytännössä.

Roomalaisten ajanlasku.

	Ennen Julius Caesaria	Julius Caesarin muuttamana	Augustuksen muuttamana
Martius (Maalisk.) ..	31 p.	31 p.	31 p.
Aprilis (Huhtik.)	29	30	30
Majus (Toukok.)	31	31	31
Junius (Kesäk.)	29	30	30
Quintilis (Heinäk.) ..	31	31	Julius 31
Sextilis (Elok.)	29	30	Augustus 31
September (Syysk.) ..	29	31	30
October (Lokak.)	31	30	31
November (Marrask.)	29	31	30
December (Jouluk.)	29	30	31
Januarius (Tammik.)	29 [1]	31 [2]	31 [2]
Februarius (Helmik.)	27	29(30)	28(29)
	354 p.	365(366) p.	365(366) p.
(Mercedonius	22—23 p.)		

[1] Vanhojen roomalaisten mukaan piti kuukauden keskellä olla erikoinen *keskuspäivä*, jonka kummallakin puolella oli yhtä monta päivää (15, 14 tai 13 päivää). Sen vuoksi kuukaudessa ei saanut olla 30 päivää.

[2] Tammikuu aloittaa vuoden. Kuten näemme, oli Julius Caesarin alkuperäisessä kalenterissa kuukausien pituudet vuoroin 31 ja 30 päivää, joten kalenteri oli symmetrinen. Augustuksen aikana sitten epä-asiallisista syistä siirrettiin helmikuusta yksi päivä elokuuhun ja samalla syyskuusta yksi päivä lokakuuhun ja marraskuusta yksi päivä joulukuuhun.

Koska todellisen aurinkovuoden pituus on 11 minuuttia 14 sekuntia lyhyempi kuin 365 $^1/_4$ päivää, edistää todellinen aurinkovuosi Julianiseen kalenterivuoteen verrattuna vuodessa 11 min. 14 sek., mikä tekee 128 vuodessa yhden vuorokauden. Täten *juliaaninen ajanlasku* jää vuodenajoista jälkeen 400 vuodessa 3 päivää. Tämä epäkohta huomattiin jo keskiajalla ja tähtitieteilijä REGIOMONTANUS sai tehtäväkseen kalenterin uudistuksen, mutta kuoli ennättämättä sitä suorittaa. Kun sitten *Tridentin* kirkolliskokouksessa 1500-luvun puolivälissä jätettiin paavin tehtäväksi saada aikaan kalenteriuudistus, syntyi 1582 *uusi ajanlasku, ns. gregoriaaninen kalenteri*, jonka laativat veljekset LUIGI ja ANTONIO LILIO.

Paavi GREGORIUS XIII antoi maaliskuun 1. p:nä v. 1582 bullan, jossa määrättiin siirtymään lokakuun 4. päivästä suoraan lokakuun 15. päivään, koska näet ajanlasku oli jo jäänyt 10 päivää jälkeen. Tulevaisuutta varten säädettiin seuraavaa:

Tavallisessa vuodessa on 365 päivää. Jokainen vuosi, jonka vuosiluku on tasanjaollinen neljällä, on karkausvuosi (siis esim. vuodet 1932, 1936, 1940, 1944), joissa on 366 päivää. Poikkeuksen tekevät ne 100-luvut, joissa itse sataluku ei ole tasanjaollinen neljällä, jotka eivät ole karkausvuosia, vaikka tietenkin jokainen sataan päättyvä luku on tasanjaollinen neljällä. Tämän lisämääräyksen takia, joka *erottaa uuden ajanlaskun juliaanisesta ajanlaskusta*, eivät siis esim. vv. 1800 ja 1900 olleet karkausvuosia, mutta v. 2 000 on, koska 20 on tasanjaollinen neljällä.

Koska 10 000 vuodessa on 100 vuosisataa, joista $^3/_4$ ei ole tasanjaollisia neljällä, on siis gregoriaanisessa ajanlaskussa 10 000 vuoden kuluessa 75 karkauspäivää vähemmän kuin juliaanisessa ajanlaskussa. Saamme seuraavan yhteenvedon:

10 000 todellista aurinkovuotta	=	3 652 422 päivää.
10 000 juliaanista vuotta	=	3 652 500 päivää.
10 000 gregoriaanista vuotta	=	3 652 425 päivää.

Täten uusi ajanlasku eroaa 10 000 vuoden kuluessa auringon liikkeestä ainoastaan 3 päivää. Kun siis aina n. 3 300 vuoden kuluttua yksi karkauspäivä jätetään pois, ajanlaskumme pysyy jatkuvasti »ajan tasalla».

Gregoriaaninen ajanlasku otettiin heti käytäntöön Espanjassa, Portugalissa ja Italiassa, 1583 Sveitsissä, 1584 katolisessa Saksassa, 1586 Puolassa, 1587 Unkarissa, mutta Preussissa vasta v. 1700, Ruotsissa ja Suomessa v. 1753 ja Venäjällä vasta v. 1919 ja Turkissa v. 1925.

Tähtitieteellisesti ei gregoriaanisen ajanlaskun vuoden pituutta vastaan ole mitään muistuttamista, joten ajanlaskun uudistukset eivät ensisijassa kiinnosta tähtitieteilijöitä. Mutta ajanlaskuamme vastaan voidaan esittää eräitä muita olennaisia ja sangen painavia muistutuksia, jotka johtuvat seuraavista syistä:

1) kuukausien pituudet ovat erilaisia (28, 29, 30 ja 31 päivää),
2) vuosineljännekset ovat pituudeltaan erilaisia (90, 91, 92 ja 92 päivää),
3) vuoden pituus ja kuukausien pituudet eivät ole helmikuuta lukuunottamatta tasanjaollisia viikon pituudella, 7 päivällä, josta johtuu, että eri vuosina ja eri kuukausina samat kuukauden päivät sattuvat viikon eri päiville,
4) pääsiäinen ja siitä riippuvat kirkolliset juhlapäivät vietetään eri vuosina aivan eri aikoina, niin että pääsiäinen voi joskus olla jo maaliskuun 22. päivänä, joskus vasta huhtikuun 25. päivänä.

Puhuessamme lähemmin näistä epäkohdista aloitamme viimeisestä. *Nicean* kirkolliskokouksessa v. 325 j. Kr. säädettiin, että *pääsiäinen on oleva ensimmäisenä sunnuntaina kevätpäivän tasausta seuraavan täysikuun jälkeen*, jota määräystä noudatetaan vieläkin. Jos sattuu niin, että kevätpäivän tasaus on lauantaina ja heti sen jälkeen täysikuu, pääsiäinen voi olla jo maaliskuun 22. päivänä, jos taas kevätpäivän tasaus on sunnuntaina ja uusikuu on ollut juuri sitä ennen, niin kestää 29 $^1/_2$ päivää, ennen kuin on seuraava täysikuu, jonka jälkeisenä sunnuntaina pääsiäinen vasta voi olla, epäedullisimmassa tapauksessa vasta huhtikuun 25. päivänä. Niinpä esim. v. 1935 oli pääsiäinen huhtikuun 21. päivänä, 1936 huhtikuun 12. p:nä, 1937 maaliskuun 28. p:nä, 1938 huhtikuun 17. p:nä ja

on 1939 huhtikuun 9. p:nä ja 1940 maaliskuun 24. p:nä, jne. esim. v. 1943 huhtikuun 25. p:nä, kun se esim. v. 1818 oli maaliskuun 22. päivänä. On selvää, että tällainen tärkeiden kirkollisten pyhien heilahtelu jopa 35 päivän verran on epämukavaa.

Kuukauden ja päivän välissä on lyhyempi ajanmitta, nim. *viikko*, jolla on jokapäiväisessä elämässä sangen suuri merkitys. Roomalaisten viikko (nundium) oli 8-päiväinen, mutta kristinusko otti käytäntöön juutalaisten 7-päiväisen viikon sillä erotuksella vain, että kun juutalaiset viettävät lepopäivänään, sabattina, viikon viimeistä päivää lauantaita, on kristityissä maissa viikon ensimmäinen päivä, sunnuntai viikon lepo- ja pyhäpäivä. Tällä ajanmitalla ei ole mitään tähtitieteellistä merkitystä. Sen eri päivät on pyhitetty alkujaan eri taivaankappaleille, niin että sunnuntai (☉) on auringonpäivä, maanantai (☾) kuunpäivä, tiistai (♂) Marsin päivä, keskiviikko (☿) Mercuriuksen päivä, torstai (♃) Jupiterin päivä, perjantai (♀) Venuksen päivä ja vihdoin lauantai (♄) Saturnuksen päivä. — Sulkujen sisässä ovat näiden taivaankappaleiden tähtitieteelliset merkit, jotka samalla ovat viikon päivien merkkejä.

Vuoteen mahtuu 52 viikkoa ja ylitse jää tavallisena vuotena yksi päivä ja karkausvuotena kaksi päivää, koska näet $52 \times 7 = 364$. Jos siis jonkin vuoden ensimmäinen päivä on esim. lauantai, niin myös vuoden 365. päivä on lauantai, joten seuraavan vuoden ensimmäinen päivä on sunnuntai. Täten peräkkäisten vuosien vastaavat kuukausien päivät siirtyvät yhden ja karkausvuotena kahden viikonpäivän verran eteenpäin. Esim. v. 1936 oli vuoden ensimmäinen päivä keskiviikkona, v. 1937 sen sijaan perjantaina, koska 1936 oli karkausvuosi, v. 1938 lauantaina ja v. 1939 on sunnuntaina, v. 1940 maanantaina ja, koska 1940 myös on karkausvuosi, v. 1941 keskiviikkona jne.

Koska neljä viikkoa tekee 28 päivää, myöskään kuukauden pituus tavallisen vuoden helmikuuta lukuunottamatta ei ole tasanjaollinen viikkokaudella, vaan ylitse jää 30-päiväisissä kuukausissa 2 päivää ja 31-päiväisissä kuukausissa 3 päivää, joten peräkkäisten kuukausien vastaavat päivät siirtyvät 2 tai 3 viikonpäivää eteenpäin. Täten on 1938 tammikuun 1. päivä lauantai, helmikuun 1. päivä tiistai, samoin maaliskuun 1. päivä tiistai, mutta huhtikuun 1. päivä perjantai, toukokuun 1. päivä sunnuntai, kesäkuun 1. päivä keskiviikko, heinäkuun 1. päivä perjantai, elokuun 1. päivä maanantai, syyskuun 1. päivä torstai, lokakuun 1. päivä lauantai, marraskuun 1. päivä tiistai ja vihdoin joulukuun 1. päivä torstai. On selvää, että myöskin määrätyt kirkolliset ja kansalliset merkkipäivät sattuvat eri vuosina eri viikon päiville. Siten esim. Kalevalanpäivä, helmikuun 28. päivä, oli 1936 perjantaina, 1937 sunnuntaina, 1938 maanantaina ja on 1939 tiistaina, Snellmaninpäivä, toukokuun 12. päivä, oli vastaavina vuosina, tiistaina, keskiviikkona, torstaina ja perjantaina ja Itsenäisyyspäivä, joulukuun 6. päivä, oli vastaavina vuosina sunnuntaina, maanantaina, tiistaina ja keskiviikkona.

Kuukausien erilaisista pituuksista ja niistä epäasiallisista syistä, jotka sen saivat aikaan, on jo mainittu aikaisemmin. Tästä myös johtuu, että vuosineljännekset ovat pituudeltaan erilaisia, nim. I neljänneksessä on 90 päivää, II neljänneksessä 91 päivää, III neljänneksessä 92 ja samoin viimeisessä neljänneksessä 92 päivää.

Kaikki pyrkimykset kalenterin uudistamiseksi tähtäävät siihen, että saataisiin täysin muuttumaton ajanlasku ns. *»ikuinen kalenteri»*, joka olisi kaikkina vuosina samanlainen. Tähän päästään vain siten, että tavallisessa vuodessa jätetään 1 päivä ja karkausvuotena 2 päivää varsinaisen kalenterin ulkopuolelle. On suunniteltu, että karkauspäivä siirrettäisiin vuoden loppuun ylimääräiseksi sunnuntaiksi, kuten jo roomalaisilla karkauskuukausi liitettiin vuoden *viimeiseen* kuukauteen, helmikuuhun. Toinen ylimääräinen päivä vietettäisiin kesällä ylimääräisenä sunnuntaipäivänä. Jokainen vuosi alkaisi sunnuntaina ja loppuisi lauantaina, paitsi karkausvuotena ylimääräisenä sunnuntaina.

Kalenteriuudistuksia on kaksi tyyppiä. Toisen mukaan otetaan vuoteen *13 kuukautta* (kuten vanhoilla suomalaisilla oli), kussakin kuukaudessa tasan neljä viikkoa, eli 28 päivää. Tämän kalenterin jokainen kuukausi on joka vuosi seuraavan näköinen.

Ikuinen kalenteri I.

Sunn.	Maan.	Tiist.	Keskiv.	Torst.	Perj.	Lauant.
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28

On selvää, että tämän yksinkertaisempaa ajanlaskua ei voida ajatella. Sen varjopuolena kuitenkin on, että ei voida puhua puolivuodesta eikä vuosineljänneksistä ja että tarvitaan erikoinen lisäkuukausi, joka on ajateltu liittää kesäkuun jälkeen. Tällöin myös tulisi kuukausiraporteista, palkanmaksusta ym. johtuvat konttorityöt lisääntymään n. 8 %:lla. Näiden varjopuolien takia tämä kalenteri tuskin saavuttanee yleistä kannatusta.

Toisen kalenterityypin mukaan vuosineljännekset säilytetään ja ne tehdään keskenään yhtä pitkiksi. Kuukausien pituudet ovat joko 30 tai 31 päivää siten, että kussakin kuukaudessa tulee olemaan 26 arkipäivää. Kunkin vuoden ja kunkin vuosineljänneksen kalenteri on aivan samanlainen.

Tällä kalenterilla on niin monta etua nykyiseen kalenteriin verrattuna, että se todennäköisesti ennemmin tai myöhemmin tulee käytäntöön. On kuitenkin selvää, että uuden kalenterin käytäntöönottamisesta täytyy saada kaikkien sivistysvaltojen suostumus, jotta se vastaisi tarkoitustaan.

On parempi, että säilytetään kaikissa maissa nykyinen gregoriaaninen kalenteri, kuin että muutamissa maissa otetaan käytäntöön uusi ajanlasku toisten maiden pysyessä nykyisen ajanlaskun kannalla.

Mitä pääsiäisen viettoon tulee, niin se on asia sinänsä ja se voidaan yksinkertaistaa joko yhteydessä täydellisen kalenteriuudistuksen kanssa tai erikseen.

Ikuinen kalenteri II.

I. Vuosineljännes II. Vuosineljännes III. Vuosineljännes IV. Vuosineljännes	Tammikuu Huhtikuu Heinäkuu Lokakuu	Helmikuu Toukokuu Elokuu Marraskuu	Maaliskuu Kesäkuu [1] Syyskuu Joulukuu [2]
1. Sunnuntai	1 8 15 22 29	— 5 12 19 26	— 3 10 17 24
2. Maanantai	2 9 16 23 30	— 6 13 20 27	— 4 11 18 25
3. Tiistai	3 10 17 24 31	— 7 14 21 28	— 5 12 19 26
4. Keskiviikko	4 11 18 25 —	1 8 15 22 29	— 6 13 20 27
5. Torstai	5 12 19 26 —	2 9 16 23 30	— 7 14 21 28
6. Perjantai	6 13 20 27 —	3 10 17 24 —	1 8 15 22 29
7. Lauantai	7 14 21 28 —	4 11 18 25 —	2 9 16 23 30
	31 Päivää 5 Sunnuntaita 26 Työpäivää	30 Päivää 4 Sunnuntaita 26 Työpäivää	30 Päivää 4 Sunnuntaita 26 Työpäivää

[1] Kesäkuun loppuun liitetään ylimääräinen sunnuntai, 31. päivä, keskikesän juhlapäivä.

[2] Karkausvuotena on joulukuussa 31 päivää, ja viimeinen päivä olisi ylimääräinen sunnuntai, karkauspäivä. Vuosineljänneksittäin tulee vuosi olemaan *karkausvuonna:*

$$91 + 91 + 1 + 91 + 91 + 1 = 366 \text{ p.}$$

ja tavallisena vuonna:

$$91 + 91 + 1 + 91 + 91 = 365 \text{ p.}$$

Koska nykyisellä pääsiäisenviettotavalla ei ole mitään asiallista eikä myöskään mihinkään kristinuskon tärkeään tapaukseen nojautuvaa pohjaa, luulisi ainakin tämän uudistuksen olevan helpon suorittaa. Toisessa Ikuisessa kalenterissa on ehdotettu, että pääsiäinen vietettäisiin joka vuosi uuden ajanlaskun *huhtikuun 8. p:nä*, joka on vuoden 99. päivä. Juuri tämän päivän käytäntöönottamisen puolesta väittävät eräät tähtitieteilijät puhuvan sen, että Jeesuksen ristiinnaulitseminen tapahtui (v. 30) vuoden 97. päivänä, kuten uuden ehdotuksen mukaan tultaisiin Pitkääperjantaita viettämään. Olipa tämän asian laita miten tahansa, joka tapauksessa yksinkertaistaminen olisi saatava aikaan, ja huhtikuun 8. päivä sopisi pääsiäisen viettoajaksi ehkä hiukan paremmin kuin huhtikuun 1. tai 15. päivä, koska 8. päivä olisi juuri se vuoden kohta, jolloin nykyisen järjestelmän mukaan pääsiäinen keskimäärin sattuu.

ERÄS TEORIA JÄÄKAUDEN SYNNYSTÄ.

Kirj. E. SUCKSDORFF.

Nykyistä maailmankauttamme lähinnä edeltäneellä ns. kvartäärikaudella oli, kuten tiedämme, pitkä ajanjakso — tai luultavasti useampiakin suhteellisen lämpimien väliaikojen toisistaan erottamia kausia, — jolloin ilmastosuhteet koko maapallolla olivat huomattavasti kylmempiä kuin nykyisin. Näitten ns. *jääkausien* aikana peitti vahva mannerjäätikkö melkoisen osan maapallon sekä pohjoisen että eteläisen lauhkean vyöhykkeen alueista; vieläpä päiväntasaajan seudunkin vuoristojäätiköt olivat silloin paljon laajemmat kuin nykyisin. Meidän maamme lienee vapautunut jääkuorestaan vasta noin 10 000 vuotta sitten. Suuren jäämassan sulamisesta ja liikkeistä kertovat vieläkin lukuisat harjumme, järvemme, siirtokivilohkareemme ja kallioittemme uurteet; maanpinnan kohoamisen on myös selitetty johtuvan siitä, että jääkerroksen puristuksessa ollut maankamara nyt vähitellen laukeaa ja nousee entiselleen. Lämpimien väliaikojen, ns. interglasiaaliaikojen todistuksena taas ovat monien nykyisin vain paljon lämpimämmissä seuduissa elävien eläinten ja kasvien jätelöydöt, Huippuvuorten kivihiiliesiintymät jne.

Tällaisen suuren, koko maapallolla tuntuneen ilmastollisen luonnonmullistuksen syitä etsiessämme voivat tuskin muut kuin puhtaasti tähtitieteelliset seikat tulla kysymykseen. Sen ajatuksen, johon seuraava selitysyritys perustuu, on tietääkseni ensi kerran julkisuudessa esittänyt bremeniläinen tutkija FR. NÖLKE [1]. Koska siinä ilmenevä jääkausien primääristen syitten selitys tuntuu uskottavammalta ja luontevammalta kuin aikaisemmin julkaistut, maanpäällisiin ilmiöihin perustuvat teoriat, jätämme nämä vanhat selitykset seuraavassa huomioonottamatta.

Tähtitieteellisiin seikkoihin nojautuva teoria edellyttää, että kaikkialla maapallolla jääkaudet ovat sattuneet samanaikaisesti. Tätä ei kylläkään vielä ole todistettu. Koska kuitenkin monet arvovaltaiset geologit ovat samanaisuuden kannalla, ja koska samanaikaisuus — ainakin maallikosta geologian valtakunnassa — tuntuu uskottavimmalta, oletamme seuraavassa jääkausien kohdanneen maapalloa kokonaisuudessaan.

Voidaksemme luoda itsellemme selvän kuvan tapahtumien kulusta tämän uuden teorian mukaan, on meidän ensinnäkin muistettava, ettei meidän aurin-

[1] Fr. Nölke: *Die Ursache der Eiszeit.* Meteorologische Zeitschrift 54, s. 34

Pimeitä ja loistavia tähtisumuja Orionin tähdistössä.

Pimeä tähtisumu Etelänristin läheisyydessä.

Sumuinetta Seulasissa.

komme ole levossa ympäröiviin tähtiin nähden, vaan kiitää jatkuvasti eteenpäin noin 20 kilometrin nopeudella sekunnissa. Tämä auringon oma liike, johon tietysti koko aurinkokunta ja siis maapallommekin ottaa osaa, suuntautuu Herkuleksen tähdistössä olevaa pistettä kohti, jota sanotaan *apexiksi*. Taivaankannen vastakkaista pistettä, siis sitä, josta päin auringon matka on käynyt, sanotaan *antiapexiksi*. — Nämä pisteet on saatu määrätyksi seuraavan ilmiön perusteella, jonka jokainen tuntee:

Kun esim. autolla tai junalla kulkiessamme katsomme suoraan eteenpäin, näyttävät siellä olevat esineet siirtyvän sivuillepäin; tie ikäänkuin avautuu koko ajan edessämme. Taaksepäin katsoessamme taas näyttävät esineet siirtyvän tietä kohti; maisema aivan kuin sulkeutuu perässämme. Tämä sama ilmiö toistuu tähtitaivaallakin: tähdet näyttävät liikkuvan apexista poispäin ja antiapexia kohti; mutta tähtitaivaalla tämä ilmiö vain on paljon vaikeammin todettavissa tähtien liikkeen näennäisen hitauden takia, mikä johtuu tähtien suunnattomista etäisyyksistä, ja toisekseen siitä syystä, että »kiintotähdetkin» liikkuvat seuraten omia ratojaan avaruudessa.

Toisena seikkana on otettava huomioon, että meidän paikkamme siinä suuressa tähtijärjestelmässä, linnunratajärjestelmässä, mihin aurinko kuuluu, on verraten lähellä järjestelmän tiheintä keskustaa. Täällä ovat tähtien keskinäiset välimatkat suhteellisesti pienemmät kuin järjestelmän muissa osissa, ja täällä on tähtien välinen avaruus monin paikoin täynnään väliainetta, jota sanotaan kosmilliseksi sumuksi ja jota voidaan pitää eräänlaisena sen aineen rakennusjätteenä, mistä tähdet aikojen kuluessa ovat muodostuneet. Nämä avaruuden sumupilvet saattavat olla tavattoman laajoja ja voivat kätkeä verhoonsa kokonaisia tähtiryhmiäkin. Tällaisissa kohdin, valaisevien tähtien lähimmässä ympäristössä, voimme nähdä ja valokuvata tuon sumun, mutta muissa taivaankohdissa se on näkymätöntä.

Kun nyt tunnemme nämä seikat, herää helposti kysymys, eikö aurinkokin pitkällä matkallaan avaruuden halki ole joskus voinut joutua tuollaisen sumupilvekkeen sisään. Sillä jos tämä voidaan todistaa, se riittää täydelleen jääkaudella tapahtuneen ilmastollisen mullistuksen selitykseksi. Tähtitieteellisessä mielessä puhuen jääkaudesta kulunut aika on siksi lyhyt ja auringon oma liike siksi hidas, että jääkauden sumupilvi, mikäli sellaista on olemassa, täytyisi vielä voida löytää.

Sanottakoon kohta, että sumupilvien olemassaolo antiapexin seudussa ja vain muutaman valovuoden päässä auringosta on voitu äskettäin todeta.[1] Nämä pilvekkeet ovat irrallisina avaruudessa, suhteellisen kaukana valaisevista tähdistä, joten niitä ei voida suorastaan valokuvata. Mutta niiden olemassaolo saadaan tietää seuraavasti:

Nykyisin tunnetaan jo lukuisten tähtien todelliset etäisyydet meistä; ne on saatu selville useaakin erilaatuista menettelytapaa noudattaen. Näistä tähdistä

[1] A. Corlin: *On the existence of obscuring matter in the vicinity of our solar system.* Zeitschrift für Astrophysik, *11*, s. 221.

on melkoinen joukko ns. kepheidejä, muuttuvia tähtiä, joita myös on sanottu »tähtitieteellisiksi normaalikynttilöiksi» sen vuoksi, että niiden valonvaihteluitten jakson pituuden on huomattu olevan täsmälleen suhteellinen näitten tähtien todelliseen kirkkauteen. Kun tähden todellinen kirkkaus eli valovoima ja etäisyys tunnetaan, on helppoa laskea, miten kirkkaana tämän tähden täytyy loistaa maanpäältä katsottuna. Monet tähdet täyttävätkin näin saadun ehdon, mutta on myös lukuisia tähtiä, joiden valo on huomattavasti himmeämpi kuin laskelmat edellyttäisivät. Tällöin on pakko olettaa, että tähden ja maan välissä on jotakin ainetta, sumua, joka himmentää tähdestä meille saapuvan valon. Ja antiapexin seudussa on kepheidejä, joiden valo selvästikin on himmentynyt siitä syystä, että niitten ja meidän välillä on sumumaista ainetta. Tähtien oman etäisyyden perusteella laskien saattaa tuo sumuaine olla korkeintaan muutaman valovuoden päässä meistä, ja se on siis auringon suorittaman matkan varrella.

Nyt on meidän helppoa muodostaa itsellemme kuva tuosta aurinkoa ja aurinkokuntaa kohdanneesta tapahtumasta, jonka seurauksena oli jääkausi täällä maanpäällä:

Tertiäärikaudella, sanokaamme 10 000 vuotta ennen jääkautta, olivat maan ilmastolliset olosuhteet arvatenkin suunnilleen samankaltaiset kuin ne ovat nytkin. Mutta aurinko kulki aurinkokuntineen eteenpäin avaruudessa 20 kilometrin nopeudella sekunnissa, jolloin sen tielle osui avaruudessa leijuva suunnaton sumupilvi. Niin kauan kuin tuo pilvi pysyi auringon tuolla puolen, se vain lisäsi auringon säteilyä — ja sitä enemmän, mitä lähemmäs sumupilveä tultiin, — samaten kuin ohut pilvipeite lisää auringonpaisteen määrää tai heijastava lampunvarjostin lampun kirkkautta. Niinpä ilmaston täytyi muuttua maanpäällä yhä lämpimämmäksi. Arvatenkin syntyi silloin meidänkin maahamme troopillisen rehevä kasvillisuus, ja monet lämpimämpien seutujen eläinrodut levisivät silloin tänne. Tultiin yhä lähemmäs sumupilveä, ja yhä lämpimämmäksi muuttui samalla ilmasto. — Mutta sitten yht'äkkiä tapahtui katastrofi: aurinko sukelsi sumupilven sisään. Ohutaineinen sumu ei ehkä vielä olisi varjostanut auringon säteilyä kovinkaan paljoa, mutta auringon suunnaton vetovoima keräsi ilmeisesti tavattoman taajan sumuvaipan sen ympärille, ja siitä oli seurauksena, että maanpäälle tulevan säteilyn määrä huomattavasti väheni. Tällöin täytyi lämpötilan aleta nopeasti, troopilliset metsät asujaimineen kuolivat, ja kohta lumi- ja jäävaippa peitti ennen kukoistaneet tienoot alleen. Jääkausi oli alkanut.

Mutta — samoin kuin maanpäällisetkin sumupilvet — oli ilmeisesti myös tämä taivainen pilvi repaleinen, siinä oli aukkoja ja repeämiä. Aurinko sukelsi vuosituhanten kuluttua jälleen esiin, ehkäpä välistä täyteenkin loistoonsa. Tällöin ilmastomme lämpeni taas nopeasti — ja kenties nykyistään suotuisammaksikin, kun heijastavat sumupilvekkeet edelleenkin olivat läheisyydessä. Jäätiköt sulivat, uusi rehevä kasvillisuus peitti maankamaran. Mutta sitten sukelsi aurinko jälleen sumuun, ja uusi jääkausi pääsi valtaan.

Lopuksi — kymmenen tai kaksitoista tuhatta vuotta sitten — tultiin sumupilven toiseen reunaan. Auringon ja maan välinen sumuvaippa oheni ohenemistaan, ja ilmasto rupesi lämpenemään. Jokin sumukieleke osui vieläkin väliin, pysähdyttäen jään sulamisen joksikin aikaa, vieläpä lisätenkin jään valta-alaa, mutta loppujen lopuksi aurinko saattoi kuitenkin paistaa täydeltä terältä — vieläpä lähettää säteitään entistä enemmänkin, kun takana oleva sumuvaippa vielä jonkin aikaa heijasti sen säteitä. Niinpä jäät sulivat nopeasti, ne liukuivat pitkin sulaneita kallioalustojaan meriä kohti, ja pian suurin osa Fennoskandiaa oli yhtenäisenä merenä. Jääkausi oli loppunut ja maamme kamara nousi vähitellen merestä kuiville. Ja kun sumupilveke jäi yhä kauemmas, ilmastokin muuttui vihdoin nykyiselleen.

Syvien merien pohjamudasta on tavattu selviä jätteitä aineesta, joka muistuttaa meteoriiteissä tavattavaa ja joka voidaan selittää jääkausi-sumun mukana olleen meteoriittisen aineen aiheuttamaksi. Mantereille pudonnut tällainen aine on tietysti jo aikoja sitten rapautunut tai huuhtoutunut meriin. — Mutta elollista luontoa ei tuo kosmillinen sumu sinänsä ole pystynyt hävittämään, tuskin edes vahingoittamaan, sillä sekä eläin- että kasvikuntaa on ollut olemassa jo kauan ennen jääkautta, samoin kuin sen aikana lämpimillä leveysasteilla, ja myös ihminen on ilmeisesti astunut näyttämölle jo jääkausien alkuaikoina, tertiääri- ja kvartäärikauden vaihteessa.

Tämä sumupilvi-teoria, jota sivumennen sanoen ehkä voitaisiin käyttää myöskin epäsäännöllisten muuttujien ja joittenkin »uusien» tähtien selittämiseksi, antaa luonnollisen ja helposti uskottavan kuvan jääkauden — ja myös vanhempina maailmankausina sattuneiksi oletettujen jääkausien — synnystä ja vaiheista, ja sen avulla voidaan luullakseni ainakin useimmat sen yhteydessä ilmenevät seikat luontevasti selittää. Mutta nyt herää aivan itsestään mielissämme kysymys: Onko jääkausi nyt lopullisesti sivuutettu vai kuljemmeko yhä uusia sumupilviä ja uusia jääkausia kohti? Ja meidän on pakko todeta, että apexinkin seudussa, ei kovin monen valovuoden päässä edessämme, on uusia laajoja ja vahvoja sumupilviä — kuten niitä on vähän joka puolella tässä linnunratajärjestelmän sisäosassa. Niinpä meistä nyt näyttää todennäköiseltä, että — mikäli ihmiskuntaa vielä silloin on olemassa — se joutuu uuden jääkauden tai uusien jääkausien kouriin jo paljoa aikaisemmin kuin mitkään muut tuntemamme tähtitieteelliset seikat saattavat tuhota elämän niiltä maapallon seuduilta, missä me nyt elämme.

ALMANAKKA.

Kirj. M. A. LEVANDER.

Almanakassa on tietoja auringon ja kuun liikkeistä, päivien pituuden vaihteluista, pimennyksistä ym. tähtitieteellisistä tapauksista enemmän, kuin tavallisesti luullaankaan. Teemme tärkeimmistä niistä hiukan selkoa.

Tänä vuonna meillä on käytännössä »Almanakka vuodeksi 1938 jälkeen Vapahtajamme Kristuksen syntymän, Helsingin horisontin mukaan», mikä merkitsee sitä, että esim. almanakassa olevat auringon nousu- ja laskuajat tarkoittavat nousu- ja laskuaikoja Helsingissä. Itse vuosimäärä 1938 on väärä, sillä Kristuksen syntymästä on kulunut ainakin 1942 vuotta. Herodes-kuninkaan kuolema on näet tähtitieteellisesti laskettavissa, sillä hän murhautti kuolemansa edellisenä yönä kaksi rabbia, ja seuraavana yönä oli kuunpimennys, 12. tai 13. päivänä maaliskuuta v. 750 Rooman perustamisen jälkeen. Tästä tiedosta voimme johtaa edellämainitun väitteemme.

Aikaisemmin laskettiin aikaa Diocletianuksen vainosta alkaen, mutta Dionysius Pieni ehdotti, että kristittyjen oli parempi perustaa ajanlaskunsa »Kristuksen syntymään, jottei jumalattoman vainajan muisto liittyisi pyhien aikojen laskemiseen.»

Nimitys »joulukuu» on erittäin sopiva, koska silloin vietetään joulua. Muiden kielten nimitys merkitsee vain kymmenettä kuuta, mikä johtuu siitä, että aikaisemmin aloitettiin vuosi maaliskuun 1. päivänä, joten joulukuu oli vuoden kymmenes kuukausi. Joulupäivä, joulukuun 25. päivä, ei ole oikea, sillä jotakuinkin tarkkaan voidaan osoittaa, että Kristus syntyi keväällä tai kesällä eikä talvella, kuten seuraavista huomautuksista käy ilmi.

Marraskuun alusta aina maaliskuun loppuun kestää Palestiinassa sadeaikaa, jolloin on vaikea liikkua. On siis vähän todennäköistä, että juuri sade-ajan kestäessä »koko maailma lähti verollepantavaksi» niin runsaslukuisesti, ettei »majatalossa ollut sijaa», vaan täytyi turvautua seimeen. Suureen väenpaljouteen viittaa myös se, että Itämaiden viisaat olivat valmiina paikalla Jeesus-lasta kumartamassa, samoin se, että Herodes pelästyi kovasti luullen kapinan uhkan olevan ilmeisen.

Kun sijoitamme Jeesuksen syntymän kevääseen tai kesään, pääsemme ristiriidasta. Silloin oli helppo liikkua pitkiä matkoja. Tämän käsityksen puolesta puhuu myös se, että »paimenet valvoivat ja vartioivat ulkona laumaansa», kun

tiedetään, että Palestiinassa lammaslaumat olivat kedolla maaliskuusta marraskuuhun, siis kesän puolella.

Mainittakoon tässä yhteydessä, että myös Kalevalan mukaan Jeesus syntyi keväällä tai kesällä. Marjatta söi 50. runon mukaan kohtalokkaan marjan, puusta putoavan, mikä on ilmeisesti voinut tapahtua vain syksyllä marjojen aikaan. Tämä taas viittaa kevätkesästä sattuvaan syntymähetkeen. Samaa osoittavat säkeet:

»Marjatta matala neiti
etsi pientä poiuttansa
kullaista omenatansa
puiten puut, jaellen ruohot
hajotellen hienot heinät.»

Marjatalla ei olisi ollut paljoakaan löytämisen toivoa, jos poika olisi talvella jäänyt pakkaseen paleltumaan, eikä hänen tiellään olisi ollut ruohoja tai heiniä.

Myöhemmin syntynyt Kanteletar on ilmeisesti väärässä lausuessaan:

»Jouluna Jumala syntyi,
Paras poika pakkasella.»

Joulua alettiin viettää Roomassa n. 350, josta joulunvietto vähitellen levisi kaikkialle.

Almanakassa on monien ilmoitussivujen jälkeen ensin sivu, jossa puhutaan pimennyksistä, niiden sattumisajoista ja miten täydellisinä ne esiintyvät. Seuraavalla sivulla on tärkeä »Merkkien selitys», joka on välttämättä luettava, jos tahtoo käyttää almanakkaa tähtitieteellisenä tietoteoksena. Tämän sivun alaosassa on *sunnuntaikirjain*, joka tarkoittaa sitä kirjainta, mikä sattuu vuoden ensimmäisen sunnuntain kohdalle, kun vuoden ensimmäistä päivää merkitään kirjaimella A, toista kirjaimella B jne. Koska tänä vuonna (1938) Uuden vuoden päivä oli lauantaina ja siis sunnuntai oli vuoden toinen päivä, on sunnuntaikirjain B.

Varsinaisilta almanakan sivuilta nähdään mm., milloin aurinko on lähinnä maata (tammikuun alussa), milloin kauimpana (heinäkuun alussa), milloin kuu kunkin kierroksensa aikana on lähinnä maata (merkitään lik.), kauimpana maasta (kauv.), milloin kauimpana pohjoisessa taivaan ekvaattorin pohjoispuolella (pohj.), milloin mahdollisimman etelässä (etel.), milloin on uusikuu, ensimmäinen neljännes, täysikuu ja viimeinen neljännes, milloin aurinko tai kuu on taivaalla lähellä (☌) jotakin kiertotähteä, milloin esim. Venus ja Mars ovat lähellä toisiaan, millä kellonlyömällä on kevätpäivän tasaus (merkki ☉ ♈), milloin kesäpäivän seisaus, milloin syyspäivän tasaus, milloin talvipäivän seisaus jne.

Tavallisesti luullaan auringon olevan etelässä eli puolipäiväpiirissä klo 12 aikaan. Almanakka kuitenkin osoittaa, ettei niin ole asianlaita. Almanakassa on nimittäin kolme sareketta, jotka ilmoittavat, milloin aurinko nousee (nous.), milloin se on puolipäiväpiirissä eli meridiaanissa (p. piir.) ja milloin se laskee (lask.). Me luemme, että esim. tammikuun 15. päivänä aurinko on etelässä klo 12.29, helmikuun 15. päivänä klo 12.34, maaliskuun 15. päivänä klo 12.29 jne., toukokuun 15. päivänä klo 12.16, heinäkuun 15. päivänä klo 12.26, lokakuun 15. päivänä klo 12.05 ja joulukuun 15. päivänä klo 12.15.

Nämä kellomäärät pitävät paikkansa Helsingissä ja Helsingin meridiaanilla, joka on $1^t\ 39^m\ 49^s$ eli $24°57'15''$ Greenwichistä itäänpäin. Jos mennään Helsingistä itäänpäin, on siellä aurinko etelässä aikaisemmin ja vastaavasti myöhemmin, jos mennään länteen päin. Yhtä pituusasteen muutosta vastaa 4 minuutin muutos aikamäärissä. Esim. Viipurissa, jonka pituusaste on $28°43'.8$, on aurinko etelässä 15 minuuttia aikaisemmin, Sortavalassa, pituus $30°41'.5$, 23 minuuttia aikaisemmin ja esim. Turussa, pituus $22°16'.6$, 11 minuuttia myöhemmin kuin Helsingissä. Esim. lokakuun 15. päivänä on aurinko Turussa etelässä klo 12.16, mutta helmikuun 15. päivänä vasta klo 12.45.

Jos siis helsinkiläinen luulee auringon olevan etelässä klo 12, hän tekee eri vuodenaikoina erilaisen virheen, joka vaihtelee 4 ja 34 minuutin välillä, mutta turkulainen tekee vielä paljon suuremman virheen, joka vaihtelee 15 ja 49 minuutin välillä. Jos esim. suunta määrätään olettamalla auringon olevan etelässä juuri klo 12 aikaan, tehdään virhe, joka Itä-Suomessa on pienempi, mutta Länsi-Suomessa voi nousta 12 asteeseen saakka.

Kun almanakasta katsotaan, milloin aurinko on (Helsingissä) etelässä ja kun esim. kartan avulla määrätään, montako astetta ja sen osaa paikka on Helsingin itä- tai länsipuolella, saadaan kullakin paikkakunnalla tietää, milloin aurinko on kunakin vuoden päivänä etelässä.

Että aurinko ei ole etelässä klo 12 aikaan, johtuu ensiksi siitä, että aurinko ei kulje taivaalla aivan tasaisella nopeudella, ja toiseksi siitä, että kullakin meridiaanilla on oma aikansa, joka on sitä enemmän edellä, kuta idempänä ollaan. Suomen virallinen aika, joka on sama kuin ns. itä-eurooppalainen aika ja joka yhtyy paikalliseen aikaan pituusasteella 30°, on Suomessa yleensä edellä paikallisesta ajasta, esim. Helsingin ajasta $20^m\ 11^s$ edellä.

PIKKU TIEDONANTOJA.

Kirj. Pentti Kalaja.

Aikamerkit.

Tähtitieteellisiä töitä varten useat keskusasemat eri maissa antavat radioteitse aina määrätunnein rytmillisiä aikamerkkejä, joiden avulla voidaan kronometreihin saada oikea aika aivan sadasosa sekunnin tarkkuudella. Useimmat näistä merkeistä lähetetään kuitenkin niin pitkillä aalloilla, ettei tavallisella yleisradiokoneella varustettu voi niitä kuunnella.

Kuitenkin Nauenin aseman ns. onogo-merkit lähetetään lisäksi aallolla 1 571 m (Deutschlandssender) ja myöskin kaikkien Ruotsin radioasemien kautta, joten jokainen, jolla on radiokone, voi ottaa niistä itselleen tarkan ajan.

Nimitys onogo-merkit johtuu Morse-merkeistä o, n ja g, joita päämerkit näissä ovat.

Merkit tulevat päivällä 13.55—14.00 (Suomen virall. aikaa). Ensin tulee yhden minuutin ajan puolen sekunnin pituisia äänimerkkejä, viivoja, joiden alku on aina sekunnin alun kanssa yhdessä. Toisen minuutin aikana lähetetään taas pisteitä, lyhyempiä äänimerkkejä. Kun minuutti 56—57 loppuu, tulee viimeiseksi viiden sekunnin viiva, joka loppuu 13.57.00. Kolmannen minuutin ajan tulee sitten x-kirjainta — · · —. Juuri kun kello lähenee 13.58:aa, tulee o-kirjain — — —, viivat ovat sekunnin kestäviä, välit samoin ja viimeinen viiva loppuu tasan 13.58.00. Seuraavan minuutin ajan tulee n-kirjaimia — ·, niin että piste sattuu jokaiselle 10-sekunnille. Taas kun minuutti loppuu, tulee o-kirjain. Viimeisten minuuttien ajan lähetetään g-kirjainta — — · taas niin, että piste sattuu 10-sekuntien kohdille ja viimeisenä tulee — — —, niin että viimeinen viiva loppuu juuri, kun kello on 14.00.00.

Tähtitornit ja tähtitieteilijät.

Jokaiselle tähtitieteen harrastajalle lienee mielenkiintoista saada tietää, kuinka paljon maapallollamme on tähtitorneja ja tähtitieteilijöitä. Tästä kysymyksestä on eräs belgialainen tähtitieteilijä julkaissut v. 1931 oikein kirjan. Se on luonnollisesti nykyään jonkin verran vanhentunut, mutta kun sen luvut kuitenkin suurin piirtein pitänevät paikkansa, esitettäköön tässä muutamia kysymystä koskevia asiatietoja.

Tähtitorneiksi lasketaan vain sellaiset tähtitieteelliset observatoriot, jotka eivät ole puhtaasti yksityisiä eivätkä työskentele yksinomaan opetustarkoituksia varten. Tämän perusteen mukaan laskien saa kirjoittaja tähtitornien koko lukumääräksi 210. Niistä on 35 suurta tähtitornia. Viimeksimainituista on 16 Euroopassa ja 19 sen ulkopuolella.

Perustamisaikansa mukaan tähtitornit jakautuvat seuraavasti:

ennen vuotta 1800	eurooppalaisia	31	ulkoeurooppalaisia	0
1800—1850	»	28	»	9
1850—1900	»	36	»	40
jälkeen vuoden 1900	»	26	»	33

Eniten tähtitorneja on luonnollisesti Yhdysvalloissa, nimittäin 45. Toisena on Saksa, jossa on 22, sitten seuraavat Englanti ja Italia, joissa kummassakin on 16 tähtitornia.

Tähtitieteilijöitä lasketaan olevan eniten Yhdysvalloissa: 255. Toisena on Venäjä, jossa on 113 astronomia. Saksassa on 97 ja Ranskassa 71. Viidentenä tähtitieteilijöiden lukumäärässä on Englanti, jossa niitä on 57. Kaikkiaan astronomeja on tuhat henkeä. Niistä on 520 eurooppalaista ja 480 ulkoeurooppalaista.

Ursan julkilausuma.

Syyskaudella 1937 keskusteltiin päivälehtien palstoilla Suomen virallisen ajan muuttamisesta niin, että siksi olisi otettu Keski-Euroopan aika.

Kun asiaa käsiteltiin myöskin virallisesti ja kun näytti siltä, etteivät kaikki muutoksesta johtuvat epäkohdat olleet riittävästi selviä, Ursa piti kokouksen, jossa tri G. Järnefelt piti asiasta esitelmän, jonka johdosta myöskin keskusteltiin. Lisäksi Ursa asetti toimikunnan laatimaan puolestansa julkilausuman. Toimikuntaan kuuluivat prof. Ilmari Bonsdorff ja Ursan johtokunta kokonaisuudessaan.

Kuten tunnettua, asia raukesi, muutoksesta ei tullut mitään. Koska ehkä kuitenkaan ei ole poissa paikaltaan pitää mielessä, miksi asiaa vastustettiin, saakoon julkilausuma sijansa tässä:

Sen johdosta, että julkisessa elämässämme parhaillaan käsitellään kysymystä Suomen virallisen ajan muuttamisesta siten, että kellot siirretään tunnin verran taaksepäin on Suomen tähtitieteen harrastajain yhdistys Ursa käsiteltyään asiaa päättänyt lausua mielipiteenään seuraavan:

Julkisuudessa on esitetty kaksi muutosehdotusta:

1. Kellot siirretään tunnin verran taaksepäin ja työaikojen kellomäärät jätetään ennalleen, joka merkitsee sitä, että elämä siirtyy tuntia nykyistään myöhemmäksi auringon kulkuun verrattuna.
2. Kellot siirretään tunnin verran taaksepäin ja työaikojen kellomäärät muutetaan samalla tuntia aikaisemmiksi, joka taas merkitsee sitä, että työajat säilyisivät auringon kulun suhteen ennallaan.

Edellinen vaihtoehto johtaisi, kuten jo aikaisemmin monta kertaa on esitetty, arveluttaviin terveydellisiin epäkohtiin, valoisien vapaailtapäivien lyhentyessä kokonaisella tunnilla. Tämä koskee kaikkia kansalaisia. Ei ole myöskään vähäksyttävä sitä parinkymmenen miljoonan markan lisämenoa, mikä johtuisi lisääntyneestä valonkäytöstä iltaisin.

Toinen vaihtoehto veisi käytännössä suurin piirtein samaan tulokseen kuin edellinenkin, koska kansaa tuskin voidaan mahtikäskyllä pakottaa muuttamaan päiväjärjestystään.

Pohj. Amerikan Yhdysvallat, joissa on käytännössä neljä eri aikaa, on esimerkkinä siitä, ettei vilkaskaan liike-elämä vaadi saman ajan käyttämistä edes yhdessä valtakunnassa. Jos kuitenkin pidetään liike-elämällemme välttämättömänä työaikojen siirtämistä samanaikaiseksi Skandinavian ja Keski-Euroopan liikeaikojen kanssa, on luonnollisempaa ja yksinkertaisempaa, että suhteellisen harvalukuinen liikemiespiiri muuttaa omat työaikansa tuntia myöhemmäksi, kuin että maan koko väestö saatetaan kärsimään ehdotetun muutoksen seurauksista.

Kvartsikello.

Nykyaikaisin ajanmittauskoje on epäilemättä ns. kvartsikello, jonka avulla ajanmääräykset voidaan suorittaa jopa 0.0001 sek. tarkkuudella ja jonka vuorokautisen käynnin muutokset eivät ylitä 0.001 sekuntia. Onpa sellaisen kellon vuorokautinen käynti saatu pysymään kuukausimääriä vakinaisena 0.002 sek. tarkkuudella.

Ymmärtääksemme kvartsikellon periaatteen meidän täytyy ensin olla selvillä ns. piezosähköisestä ilmiöstä. Jos kvartsikiteestä leikataan määrätyn suuntaisesti tasainen levy ja tätä levyä puristetaan, huomataan piezoilmiö: levyn pinnat saavat sähkövaraukset, joiden suuruus riippuu puristuksen voimakkuudesta, ja kääntäen: jos pinnat varataan sähkölatauksilla, levyssä tapahtuu vastaava muodonmuutos. Jos nyt tuo levy yhdistetään vaihtovirtaan asettamalla se kondensaattorilevyjen väliin ja johtamalla näihin sähkövirta, levyssä syntyy vaihtovirtaa vastaava mekaaninen värähtely. Jos virran jaksoluku on sama kuin levyn ominaisvärähtely, levyn värähtely tulee resonanssi-ilmiön johdosta hyvin voimakkaaksi ja vaikuttaa takaisin vaihtovirtaan, pitäen sen jaksolukua vakinaisena. Tätä seikkaa käytetään sitten ajanmittaajana, kellona.

Kvartsikello muistuttaa ulkonaisesti suurta radiokonetta. Sen sydämenä on tuo värähtelykvartsi. Viimeisimmissä kelloissa kvartsipala on 9 cm pituinen ja litteän sauvan muotoinen. Noin puolen sentin päässä sen kummallakin puolella ovat kondensaattorilevyt. Lämmönmuutosten haitallisten vaikutusten välttämiseksi kvartsi on kahdenkertaisessa termostaatissa.

Edelleen kuuluu kvartsikelloon radiolähettäjä, joka lähettää jatkuvasti tuota kvartsin ominaisvärähtelyä. Se vahvistetaan kahdessa vahvistinlaitteessa ja lopuksi se joutuu kolmeen jaksoluvun alentajaan. Tuollaisen 9 cm pituisenkin kvartsisauvan ominaisvärähtely on noin 60 000 sekunnissa, joten sitä ei voi käyttää suoranaisesti. Vasta kolmannesti alennettu värähtely on kyllin hidasta, noin 300 kertaista sekunnissa käyttämään pientä moottoria, synkronimoottoria, jonka kierrosluku riippuu suoraan syöttövirran värähdysluvusta. Synkronimoottori puolestaan pyörittää metallitankoa, kvartsikellon osoitinta, joka jokaisella kierroksellaan tekee kevyen kontaktin virtapiiriin, jossa nuo kontaktihetket rekisteröidään paperiliuskalle samaan tapaan kuin tavallisessa sähkölennättimessä. Paperiliuska juoksee 60 cm sekunnissa, joten tuhannesosa sekuntia on 0.6 mm pituinen.

Hyväksikäyttäen kvartsikellojen erinomaista tarkkuutta on todettu, että niin sanottu keskimääräinen astronominen aika, joka on tärkeimpien ajanmääräysasemien määräämien aikojen keskiarvo, on keskimäärin $\pm$ 0.007 sek. virheellinen.

Näyttää siltä, että kvartsikellojen avulla voidaan kohdakkoin saada vastaus kysymykseen, onko vuorokauden pituudessa jaksollista vaihtelua. Tällaista näyttää nimittäin ilmenevän, vaikkakaan vuorokausien pituuksien erotus ei nousse 0.01 sek. suuremmaksi, jonka takia sitä ei aikaisemmin olekaan voitu saada selville.

Uusi 5 metrin peilikaukoputki.

Maailmankaikkeuden kaukaisimpia ja nykyiselle tähtitieteelle ehkä kiintoisimpien havaintokohteiden, kierteissumujen menestyksellinen tutkiminen vaatii käytettäväkseen yhä suurempia ja erikoisesti juuri yhä valovoimaisempia kaukoputkia. Optikoille on selvinnyt, että Yerkes-observatorion suuren refraktorin linssiä suuremmat objektiivit ovat jo liian suuria sikäli, että linssivirheet vaikuttavat enemmän kuin suurempi valovoima, joten linssikaukoputkien alalla ei ainakaan toistaiseksi voida enää päästä nykyistä pitemmälle.

Tämän takia juuri näissä avaruustutkimuksissa joudutaan yhä enemmän turvautumaan peiliteleskooppeihin. Näidenkin valmistuksessa ovat omat vaikeutensa, ja ne ovat luonnollisesti sitä suuremmat, mitä suuremman kaukoputken valmistamisesta on kysymys.

Valmisteilla oleva uusi jättiläisteleskooppi, jonka peilin läpimitta on yli 5 m, pystytetään tämän ja ensi vuoden (1939) kuluessa Etelä-Kaliforniaan Mount Palomarille, parin sadan kilometrin päähän kuuluisimmasta tähtitieteellisestä laitoksesta Mount Wilsonista. Viimeksimainittuun observatorioon sitä ei voitu pystyttää siitä syystä, että nykyisin Mount Wilsonilla läheisten kaupunkien

katuvalaistus häiritsee valokuvausta erikoisesti pitkiä valotusaikoja käytettäessä.

Päätarkoituksena uudella kaukoputkella on kierteissumujen valokuvaaminen. Sen avulla kyetään kiinnittämään valokuvauslevylle paljoa heikompia objekteja kuin tähänastisilla koneilla. Arvellaan, että sillä voidaan valokuvata kierteissumuja yli miljaardin valovuoden päästä.

Peili, reflektorin tärkein osa, valettiin tätä kojetta varten ensi kerran v. 1934. Valaminen ei tällöin kuitenkaan onnistunut, sillä kuuma lasimassa vioitti muottia, josta syystä peililasi myöskin vioittui.

Uusi valaminen tapahtui saman vuoden joulukuussa ja sitten, kun lasimassa oli jäähtynyt (jäähtyminen kesti lähes vuoden), se hiottiin ja kuljetettiin erikoisjunalla Kaliforniaan maalis—huhtikuun vaihteessa v. 1936.

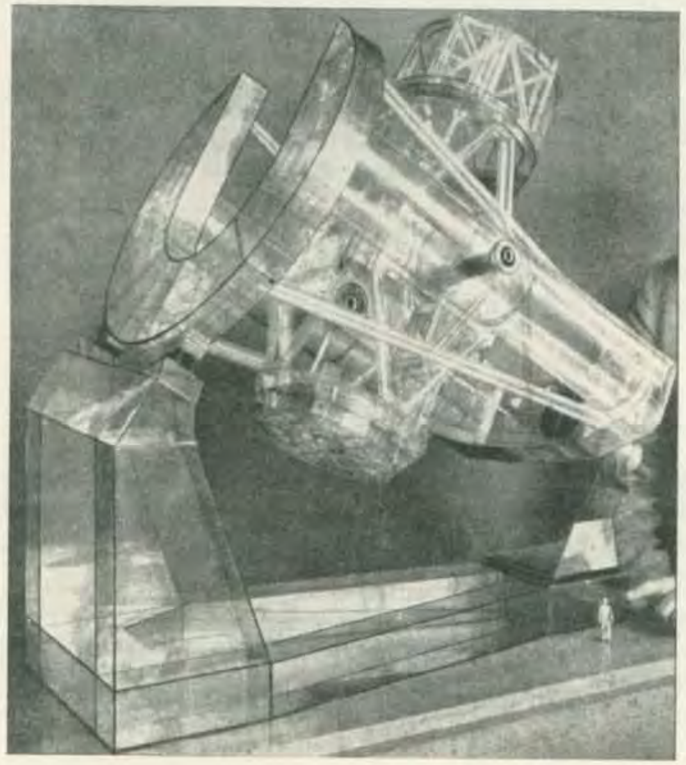
Parhaillaan valmistetaan kaukoputken muita osia. Koko kaukoputki painaa 88 tonnia, siitä tulee peililasin osalle 18 tonnia.

Kaukoputken kustannusten lasketaan nousevan 6 miljoonaan dollariin.

Sen sijaan kun tähänastinen suurin kaukoputki, Mount Wilsonin 100-tuumainen, on asennettu niin, ettei sillä voida tarkastella aluetta, jonka deklinaatio on yli 64 astetta, voi tämän uuden reflektorin suunnata aivan taivaan pohjoisnapaankin.

Mainittakoon vielä, että peilin polttoväli on 17.40 m.

Kuva esittää kaukoputken mallia. Huomionarvoinen on ihmisen suhteellinen koko kaukoputkeen verrattuna.



Alumiinipeilit.

Tähän saakka hopea on ollut ainoana heijastavana aineena peileissä, mutta nyt näyttää, nimenomaan juuri tähtitieteellisissä peileissä, aluminium syrjäyttävän hopean.

Aluminiumilla on kolme etua hopeaan verrattuna.

Ensiksi sillä on hieman suurempi heijastuskyky, joten samalla peilillä nähdään ja voidaan valokuvata himmeämpiä tähtiä, jos se on aluminoitu kuin jos se on hopeoitu.

Toinen tärkeämpi etu aluminiumilla on sen kestävyydessä. Hopeapinta turmeltuu nopeammin. Aluminiumin paremmuus tässä suhteessa johtuu siitä, että aluminiumin pinta heti sen jälkeen, kun lasi on päällystetty alumiinilla, hapettuu ja näin syntynyt aluminiumoksidi, joka on erittäin kovaa ja läpinäkyvää, muodostaa varsinaista heijastavaa pintaa sekä naarmuttumiselta että kemiallisilta muutoksilta suojaavan kerroksen. Sen sijaan, että hopeapinta parhaimmissa kaukoputkissa täytyy uusia noin kaksi kertaa vuodessa, ei aluminiumpinta neljässä vuodessakaan kadota kuin pari prosenttia heijastuskyvystään. Aluminiumoksidin kovuudesta johtuen sellaista peiliä on helppo pitää puhtaana pölystäkin, se ei ole lainkaan niin arka naarmuttumaan kuin tavallinen hopeoitu peili.

Kaikkein tärkein ominaisuus alumiinipeilillä hopeapeiliin verrattuna on se, että se heijastaa myös ultraviolettisäteitä. Jos kirjossa mennään näkyvän osan violetista päästä aallonpituudesta 4 000 Å lyhyempiin aaltoihin, hopeapeilin heijastuskyky vähenee nopeasti 90 %:sta. Aallonpituuden 3 150 Å kohdalla se ei heijasta enää kuin 4 % valosta. Alumiinipeili heijastaa tällöinkin vielä 87 %. Tämä seikka tekee alumiinipeilin käyttökelpoiseksi tutkimuksiin, joihin hopeapeili ei kelpaa.

Mount Wilsonin 60 ja 100 tuuman peilikaukoputket ovat jo saaneet aluminiumpinnan ja uskotaan myös, ettei uuden 5 metrin peilin aluminointikaan tuottane mitään odottamattomia teknillisiä vaikeuksia.

Aurinkokunnan uloin planeetta.

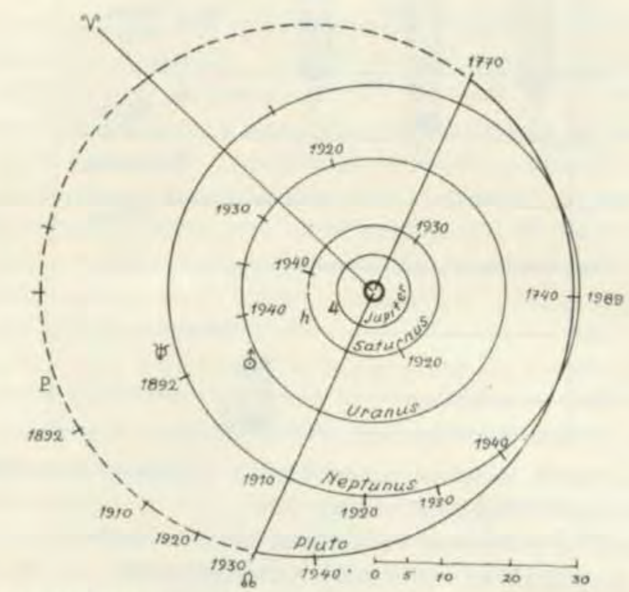
Uloimmasta planeetastamme, Plutosta, joka keksittiin maaliskuussa 1930 tarkkojen laskujen ja innokkaan havaintotyön tuloksena, on paikallaan mainita muutamia tietoja ja lukuja, koska tästä planeetasta ei ole kai kirjoitettu suomenkielellä mitään tätä aikaisemmin.

Plutosta ei tosin varmoja tietoja ole paljoa olemassakaan. Kepplerin lakien avulla on voitu tarkkaan määrätä sen keskietäisyys auringosta, joka on 5 920 miljoonaa kilometriä ja sen kiertoaika, 249 vuotta. Wilson-vuoren tähtitornissa on mittaamalla ja laskemalla todettu sen näennäisen suuruusluokan vaihtelevan

koko kiertoajan kuluessa 14.1—16.3 suuruusluokkien välillä. Sen keskimääräinen oppositiosuuruusluokka on 15.4.

Varmuudella on myöskin huomattu, että Pluton näennäinen läpimitta on pienempi kuin 0".3, mikä merkitsee, ettei sen halkaisija ole ainakaan suurempi kuin 9 000 km, siis vain noin $^2/_3$ maapallomme läpimitasta. Luultavinta on, että se on tätäkin pienempi, ehkä Marsin suuruinen.

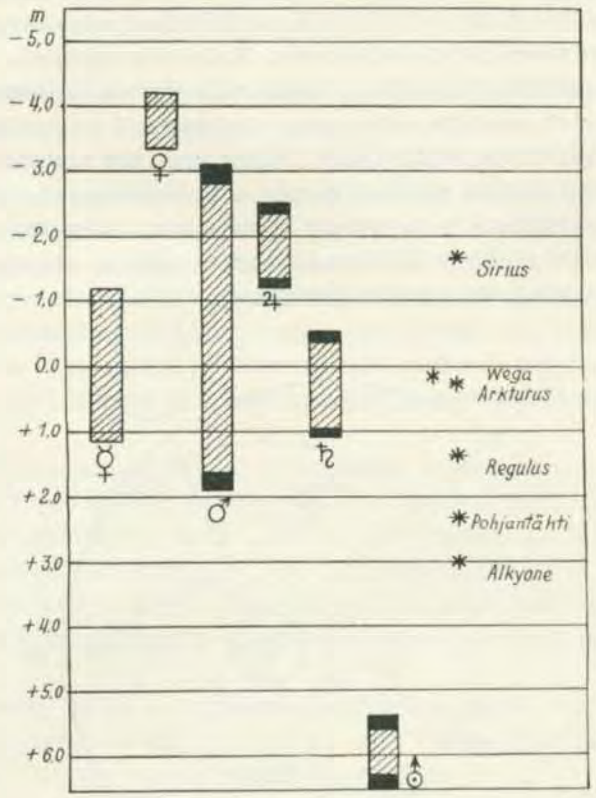
Pluton rata on hyvin epäkeskinen. Sen eksentrisyys, 0.2472, on suurempi kuin Merkuriuksenkin radan. Tästä johtuu, että Pluton radan aurinkoa lähinnä oleva osa on Neptunuksen radan sisäpuolella. Ratatason asemasta johtuu edelleen, että nämä kaksi ulointa planeettaa voivat määrätyissä tapauksissa tulla hyvin lähelle toisiaan. On laskettu, että jos sivuuttaminen joskus sattuu lähempää kuin miljoonan kilometrin etäisyydeltä, Pluton rata voi muuttua aivan olennaisesti. Joissakin tapauksissa voisi sattua niin, että Neptunus vangitsisi sen toiseksi kuukseen. Päinvastainenkin tapaus on mahdollinen, nimittäin että Neptunus karkottaisi sen jopa 45 000 miljoonan kilometrin päähän auringosta, jolloin sen kiertoaika nousisi yli 5 000 vuoden pituiseksi.



Uloimpien kiertotähtien radat. Mittakaavan yksikkönä maan radan säde.

Kiertotähtien kirkkausvaihtelut.

Lukijasta on ehkä kiintoisaa saada tietää, miten laajoissa rajoissa kiertotähtien kirkkaudet voivat vaihdella. Sen selvittänee parhaiten allaoleva piirros, johon on paitsi suuruusluokkia merkitty myös muutamien kiintotähtien kirkkaudet vertailun helpottamiseksi.



Koska kiertotähdet loistavat heijastunutta auringonvaloa, voimme niiden valonvaihteluiden syyt ryhmitellä seuraavasti:

1. Auringon ja planeetan välimatkan muuttuminen;
2. Maan ja planeetan välimatkan muuttuminen;
3. Faasivaikutus sisäplaneetoilla;
4. Planeetan pyörimisen ja sen litistymisen vaikutus;
5. Planeetan pinnan heijastuskyvyn muuttuvaisuus.

Kaksi ensinmainittua syytä ovat ilman muuta selviä kirkkauden muutoksen aiheuttajia, ja ne ovatkin kirkkausvaihteluiden päätekijät. Faasivaikutuksella tarkoitetaan sitä, että sisäplaneetat kiertäessään auringon ympäri näyttävät maahan samoja vaiheita kuin kuu. Siis tällaisen planeetan ollessa enemmän tai vähemmän maan ja auringon välissä vain osa sen maahan päin kääntyneestä pinnasta saa valoa auringosta ja siis voi heijastaa sitä maahan. Ollessaan juuri maan ja auringon välillä Merkurius ja Venus eivät tietenkään heijasta mitään valoa maahan. Piirrokseen onkin merkitty kirkkausvaihtelut vain silloin, kun planeetat ovat niin kaukana auringosta, että niitä voi havaita. Faasivaikutus pienentää aina kirkkausvaihtelun suuruutta.

Pyörimisen ja litistymisen vaikutus ilmenee eniten Uranuksessa. Koska sen litistyminen on 1 : 10 ja pyörähdysakseli hyvin vinossa maan radan tasoa vastaan, aiheutuu neljännestä syystä sen kirkkauteen 0.3 suuruusluokan suuruinen jaksollinen kirkkaudenvaihtelu.

Viimeksimainitun syyn on todettu vaikuttavan 0.3—0.5 suuruusluokan muutoksia planeettojen kirkkauksiin.

Piirroksessa on kahden viimeksimainitun syyn aikaansaama vaihtelumahdollisuuksien suurentuminen merkitty mustilla suorakaiteilla kunkin planeetan kirkkautta osoittavan suorakaiteen päähän.

Auringonpimennykset planeettakunnassamme.

Paitsi maapallolla, näkyy auringonpimennyksiä tietenkin kaikilla muillakin planeetoilla, joilla on kuita. Maapallollamme voi auringonpimennys olla täydellinen, osittainen tai rengasmainen johtuen siitä, että kuun ja auringon näennäiset suuruudet vaihtelevat niin, että kuu kauimpana ollessaan näyttää maasta katsoen pienemmältä kuin aurinko ja lähimpänä ollessaan taas suuremmalta. Jos kuun näennäinen läpimitta aina olisi pienempi kuin auringon läpimitta, ei täydellistä auringonpimennystä voisi syntyä, jos se taas aina olisi suurempi, emme koskaan näkisi auringonpimennystä renkaanmuotoisena. Kuinka olosuhteet tässä asiassa ovat muilla planeetoilla, selviää tarkasteltaessa seuraavalla sivulla olevaa taulukkoa.

Merkuriuksesta katsottuna auringon pinta-ala on siis yli seitsemän kertaa niin suuri kuin maasta katsottuna ja Venuksestakin se on lähes kaksi kertaa niin suuri, mutta mitään pimennysilmiötä eivät näiden planeettojen mahdolliset asukkaat koskaan saa nähdä.

Marsin molemmat kuut ovat näennäisesti pienemmät kuin aurinko, siellä näkyy siis rengasmaisia pimennyksiä samoin kuin tietysti osittaisiakin, mutta täydellisiä auringonpimennyksiä siellä ei siis ole koskaan.

Jupiterin viisi lähintä kuuta aiheuttaa vain täydellisiä tai osittaisia auringonpimennyksiä ja neljä kaukaisinta taas vain joko osittaisia tai renkaanmuotoisia. Kuten taulukon luvuista ilmenee, nuo neljä kaukaisinta ovat verraten vähäpätöisiä nähtävyyksiä Jupiteristakin katsottuina.

Samoin kuin Jupiterilla, Saturnuksellakin kuut jakautuvat kahteen ryhmään, auringon näennäistä suuruutta suurempiin ja pienempiin. Edelliseen ryhmään kuuluu 6 kuuta ja jälkimmäiseen 4.

Uranuksen kahden lähimmän kuun läpimittaa ei tunneta, mutta luultavasti kaikki neljä ovat näennäisesti aurinkoa suurempia eivätkä siis aiheuta rengasmaisia pimennyksiä. Samoin Neptunuksen kuu kuuluu näihin suuriin kuihin. Kun viimeksimainittu on sekä näennäisesti että todellisesti suurempi kuin maan kuu, ja Neptunuksesta katsottuna aurinko ei näytä suuremmalta kuin Jupiter maasta, auringonpimennys on siis siellä samantapainen ilmiö kuin meidän kuumme kulku kiintotähden yli.

Planeetta	Auringon näenn. suuruus		Kuu	Kuitten näenn. suuruudet	
	suurimmillaan	pienimmillään		suurimmillaan	pienimmillään
Merkurius ..	1° 23′.5				
Venus	44′ 26″	43′ 51″			
Maa	32′ 39″.2	30′ 43″.8	Kuu	34′ 9″.9	30′ 30″.9
Mars	23′ 12″	19′ 10″	Phobos	12′ 24″	
			Deimos	1′ 53″	
Jupiter	6′ 30″	5′ 53″	I	45′ 55″	
			II	20′ 53″	
			III	19′ 21″	19′ 17″
			IV	10′ 24″	9′ 24″
			V	15′ 7″	14′ 41″
			VI	28″.1	27″.9
			VII	27″.5	27″.3
			VIII	27″.1	26″.7
			IX	26″.9	26″.7
Saturnus ..	3′ 39″	3′ 15″	I	36′ 28″	32′ 31″
			II	23′ 31″	
			III	25′ 31″	
			IV	16′ 7″	
			V	15′ 16″	
			VI	13′ 37″	12′ 45″
			VII	1′ 18″	58″
			VIII	1′ 47″	1′ 45″
			IX	56″.7	56″.4
			X	?	
Uranus	1′ 43″	1′ 35″	I	?	
			II	?	
			III	8′ 18″	
			IV	5′ 36″	
Neptunus ..	1′ 4″		Triton	41′ 8″.2	
Pluto	49″				

Meidän kuumme jää siis koko aurinkokunnassamme ainoaksi, joka voi aikaansaada sekä täydellisiä että rengasmaisia pimennyksiä.

Pikkuplaneetta Hermes, 1937 UB.

Lokakuun loppupäivinä 1937 kävi maapalloamme tervehtimässä harvinainen vieras. Planetoidi 1937 UB (tavallisesti keksijänsä mukaan REINMUTHin objektiksi nimitetty) sivuutti maapallon 580 000 kilometrin etäisyydeltä ollen siis sivuuttamishetkellä $1\frac{1}{2}$ kuunetäisyyden päässä meistä. Näin likellä ei tiettävästi mikään taivaankappale kuuta lukuunottamatta ole ollut. Toisessakin suhteessa tämä kappale oli kiintoisa. Sen rata on harvinaisen soikea ellipsi, niin että se aurinkoa lähinnä ollessaan on Venuksen radan sisäpuolella. Vain kaksi muuta planetoidia tunnetaan, joilla on siinä suhteessa samanlainen rata, nimittäin Apollo (joka keksittiin 1932) ja Adonis (1936).

Valokuvatessaan lokakuun 28 p:nä paria muuta pikkuplaneettaa, Reinmuth sai Heidelbergissä levylleen pitkän viivan, joka ilmeisesti oli erittäin nopeasti liikkuvan kappaleen aiheuttama. Viivan pituus osoitti kappaleen kulmanopeuden olevan 21 kaariminuuttia tunnissa. Löydöstä tiedoitettiin kohta muillekin tähtitorneille, mutta ei kukaan kyennyt tarkoituksenmukaisesti valokuvaamaan tai näkemään sitä. Onneksi kuitenkin se oli sattumalta valokuvattu Sonnebergin tähtitornissa (muuttuvia tähtiä koskevien töitten yhteydessä) neljä kertaa, 26., 27., 28. ja 29. p:nä. Lisäksi Harvardissa 25 p:nä ja Johannesburgissa 27 p:nä otetuilla levyillä sen piirto on myöskin.

Viimeksi otetuista kuvista selveni, miksei sitä tarkoituksellisesti haettaessa löydetty. Sen nopeus oli kasvanut niin paljon, että se oli aina sivuuttanut jo ne paikat, mistä sitä haettiin. Suurimmillaan sen nopeus oli lokakuun 30. p:nä, jolloin se liikkui kokonaista 85° kiintotähtien suhteen. Sinä tuntina, jolloin se oli lähinnä, se liikkui 5°. Nämä luvut ovat aivan vertaansa vailla olevia. Myöskin syystä, että se muuttui nopeasti yötaivaalta päivätaivaalle, enemmät etsiskelyt täytyi heti lopettaa.

Suurikokoisimmat tähdet.

Kooltaan suurimmat tunnetut tähdet ovat VV Cephei, Antares, Mira Ceti, ζ Aurigae ja Beteigeuze. Nämä kaikki ovat punaisia jättiläistähtiä, joiden säde on suurempi kuin auringon ja maan välimatka. VV Cephei kuuluu lisäksi ainemäärältäänkin suurimpiin tähtiin. Sen massa on nimittäin 44.5 auringon massaa. Tuo luku, kuten sanottu, on suuri verrattuna tähtien massoihin yleensä, mutta tuntuu pieneltä kun ajattelee, että tähden tilavuus on 1 300 000 000 kertaa niin suuri kuin

Tähti	Halkaisija		Näennäinen suuruusluokka
	⊙ halk.	milj. km	
VV Cephei..	1 100	1 500	6.6—7.4
Antares	460	650	1.2
Mira Ceti ..	280	390	2—10
ζ Aurigae ..	260	370	4.9—5.6
Beteigeuze..	250	350	0.0—0.9

auringon tilavuus. Parhaiten selviävät lukijalle edellämainittujen tähtien suhteelliset koot aurinkokuntaamme verrattuna oheisesta taulukosta ja piirroksesta.

Taulukosta huomaamme, että muut näistä paitsi Antares ovat muuttuvia tähtiä. VV Cephein näennäinen kirkkaus on niin pieni, ettei sitä voi nähdä paljain silmin, muut sen sijaan ovat verrattain kirkkaita.

Vuoden 1936 uudet tähdet.

Vuosi 1936 oli erittäin antoisa uusien tähtien puolesta, sillä niitä keksittiin tällöin viisi kappaletta.

Aikajärjestyksessä ensimmäinen oli Nova Lacertae. Sen löysi japanilainen tähtitieteilijä Gomi 18. p:nä kesäkuuta. Hän totesi neljännen suuruusluokan tähden Sisiliskon ja Cepheuksen tähdistöjen rajamailla, tähden, jota karttojen mukaan siinä ei ollut olemassa. Kun muutamia tunteja Gomin huomion jälkeen päivä oli kallistunut iltaan Euroopassakin, huomasivat lukuisat eurooppalaisetkin astronomit toisistaan riippumatta tämän novan. Myöhemmin todettiin kyseessäolevasta taivaanseudusta aikaisemmin otetuista valokuvista, että tähti oli jo aikaisemminkin tunnettu 15 suuruusluokan tähti. Kun tämä nova kirkkaimmillaan ollessaan oli juuri toisen suuruusluokan tähti ja kun aikaisemmista havainnoista on voitu päätellä, että uudet tähdet yleensä saavuttavat —7 suuruusluokan absoluuttisen kirkkauden (sts. 32.6 valovuoden eli 10 parsekin päästä katsottuna näyttäisivät näin kirkkailta), voitiin tästä novasta laskea, että se enen »uudeksi tähdeksi» muuttumistaan oli kirkkaudeltaan jokseenkin samanlainen kuin aurinkomme ja että sen etäisyys meistä on 600 parsekia, mikä merkitsee sitä, että tuo tapaus, jonka tähtitieteilijät totesivat kesäkuun 18. p:nä 1936 sattuikin todellisuudessa Kristuksen syntymän aikoihin tai jonkin verran ennen sitä. On vain kestänyt koko ajanlaskumme ajan, ennen kuin nopein mahdollinen viestiväline, valonsäde, ehti tuoda tiedon siitä meille.

Nova Lacertaen kirkkaudenvaihtelu oli hyvin tyypillinen uudelle tähdelle. Vajaassa vuorokaudessa kirkkaus kohosi 160 000 kertaiseksi. Sitten se jälleen, vaikkakin hitaammin väheni. Viiden vuorokauden kuluttua se kuului 4. suuruusluokkaan, elokuun lopulla kahdeksanteen ja lokakuussa enää yhdeksänteen suuruusluokkaan.

Vuoden toisen uuden tähden keksi tähtitieteen harrastaja, taiteilija Tamm Tukholmassa syyskuun 19. p:nä. Sen sijaan, että edellinen nova tuli erittäin kirkkaaksi, oli tämä, Nova Aquilae 1936 löydettäessäänkin vain 8 suuruusluokan tähti, eikä kirkkaimmillaankaan ollessaan, mikä tapahtui lokakuun alussa, kuulunut kuin 7 luokkaan. Se siis oli koko ajan paljain silmin näkymätön.

Tämän tähden kirkkausvaihteluiden kulku oli aivan erilainen kuin novien tavallisesti. Kun löytö oli tullut tunnetuksi, kaikki tähtitornit tarkastivat tietenkin mainitusta taivaanpaikasta ottamiensa valokuvien levyvaraston ja tällöin todettiin, että olikin satuttu ottamaan tästä uudesta tähdestä valokuvia jo kaksi kuukauttakin ennen sen löytymistä. Saatiin selville, että ennen heinäkuun puoliväliä ei tähteä näkynyt missään levyssä. Se oli varmasti heikkovaloisempi kuin 16 suuruusluokan tähti. Sitten se oli kai melko nopeasti kirkastunut saavuttaen 8 suuruusluokan kirkkauden elokuun alussa. Tämän jälkeen se kaksi kertaa himmeni ja kirkastui vuoron perään yhden tai parin suuruusluokan verran, kunnes lokakuun alussa saavuttamansa maksimin jälkeen alkoi lopullisesti heiketä. Siis aivan toisenlainen kulku kuin esimerkiksi edellisellä novalla.

Tutkiessaan edellisestä tähdestä ottamiaan valokuvia herra Tamm huomasi samassa tähtikuviossa toisenkin uuden tähden lokakuussa 1936. Myöskin tässä tapauksessa olivat jotkut tähtitornit ottaneet samasta taivaanpaikasta jo aiemmin kuvia. Tämäkin nova oli niiden mukaan leimahtanut jo paljon ennen keksityksi tulemistaan, nimittäin jo syyskuun 20. p:nä. Se saavutti suurimman kirkkautensa, 5.4, syyskuun 25. p:nä ja himmeni sitten epätasaisesti vähitellen niin, että marraskuun alkupäivinä oli enää yhdeksättä suuruusluokkaa. On maailmanhistoriassa varmastikin aivan omalaatuinen tapaus, että sama henkilö löytää kaksi uutta tähteä, ja vieläpä samana vuonna.

Neljäs vuoden 1936 uusi tähti, joka oikeastaan löydettiin kolmanneksi, leimahti loppuvuodella Jousimiehen tähdistössä. Tämän tähden pienen deklinaation takia sitä voitiin tutkia vain verraten eteläisillä leveysasteilla. Se kuului löytöhetkellään 4. suuruusluokkaan ja himmeni noin kuukauden ajalla kahdeksanteen luokkaan kuuluvaksi.

Viides uusi tähti oli supernova. Tästä tähdestä on mainittu tarkemmin tuonnempana.

on myöskin kuumin valkoinen kääpiö kuuluen kirjonsa puolesta O-luokkaan, johon paitsi sitä kuuluu vain kaikkein kuumimpia suuria tähtiä ja niitäkin melko vähän.

Tämä pieni tähti näyttää olevan joka suhteessa aivan äärimmäinen valkoisten kääpiöitten joukossa, mutta kun niitä tunnetaan nykyään varmuudella vain seitsemän[1], ei ole ihme, vaikka vielä erikoisempiakin kääpiöitä löydettäisiin.

Alla olevassa taulukossa on mainittu kaikkien seitsemän tunnetun valkoisen kääpiön sekä kahden tähden, jotka luultavasti myös kuuluvat niihin, nimi, näennäinen ja absoluuttinen suuruusluokka, kirjoluokka, etäisyys valovuosissa, säde (maapallonsäde yksikkönä), tiheys ja massa.

Nimi	m	M	Sp.	Et.	R	Tiheys veden tih.	Massa aur. massa
o_2 Eridani B	9.6	11.1	A_0	16	2.1	92 000	0.455
Sirius B	8.5	11.3	F_0	9	3.5	41 000	0.934
Wolf 1 346	11.3	9.8	B_7	63	2.8	—	—
van Maanen tähti	12.3	14.3	F	13	0.9	7 000 000	3
A C 70°.8247	13.5	12.6	O	50	0.5	36 000 000	2.8
Oosterhoffin tähti	13.4	8.6	A_2	297	—	—	—
Wolf 219	14.7	13.9	F	48	—	—	—
A. C. 82.3818	12.8	—	B_5	—	—	—	—
B. D. 54.2461	9.7	—	A_0	—	—	—	—

[1] Painatuksen aikana kirjoittajan tietoon tulleen mukaisesti on edelleen löydetty yksi varma valkoinen kääpiö ja kaksi sellaista joita epäillään niiksi.

Kahdeksas varma valkoinen kääpiö on Ajajan tähdistössä, sen todellinen suuruusluokka on 12, kirjaluokka Ao ja etäisyys 36 valovuotta.

Nuo epäilyksenalaiset taas kuuluvat molemmat Hyadeihin ja ovat myöskin kirjoluokan A tähtiä.

SISÄLTÖ.