



# TÄHTITIETEEN HARRASTAJAN KIRJA

WSOY

Kivankveistäjä

Feniks

TÄHTITIETEEN  
HARRASTAJAN  
KIRJA

URSAN JULKAISUJA III

---

TÄHTITIETEEN

*HARRASTAJAN*

*KIRJA*



PORVOO - HELSINKI

---

WERNER SÖDERSTRÖM  
OSAKEYHTIÖ

# TÄHTITIEHEN

HARRASTAJAN

KIRJA



Helsinki 1947

Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran  
Kirjapainon Oy.

## SISÄLLYSLUETTELO

Ursan puheenjohtajan alkulause .....	7
1. Tähtitieteen harrastuksesta ja tähtitaivaasta. <i>E. Sucksdorff</i> .....	9
2. Harrastajan kaukoputki ja muut havaintovälineet. <i>Uuno Pesonen</i> ....	14
3. Peilikaukoputken valmistaminen. <i>Uuno Pesonen</i> .....	30
4. Muutamia yleisohjeita havainnontekijöille. <i>E. Sucksdorff</i> .....	46
5. Trigonometrian alkeet. <i>R. A. Hirvonen</i> .....	49
6. Pallotähtitieteen peruskäsitteet. <i>R. A. Hirvonen</i> .....	65
7. Pallotähtitieteellisiä laskutehtäviä. <i>R. A. Hirvonen</i> .....	78
8. Pallotähtitieteellisiä mittaustehtäviä. <i>R. A. Hirvonen</i> .....	92
9. Muuttuvat tähdet. <i>Urpo Kuuskoski</i> .....	102
10. Auringonpilkkujen havaitseminen. <i>Uuno Pesonen</i> .....	107
11. Tähdenteltojen havaitseminen. <i>E. Sucksdorff</i> .....	111
12. Tähtivalokuvauksesta. <i>E. Sucksdorff</i> .....	116
13. Lyhyitä viitteitä erilaisiin harrastajatehtäviin. <i>Pentti Kalaja</i> .....	122
14. Tähtitieteellinen kirjallisuus ja aikakauslehdet. <i>Pentti Kalaja</i> .....	133
15. Tähtitieteellinen yhdistys Ursa .....	137
16. Luonto-liitto .....	139
• Taulukoita ja numerotietoja .....	141—200
17. Ajanlaskutaulukoita. <i>Pentti Kalaja</i> .....	142
1. Päivämäärän muuttaminen vuoden desimaaleiksi .....	142
2. Aikamitan muuttaminen vuorokauden desimaaleiksi .....	143
3. Juliaanisen jakson päivämäärätaulukko .....	144
4. Taulukot tähtiajan laskemiseksi .....	145
5. Ajantasaustaulukko .....	146
6. Pääsiäistaulukko .....	149
18. Pallotähtitieteen aputaalukoita. <i>Pentti Kalaja</i> .....	151
7. Vuotuinen prekessio rektaskensiossa .....	151
8. Vuotuinen prekessio deklinaatiossa .....	152
9. Yleisen refraktion taulukko .....	153
10. Refraktion lämpötila- ja ilmanpainekorjausten taulukko .....	154
11. Ekstinktio .....	154

19. Aurinkokunta <i>Pentti Kalaja</i> .....	156
12. Maapallon vakioita .....	156
13. Muita tähtitieteellisiä vakioita .....	156
14. Kiertotähtien radat .....	157
15. Aurinko ja kiertotähdet .....	158
16. Kuut .....	159
17. Eräiden pikkuplaneettojen alkioita .....	160
18. Jaksolliset pyrstötähdet .....	162
19. Tähdentopparvet .....	163
20. Kiintotähdet. <i>Pentti Kalaja</i> .....	165
20. Tähdistöjen nimet lyhennyksineen .....	165
21. Kreikankielen aakkoset .....	166
22. Kiintotähtien yleisluettelo .....	166
23. Muutamien kiintotähtien koordinaatit .....	172
24. Pohjantähden deklinaatio .....	173
25. Napatähtien kirkkaustaulukko .....	174
26. Läheisimmät tähdet .....	175
27. Kirkkaimmat tähdet .....	177
28. Kiintotähtien etäisyyksien laskutaulukko .....	178
29. Kaksoistähdet .....	179
30. Yhteissuuruusluokan laskutaulukko .....	186
31. Muuttuvat tähdet .....	187
32. Argolin pimennystaulukko .....	194
21. Tähtijoukot ja tähtisumut. <i>Pentti Kalaja</i> .....	195
33. Avonaiset tähtijoukot .....	196
34. Pallonmuotoiset tähtijoukot .....	197
35. Linnunradan tähtisumut .....	198
36. Planetaariset sumut .....	198
37. Linnunradan ulkopuolella olevat tähtisumut .....	199
22. Kuukartan nimiluettelo .....	201
23. Tähtikartta ja siihen liittyvät peitepiirrokset .....	203
24. H a k e m i s t o .....	205

Lisätäkseen tarkoituksensa mukaisesti tähtitieteellistä harrastusta ja opiskelua Tähtitieteellinen yhdistys Ursa päätti kokouksessaan maaliskuun 5. päivänä 1945 aikaansaada tähtitieteen opaskirjan ja valitsi toimikunnan sen laatimisesta huolehtimaan. Toimikunnan työn tuloksen ilmestyy nyt tämä »Tähtitieteen harrastajan kirja». Siinä ovat kirjoitukset ja taulukot ovat tohtorien R. A. HIRVOSEN, PENTTI KALAJAN, URPO KUUSKOSKEN, UUNO PESOSEN ja E. SUCKSDORFFIN käsialaa; kartat on piirtänyt maisteri TAUNO HONKASALO, ja toimitustyön käytännöllisestä puolesta ovat huolehtineet tohtorit KALAJA ja KUUSKOSKI. Ursan nimessä pyydän näille tiedemiehille lausua sydämelliset kiitokseni siitä paljon aikaa viennestä ja suuriarvoisesta työstä, jonka he täten ovat tehneet tähtitieteen harrastuksen lisäämiseksi maassamme. Samalla toivon tämän kirjan kuluvan ahkerien lukijain käsissä.

Vielä pyydän Ursan puolesta kiittää Suomalaisen Kirjallisuuden Edistämisvarojen Valtuuskuntaa, joka on hyväntahtoisesti myöntänyt Ursalle apurahan tämän julkaisun toimittamista varten.

Helsingissä toukokuun 7. p:nä 1946.

V. A. Heiskanen  
Ursan puheenjohtaja.

## I. TÄHTITIETEEN HARRASTUKSESTA JA TÄHTITAIVAASTA.

*Ei ole jalompaa tutkittavaa  
kuin tähdet ja taivaankappaleet.*  
Seneca.

Tähtitiedettä voidaan harrastaa monella eri tavalla.

Joillekin harrastajille tähtitiede merkitsee ennen kaikkea esteettistä nautintoa. Varsinkin heille tähtitaivas tuhansine tuikkeineen, tuhansine väreineen taivaan tummaa taustaa vasten, on ehtymätön kauneuden lähde. Ne ikivanhat tarut, jotka liittyvät tähtien ja tähtikuvioiden nimiin, antavat sadun kultahohteen koko sille tieteelle, tieteistä vanhimmalle, joka tutkii taivaan ihmeitä. Ja todelliset tiedot avaruuden rakenteesta, sen valtavista mittasuhteista, sen huimaavista etäisyyksistä, sen koneiston ihmeellisestä toiminnasta, kohottavat jokaisen ajattelevan ihmisen mielen yleväksi ja nostavat sen juhlaan korkeuksiin, ylös maan tomusta.

Toisia tähtitieteen harrastajia taas vetää voimakkaimmin puoleensa avaruuden järjestelmän matemaattinen johdonmukaisuus, ne järkähtämättömät luonnonlait, jotka ohjaavat koko maailmankaikkeutta. Näiden tähtien ystävien työkenttä on omassa kammiossa, jossa laskutyö, taulukot ja piirrookset kertovat eletyistä onnen ja ilon, mutta myös vaivojen ja pettymysten hetkistä.

Ja kolmas harrastajien ryhmä on ennen muuta kiinnostunut suoranaisten havaintojen teosta. Eräät onnelliset omistavat oikean tähtikaukoputken, ja sehän avaa jo suuret mahdollisuudet vakavienkin tähtitieteellisten havaintojen suorittamiselle. Mutta arvokkaita havaintoja voidaan menestyksellä tehdä myös vallan yksinkertaisin välinein, jopa paljain silminkin.

Näistä havaitsijoista monet, kenties useimmat, tutkivat tähtiä vain omaksi huvikseen. Kuitenkin tähtitiede kuuluu niihin luonnontieteisiin, joiden parissa utteralla harrastajalla on tilaisuus myös omalla työllään hyödyttää itse tiedettä. Tähtitieteen työkenttä on näet paisunut niin laajaksi, etteivät ammattiastronomit enää voi sitä yksin hallita. Niinpä esim. tähdenlentojen ja muuttuvien tähtien jatkuva havaitseminen on joutunut suurelta osalta harrastajien hoitoon. Heidän työnsä tulokset joutuvat jonkin keskusjärjestön (meillä Ursan) välityksellä tieteen palvelukseen.

Hyvin monissa tähtitieteen harrastajissa nämä kolme harrastussuuntaa yhtyvät, ja tämä kirja tahtoo antaa apuaan niille kullekin. — Mutta tämä kirja ei sisällä edes lyhyttäkään oppikurssia itse tähtitieteessä, vaan kaikki yleistiedot täytyy hankkia muista kirjoista. Näistä, samoin myös tähtitieteellisistä aikakauslehdistä, on tuonempana (siv. 133) luettelo. Tämän kirjan tarkoituksena on näet olla vain käsikirjana ja työkaluna tähtitieteen harrastajan avuksi.

Harrastettakoonpa tähtitiedettä miltä kannalta tahansa, on tähtitaivaan, sen tähdistöjen ja yksityisten kirkkaampien tähtien tunteminen joka tapauksessa harrastelun oleellisena edellytyksenä. Tähtitaivaan tuntemuksen pitäisi itse asiassa kuulua jokaisen kulttuuri-ihmisen yleissivistykseen.

Tähtitaivaan oppiminen tapahtuu helposti esim. kirjan lopussa olevan tähtikartan avulla, joskin aloittelevalle pienempikin kartta riittäisi. Koska näemme taivaankannen pallon muotoisena, sen kuva vääristyy, jos se esitetään yhtenä ainoana tasokarttana. Siitä syystä tässä julkaisemamme kartta on jaettu osiin: pyöreä kartta esittää taivaan pohjoisnapaa ympäröivää aluetta ja suorakulmaiset kartat niitä taivaanseutuja, jotka ovat ekvaattorin molemmin puolin. Jos näistä kartoista liimattaisiin kokoon pyöreä rasia, jossa napaseudun kartta muodostaisi pohjan ja suorakulmaiset kartat sivut, kaikissa tähdet sisäpuolella, saisimme tähtitaivaasta verrattain oikean kuvan, kun katsoisimme tämän rasian sisään, pitäen sitä päämme päällä.

Kartan käyttäjän täytyy ottaa huomioon, etteivät kaikki tähdet näy taivaallamme yhtäaikaan, eivät myöskään aina samoilla ilmansuunnilla. Koska Maa pyörii akselinsa ympäri vastapäivään, taivaankansi tähtineen kaikkineen näyttää vuorokaudessa pyörähtävän ympäri myötäpäivään. Niinpä ne tähdet, jotka illalla tuikkivat eteläisellä taivaalla, ovat aamulla sukeltaneet pohjoisen taivaanrannan alle, ja sieltä on yön kuluessa nousut uusia tähtiä ja tähdistöjä eteläisen aamutaivaan koristeiksi. Vain ne tähdet, joiden etäisyys (kaarimitoissa) taivaan pohjoisnavasta (Pohjantähdestä) on pienempi kuin havaintopaikan maantieteellinen leveys, ovat aina taivaanrannan yläpuolella.

Jos tekisimme havaintomme maapallon pohjoisnavalta, kaikki tähdet olisivat tällaisia cirkumpolaarisia eli navanympäristötähtiä. Ne eivät nousisi eivätkä laskisi, vaan ne kaikki suorittaisivat vuorokautisen kiertonsa pysyen yhtä korkealla taivaanrannasta. Mutta sitä mukaa kuin havaintopaikka siirtyy maapallon pintaa pitkin päiväntasaajaa kohti, myös taivaannapa laskeutuu yhä alemmas pohjoisella taivaalla, tähtien näennäinen vuorokautinen kierto muuttuu vinoksi, ts. tähdet nousevat ja laskevat, ja uusia taivaanosia ilmaantuu näkyviin taivaan-ekvaattorin eteläpuolelta. Helsingissä taivaan pohjoisnapa on  $60^\circ$  taivaanrannan yläpuolella, ja koska etäisyys taivaanrannasta lakipisteeseen on  $90^\circ$ , Helsingissä voidaan (edullisissa olosuhteissa) havaita vielä ne tähdet, jotka ovat  $30^\circ$  taivaan-ekvaattorin eteläpuolella.

Toisen muutoksen tähtitaivaan asennossa havaitsijaan nähden aiheuttaa Maan

vuotuinen kierto Auringon ympäri. Taivaankansi on kuin suunnattoman suuri ontto pallo, jonka keskipisteessä on Aurinko ja sitä kiertävä pienoinen maapallo. Auringon voimallinen säteily hallitsee koko sen taivaanpallon puoliskon, missä Aurinko Maasta katsottuna on, ja tähdet näkyvät vain päinvastaiselta eli yöpuolelta. Mutta kuuden kuukauden perästä Maa on radassaan ennättänyt Auringon toiselle puolelle, ja silloin yötaivas käsittää sen taivaanpallon osan, minkä auringonsäteet loistollaan häikäisivät kuusi kuukautta aikaisemmin. Niinpä ne tähdet, jotka tänään ovat suoraan etelässä (meridiaanissa) esim. klo 21, ovat puolen vuoden kuluttua samaan vuorokaudenaikaan suoraan pohjoisessa, ja päinvastoin.

Jotta tähtikartan käyttäjä saisi heti käsityksen, mitkä tähdet kunakin vuoden päivänä ja vuorokauden tuntina ovat näkyvissä ja miltä ilmansuunnalta kutakin tähteä olisi haettava, on tähtikarttaan liitetty kuultopaperille painettu peitepiirros, jonka käyttöohje on sivulla 203.

Mukavin aika tähtitaivaan opiskelulle on syksyn tai kevään kuulakkaina iltoina tai aamuina, jolloin kylmä ei kovin pahoin häiritse ja heikko valonhämy sammuttaa pienimmät tähdet; nämä näet muuten helposti aloittelevalta sekoittavat kartan esittämän taivaankannen kuvan.

Lähtökohdaksi on parasta valita jokin selvä ja helposti löytyvä tähtikuvio. Sellainen on esim. *Kassiopeia*-kuningattaren tähdistö, jonka hieman venytäten piirrettyä *W*:tä muistuttava sikermä kimaltelee korkealla taivaalla, aivan Linnunradassa. Siitä on mukava seurata Linnunrataa kumpaankin suuntaan. Jos ensiksi lähdetään *W*:n »kirjoitussuuntaan», tullaan *Kefeus*-kuninkaan tähdistön vinoneliöön ja sitten *Joutsenen* ristiin; tarkemmin katsoen siinä todellakin voi nähdä joutsenen, joka kaartuvin siivin lentää pitkin Linnunrataa pois päin. Joutsenen vieressä *Lyyran* Vega säkenöi auransa kärkitähtenä, ja Linnunradan toisella reunalla *Kotkan* Altair loistaa kahden naapuritähden välissä. — Jos Kassiopeista lähdetään kulkemaan Linnunrataa toiseen suuntaan, tullaan *Perseus*-sankarin kirkkaaseen tähdistöön. Sen naapurina on *Ajomiehen* suljettu, hieman soikea kuvio, jonka loistavimman tähden, keltaisen Capellan, tuntee sen vieressä olevasta kapeasta tähtikolmiosta. Linnunradan toiselta reunamalta löytyy *Härän* laaja tähdistö; sen punainen päätähti, Aldebaran, säihkyy oman lumiauransa, Hyadien sikermän, haaranpäässä. Härän tähdistön alueella on myös Seulaisten eli Plejadien tuttu sikerö. Lähempänä taivaanranta Linnunradan samalla reunalla palavat *Orion*-metsästäjän suuret valot: ylhäällä Betelgeuze ja Bellatrix, alhaalla Saiph ja Rigel, ja niiden keskivälillä Väinämöisen kolmitähtinen vyö; nämä yhdessä muodostavat isoa *X*:ää muistuttavan kuvion, joka keskitalven iltoina hallitsee eteläistä taivasta. Orionista vasemmalle, Vyön jatkeella, säkenöi *Ison Koiran* Sirius, taivaankannen kirkkain kiintotähti. Linnunradan toisella reunalla, *Orionia* vastapäätä, on *Pienen Koiran* tähtipari Procyon ja Gomeiza, ja vähän ylempää löytyy *Kaksosten* miltei samansuuntainen tähtipari Castor ja Pollux.

Kun Linnunradan seutu näin on tullut tutuksi, on helppoa jatkaa taivaista tutkimusmatkaa sen molemmiin puolin. Kassiopeian alla — jos ajattelemme sen *W:n* piirretyksi pystyasentoon — on kuvio, joka muistuttaa hyvin suurikokoista Otavaa. Sen sakara syntyy *Andromedan* ja nelikulmio *Pegasuksen* tähdistöstä. Andromedan keskimmäisen tähden yläpuolelta voi paljain silminkin erottaa suuren tähtisumun hohteen, ja sakaran pään tähti  $\gamma$  taasen on yksi taivaan kauneimmista kaksoistähdistä. Näiden tähdistöjen alla on laaja mutta epämääräinen *Kalojen* (tässä tähdistössä on selvä ellipsin muotoinen kuvio Pegasus-neliön alapuolella) ja vielä lähempänä taivaanrantaa *Valaan* suuri tähtialue; tämän tähdistön ihmeellistä muuttujaa, Miraa, kohti näyttää Hyadien lumiauran kärki olevan suunnattuna. *Vesimiehen* tähdistön oppii ehkä parhaiten tuntemaan sen tähtien  $\eta$ ,  $\pi$ ,  $\gamma$  ja  $\zeta$  muodostaman »kolmijalan» avulla, ja Joutsenen ja Kotkan välimailloilla olevat *Delfiinin* ja *Nuolen* pienet tähdistöt niiden luonteenomaisten kuvioiden perusteella.

Taivaan toista puolta hallitsee *Ison Karhun* tähdistön Otava. Kun sen »sarvenpäiden»,  $\beta$ :n ja  $\alpha$ :n, yhdistysviivaa jatketaan (kuvio 45 siv. 93), tullaan Pohjantähteen, jonka paikka on Pikku Otavan sakaran eli *Pienen Karhun* hännän päässä ja asteen verran (= 2 kuunhalkaisijaa) taivaan pohjoisnavasta. Jos ison Otavan sakaraa jatketaan hieman kaartuen alaspäin, löytyy *Karhuvartijan* tähdistön monin värein säihkyvä *Arcturus*. Siitä jonkin matkaa *Vegan* suuntaan kimmeltelee *Pohjan Kruunun* kaunis otsaripa, ja päinvastaisella puolella ovat *Bereniken hiusten* pienet vilkkuvalot, joiden lomista kaukoputki loihtii näkyviin monta kaunista tähtisumua. Täältä *Kaksosten* suuntaan mentäessä tullaan *Leijonan* alueelle; sen pääkuvio, leijonan harja, on kuin kysymysmerkin peilikuva, missä eläinten kuninkaan oma tähti, *Regulus*, on pisteenä. Vielä kauempaa samalta suunnalta löytyy *Kravun* tähdistön sikerö *Praesepe* eli *Seimi*, josta kaksi *Aasinvarsaa*, tähdet  $\gamma$  ja  $\delta$ , syövät. Lähempänä taivaanrantaa tuikkivat *Neitsyen* kauniit tähdet, ylinnä muuta valkoinen *Spica* I. *Tähkä* ja *Vindemiatris* I. *Viininkorjaajatar*, ja näiden alapuolella ovat *Korpin* ja *Maljan* helposti tunnettavat kuvat. Mutta korkealla taivaalla *Lohikäärme* kiemurtelee *Lyyran* rajoilta saakka molempien Otavain välitse taivaannavan ympäri; sen trapetsimainen pää, jonka tähdet  $\gamma$  eli *Ettanin*,  $\beta$ ,  $\nu$  ja  $\xi$  muodostavat, löytyy *Vegan* ja *Pikku Otavan* sarvien välimailta.

Näin on läpikäytynä pohjoisen taivaan huomattavimmat tähdistöt. Niiden välissä ja ulkopuolella on vielä useitakin vaatimattomampia, mutta harrastaja oppii kyllä tuntemaan nekin vähitellen tähtikartan avulla. — Niinpä taivaamme tähdistä lopuksi tulee hänelle ystävällisiä tuttavuuksia, jotka hän saa kohdata läpi koko elämänsä jokaisena selkeänä yönä samankaltaisina kuin esivanhempamme ja edesmenneet sukupolvet ovat ne nähneet tuhansien vuosien vierieissä.

Mutta taivaanpallon pysyväiseen kuvaan kuuluvien ns. kiintotähtien lisäksi taivaalla säännöllisesti nähdään myös paljon lähempänä olevien, omaan aurinko-

kuntaamme kuuluvien taivaankappaleiden valoja. Puhumatta nyt *Auringosta* tai *Kuusta* myös useat *Maan* sisarkiortotähdistä vetävät katsojan huomion puoleensa, kun ne vaeltavat hiljaista rataansa tähtitarhojen halki. *Venus* eli *Iltai*- tai *Aamutähti* ja *Jupiter*, jättiläisplaneetta, loistavat kirkaammin kuin mikään muu taivaamme tähdistä, ja myös punainen *Mars* ja kellanpunerva *Saturnus*, rengasplaneetta, kilpailevat kirkkauudessa useimpien kiintotähtien kanssa.

Tavalliset tähtikartat eivät luonnollisestikaan voi ilmaista kiertotähtien paikkoja, ja niinpä nämä tähdet voivat helposti sekoittaa aloittelevaa hänen opetellessaan tuntemaan tähtitaivasta. Kiertotähtien mukanaolo on siis otettava lukuun. Kiertotähdet erottaa kiintotähdistä mm. siitä, etteivät ne tuiki ainakaan yhtä suuressa määrin kuin viimeksimainitut, vaan loistavat tasaisemmalla valolla; sitä paitsi niiden asema kiintotähtien suhteen päivien ja viikkojen kuluessa hitaasti muuttuu. Kiertotähdet löytää aina kapealta eläinradan vyöhykkeeltä ekliptikan, *Auringon* näennäisen radan (oikeastaan *maanradan* kuvan) kahden puolen, sillä kiertotähtien — ja *Kuun* — radat ovat likimain samassa tasossa kuin *Maan*kin rata. Niinpä tähtitieteen harrastajan on syytä opetella sekä ekvaattorin että ekliptikan asema tähtien suhteen — ja myös kolmannen »nollaympyrän», ns. *tasauskoluurin* paikka. Tämä on se isoympyrän kaari, joka yhdistää toisiinsa taivaan pohjoisnavan ja kevättasauspisteen (kuvio 42 siv. 67). Viimeksimainittu piste on suunnilleen siinä taivaankohdassa, joka on *Pegasus-neliön* molempien vasemmanpuolisten (itäisten<sup>1</sup>) tähtien,  $\alpha$  *Andromedaen* ja  $\gamma$  *Pegasin*, suunnassa alas (etelään) päin ja näiden tähtien välimatkan päässä viimeksimainitusta.

Tähtikarttamme esittää vain ne taivaanseudut, jotka näkyvät meiltä Suomesta. Taivaanpallon eteläisen osan tähdet täytyy niistä kiinnostuneen siis etsiä muualla julkaistuista kartoista.

<sup>1</sup> Koska tähtikartat, päinvastoin kuin maakartat, esittävät kuvattavansa »sisästä ulospäin», näissä itä ja länsi ovat toisin päin kuin maakartoissa. Tähtikartoissa länsi tarkoittaa myötäpäiväistä suuntaa.



## 2. HARRASTAJAN KAUKOPUTKI JA MUUT HAVAINTOVÄLINEET.

Suurin osa ihmisiä luulee, että tähtien ja tähtitaivaan tutkiminen on mahdollista ainoastaan, jos on käytettävissä hyvä ja silloin valitettavasti myös kallis kaukoputki eikä muka ilman tätä välinettä kannata ollenkaan ryhtyä tähtitaivaan tarkkailuun. Kaukoputken käyttömahdollisuus onkin tietysti hyvin suotava, mutta on muistettava, että kaukoputki on verraten nuori keksintö, vasta vähän yli 300 vuoden takainen, kun taas tähtitiede on vanha. Ilman tätä välinettä luotiin PTOLEMAIOKSEN maailmanjärjestelmä ja mikä vielä ihmeellisempää, tämän opin kumoajilla KOPERNIKUKSELLA ja KEPLERILLÄKÄÄN ei ollut kaukoputken apua mullistavia havaintoja tehdessään. KEPLER tutustui siihen vasta vähän myöhemmin.

Jokaisella näkevällä ihmisellä on aina mukanaan ja käytettävissään kelpo optinen koje, hänen oma silmänsä, jonka näkökenttä on laajempi kuin minkään kaukoputken, ja jonka valoherkkyys voittaa herkimmänkin valokuvauslevyn tai -filmin. Asiaan innostunut löytää tähtitaivaalta paljain silminkin paljon oppimista ja kiintoisaa havaintoainesta, kuten tähtikuviot, tähtien näennäiset liikkeet ja erilaiset värit, valon jakaantuminen Linnunradan eri osissa, muuttuvien tähtien havaitseminen, jopa hän voi tehdä ajanmääräyksiäkin. Tähtikuvioiden ja kirkkaimpien tähtien tuntemuksen saavuttaminen — paljain silmin ja tähtikartan avulla — onkin harrastajan ensimmäinen tehtävä; kun hän sitten saa käsiinsä kaukoputken, suuremman tai pienemmän, avautuu hänelle runsaasti uusia näköaloja ja tutkimuskohteita »tähtimaastossa», jossa hän nyt saattaa retkeillä eksyksiin joutumatta.

Kaukoputki ja tähtikartta ovat tähtien ystävän ensimmäiset ja tärkeimmät apuvälineet, joiden lisäksi ensi kädessä tulee kysymykseen valokuvauskone ja vielä eräät muut kojeet. Tässä kirjoituksessa tutustutaan näistä kaukoputken ja tärkeimpiin siihen liittyvistä laitteista.

Millainen tulee sitten harrastajan kaukoputken olla, kaiketi suuri, jotta valtavien matkojen päässä olevat tähdet sillä hyvin näkyisivät? Onnellinen onkin se tähti innostunut ihminen, jolla on tilaisuus käyttää suurta ja kunnollista kaukoputkea, mutta pienelläkin voidaan saada paljon aikaan, kun sitä ymmärtäväisesti ja innostuksella käytetään. Jo tavallinen 4—8 kertaa suurentava teatteri- tai prismakiikari on monessa tapauksessa kelvollinen havaintoväline puhu-

mattakaan ehkä parikymmentä kertaa suurentavasta kaukoputkesta. Edellisellä on se etu, että sitä voidaan käyttää käsivaraisestikin, jota vastoin jälkimmäinen on käytettäessä tavalla tai toisella tuettava. Melkein kaikkia tähtitaivaan luonteenomaisia ilmiöitä näkee jo tällaisin välinein: tähtijoukkoja ja -sumuja, kaksoistähtiä, kuunvuoria ja »meriä», Jupiterin neljä kirkkainta kuuta j.n.e. Kirkkaampien muuttuvien tähtien havainnoissa, jotka juuri ovat sopivaa harrastajan hommaa, on teatteri- ja prismakiikari melkein pä paras mahdollinen väline.

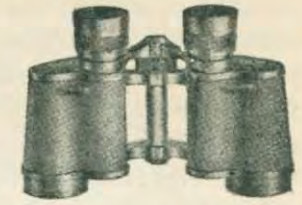
Tähtitieteellisiä kaukoputkia on kahta rakenteeltaan erilaista tyyppiä: linssikaukoputkia eli refraktoreja ja peilikaukoputkia eli reflektoreja. Edellisen pääosan muodostaa sen paksummassa päässä oleva linssi, n.s. objektiivivi, jonka läpi katseltavasta esineestä (esim. tähdestä) tulevat valonsäteet kulkevat taittuen siinä niin, että ne synnyttävät kaukoputken toiseen päähän esineen todellisen kuvan; sitä katsellaan siellä olevalla suurennuslasilla eli okulaarilla. Peilikaukoputken objektiivina on kovera, etupinnaltaan hopeoitu peili, joka heijastaa siihen sattuneet valonsäteet muodostaen etupuolelleen esineen kuvan, jota taas okulaarilla katsellaan. Peiliteleskooppi on harrastajain erikoisesti suosima varsinkin sen vuoksi, että sen objektiivipeilin hiominen on mahdollinen melkein pä kelle hyvänsä, jota vastoin linssikaukoputken objektiivin valmistaminen on harrastajalle ylivoimainen tehtävä.

Kuva 2 esittää tähdestä tulevien valonsäteiden kulkua tähtitieteellisessä linssikaukoputkessa eli Keplerin kaukoputkessa, kuten sitä myös nimitetään sen vuoksi, että KEPLER suunnitteli tämän kaukoputken tyyppin. Itse kaukoputki oli keksitty Hollannissa jo v. 1608 ja seuraavasta vuodesta alkaen GALILEI käytti sitä tähtitaivaan tutkimiseen. Mutta tässä n.s. Galilein kaukoputkessa okulaarina on kaksoiskovera linssi, eikä se sovi varsinkaan tähtitieteellisiin mittauksiin niin hyvin kuin Keplerin putki. — Objektiivin ja okulaarin keskipisteiden kautta kulkevaa suoraa sanotaan kaukoputken optiseksi akseliksi. Tä-



K u v a 2. Valonsäteiden kulku refraktorissa. *O* on objektiivivi, *o* okulaari, *F* polttopiste.

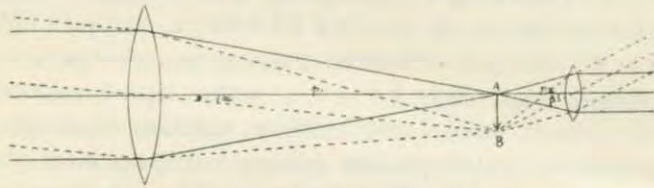
destä tulevat optisen akselin suuntaiset valonsäteet kulkevat objektiivin keskuksen läpi taittumatta, mutta sen muissa osissa taittuvat niin, että ne yhtyvät pisteessä *F*, objektiivin polttopisteessä, muodostaen siihen tähden kuvan. Pisteestä ja linssin väliä sanotaan linssin polttoväliksi. Lyhytpolttovä-



K u v a 1. Prismakiikari, oivallinen väline esim. muuttuvien ja pyrstötähtien huomiointiin.

kuva katsottaessa saa olla kauas tarkennettuna. Jos katseltavana on pisteenä näkyvän tähden asemasta esine, jolla on ulottuvaisuutta, kuten Kuu, tähtisikerö j.n.e., niin esineen kustakin pisteestä tulevat säteet objektiivin läpi kuljettuaan yhtyvät F:n kautta kulkevassa optista akselia vastaan kohtisuorassa polttotasossa muodostaen siihen esineen pienennetyn, ylösalaisin näkyvän kuvan. Tästä johtuukin, että tähtitieteellisessä kaukoputkessa esineet ja liikkeet nähdään »väärin» päin. Maakaukoputkissa, joihin prismakiikarikin kuuluu, on erikoinen välilinsi tai -prisma kuvan oikein päin kääntämistä varten.

Kuvassa 3 esitetään kaavamaisesti kuvan syntyminen. Kaukaiseksi esineeksi on ajateltava pystyssä oleva nuoli, jota kohti kaukoputki on suunnattu siten, että nuolen alapää sattuu juuri optiselle akselille. Yläpäästä tuleva, linssin keski-



K u v a 3. Kuvan syntyminen kaukoputkessa.

pisteen kautta kulkeva säde muodostaa akselin kanssa kulman  $\alpha$ , jossa kulmassa esine näkyy myös paljaaseen silmään. Objektiivin polttotasoon syntynyt nuolen kuva on AB, joka okulaarin läpi katsottaessa näkyy kulmassa  $\beta$ . Kaukoputken s u u r e n n u s on näiden kulmien tangenttien suhde. Jos objektiivin ja okulaarin polttovälejä merkitään  $p_1$  ja  $p_2$  ja suurennusta  $S$ :llä, niin on kuvion mukaan

$$S = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{AB}{p_2} : \frac{AB}{p_1} = \frac{p_1}{p_2}$$

Kaukoputken suurennus on siis yhtä suuri kuin objektiivin ja okulaarin polttovälien osamäärä. Mitä lyhyempi okulaarin polttoväli on, sitä enemmän kaukoputki suurentaa eli sitä lähemmäksi se näyttää tuovan esineet. Tästä johtuu, että samalla kaukoputkella saadaan erilaisia suurennuksia, kun vain käytetään eri polttovälisiä okulaareja. Tähtikaukoputkeen kuuluukin yleensä useita okulaareja eri suurennuksia varten.

Objektiivin polttoväli on helppo likimäärin arvioida joko esim. synnyttämällä sillä Auringon kuva paperille ja mittaamalla tämän etäisyys linssistä tai mittaamalla palavan lampun ja linssin siitä muodostaman kuvan etäisyydet linssistä ja laskemalla polttoväli fysiikan tunnetusta kaavasta

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

jossa  $f$  merkitsee polttoväliä,  $a$  lampun ja  $b$  sen kuvan etäisyyttä linssistä. Mitä tässä on sanottu linssistä, pitää paikkansa myös koveraan peiliin nähden; kuvat

vain syntyvät siinä samalle puolelle kuin esine. Sen vuoksi kokeessa peili on oleva hiukan vinossa esineen etäisyysuuntaa vastaan, jotta kuvakin saadaan vähän sivulle. — Okulaarin polttovälin arviointi on vaikeampi; parasta onkin jo sitä osetttaessa ottaa selvä sen polttovälistä ja merkitä se mieluummin itse okulaarin suojuhylysyyn.

On toinenkin hyvin yksinkertainen keino kaukoputken suurennuksen likimääräiseksi arvioinniksi. Suunnataan se valoisaa taivasta kohti esim. ikkunasta, ja kun silloin katsotaan okulaaria tavallisen näkömatkan päästä, nähdään siinä pieni valkoinen ympyrä, objektiivin kuva. Sen halkaisija mitataan millimetri-mitalla mahdollisimman tarkasti, samoin itse objektiivin halkaisija. Se luku, joka ilmaisee, kuinka monta kertaa objektiivin halkaisija on okulaarissa näkyvää kuvaansa suurempi, on kaukoputken suurennus. — Prismakiikareissa suurennus on tavallisesti kaiverrettu kehukseen; esim. kaiverrus  $6 \times 30$ , merkitsee sitä, että suurennus on kuusinkertainen ja että objektiivin halkaisija on 30 mm.

On erehdys luulla, että kaukoputkessa on aina paras käyttää suurinta mahdollista suurennusta. Mitä suurempi on nim. suurennus, sitä tuntuvammat ovat myös ilman väreilyn ym. aiheuttamat häiriöt, jotka tekevät kuvan epäselväksi, ja sitä heikompivaloisena kuva näkyy. Sen vuoksi heikkovaloisia kohteita kuten esim. tähtisumuja on katseltava suhteellisen vähäisellä suurennuksella, kun taas kiertotähtiä katsellessa on koetettava käyttää niin vahvaa suurennusta kuin kaukoputki sietää tai ilmahäiriöt sallivat, jotta niiden pinnan yksityiskohdat tulisivat mahdollisimman hyvin näkyviin. Havaintojen tekijä oppii kyllä pian huomaamaan, millainen suurennus kulloinkin on paras. Yleensä on syytä alottaa heikosta suurennuksesta ja kokeilla sitten, miten vahvan suurennuksen sää ja muut olosuhteet sallivat. Jonkinlaisena viitteenä siitä, millaisia suurennuksia on sopiva käyttää, voidaan sanoa, että hyvissä sääsuhteissa suurin sopiva suurennus on kaksi tai enintään kolme kertaa objektiivin halkaisija millimetreissä lausuttuna, joten siis esim. 80 mm:n objektiivilla olisi suurin kelvollinen suurennus noin 200-kertainen. Pienin suurennus, jota valovoiman vahvistamiseksi kannattaa käyttää, on taas kaksi kertaa objektiivin senttimetreissä lausuttu halkaisijan lukuarvo.

Kaukoputken n ä k ö k e n t t ä on se pyöreä alue (esim. tähtitaivasta), jonka sillä voi yhtäaikaan nähdä. Sen mittana käytetään alueen halkaisijaa kaarimitassa (asteissa) lausuttuna. Näkökentän suuruuden määrää okulaarin näkökenttä ja käytetty suurennus. Edellisen taas rajoittaa se, miten suuressa kulmassa okulaarilla voidaan katsoa ilman että kuva tulee reunoilta epäselväksi. Kulma on jonkin verran eri suuri erilaisissa okulaareissa ollen  $30-50^\circ$ . Kaukoputken näkökenttä on likimain yhtä suuri kuin okulaarin näkökenttä jaettuna suurennuksella. Jos siis okulaarin näkökenttä on  $40^\circ$  ja suurennus  $80 \times$ , niin kaukoputken näkökentän halkaisija on  $1/2^\circ$  eli yhtä suuri kuin Kuun tai Auringon, joten nämä taivaankappaleet juuri mahtuisivat näkökenttään. Kaukoputken näkökentän suuruuden voikin arvioida katselemalla Kuuta tai Aurinkoa ja muistamalla, että

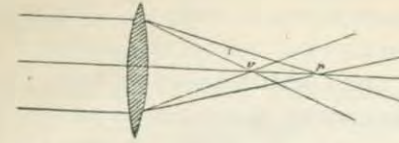
niiden halkaisija on noin  $\frac{1}{2}^\circ$ . Mitä suurempaa suurennusta käytetään, sitä pienempi on näkökenttä ja sitä vaikeampi on löytää määrättyä tähteä.

Objektiivin valovoimakkuus on suoraan verrannollinen sen aukkoisuuteeseen, joka taas on sen halkaisijan suhde polttoväliin ja ilmaistaan murtoluvulla, osottajana 1 tai tavallisemmin F. Jos siis linssin polttoväli on  $15 \times$  halkaisija niin sanotaan sen aukkosuhteen (valovoimakkuuden) olevan 1:15 tai F:15, siis samoin kuin valokuvauskoneessa. Itse kaukoputken valovoimakkuus, okulaarin läpi katsottaessa, riippuu sitten käytetystä suurennuksesta. Jos on kysymys valaisevasta pinnasta kuten Aurinko, tähtisumu t.m.s., niin mitä voimakkaampi suurennus, sitä pienempi on kuvan pintakirkkaus eli kirkkaus pintayksikköä kohti, suurennuksen neliön mukaan. Tällä on merkitystä esim. heikkovaloisia sumuja katseltaessa tai valokuvattaessa. Kun kiintotähtien kuvat ovat aina likimain pistemäisiä, niin ne eivät noudata yllämainittua sääntöä. — Refraktorin objektiivin aukkosuhde on tavallisesti F:12—F:15, mutta toisinaan jopa F:5. Näin valovoimaisten objektiivilinssien valmistaminen on perin vaikea; niitä käytetään hyvin heikkovaloisten sumujen ja pyrstötähtien tutkimiseen. Peilikaukoputkien objektiivit (peilit) on helpompi tehdä valovoimaisiksi; tavallisesti käytetäänkin aukkosuhdetta F:6—F:10.

Objektiivi on kaukoputken tärkein ja myös kallein osa, ja sen hyvyys määrää koko putken kelpoisuuden ja arvon. Valitettavasti täysin virheetön objektiivi on toistaiseksi saavuttamaton tavoite, mutta optillinen tekniikka on päässyt hyvin pitkälle koettaessaan poistaa niitä virhelähteitä, jotka objektiivissa pyrkivät huonontamaan sen synnyttämää kuvaa. Seuraavassa tarkastelemme lyhyesti tärkeimpiä objektiivilinssin virheitä ja niiden poistamiskeinoja. Kun kaukoputkea käytetään usein myös taivaankappaleiden valokuvaukseen poistamalla okulaari ja sijoittamalla kasetti levyineen objektiivin polttotasoon (vrt. valokuvauskone), niin objektiivi on oleva vähän erilainen sen mukaan, käytetäänkö sitä pääasiassa valokuvaukseen vai suoranaisen katselemiseen eli visuaalihavaintoihin. Jälkimmäisessä tapauksessa havainnot suoritetaan lähellä optista akselia, niin että kuvan tarvitsee olla hyvä vain pienellä alalla akselin ympärillä, jota vastoin valokuvauksessa pyritään käyttämään mahdollisimman suurta kenttää, ja objektiivin on kyettävä muodostamaan laajempi mutta silti moitteeton kuva. Tämä aiheuttaa suuremmat vaatimukset objektiivin valmistamiselle.

Väripoikkeama. Yksinkertainen linssi, olipa se hiottu kuinka hyvin tahansa, taittaa valon erivärisiä säteitä eri tavalla, sinisiä ja violetteja enemmän, punaisia vähemmän; se ei siis ainoastaan taita valoa vaan myös hajottaa valkoisen valon sateenkaaren väreihin kuten särmiö. Tästä seuraa, että linssillä on eri polttovälit erivärisille säteille, lyhin violetteille, pisin punaisille (kuva 4). Tähtien valkoinen valo ei niin ollen yhdykään yhteen pisteeseen, vaan syntyy reunoiltaan värillinen kuva. Tämä väripoikkeama eli väriaberratio saadaan suurimmaksi osaksi poistumaan siten, että objektiivina käytetään

sopivaa kahden eri lasilajeista hiottun linssin yhdistelmää, jolloin objektiivia sanotaan akromaattiseksi. Yksinkertaisin akromaattinen objektiivi syntyy kaksoiskuperan kruunulasi- ja tasokoveran lyijylasilinssin yhdistel-

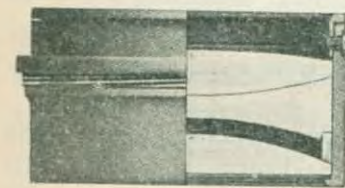


Kuva 4. Linssin väripoikkeama.

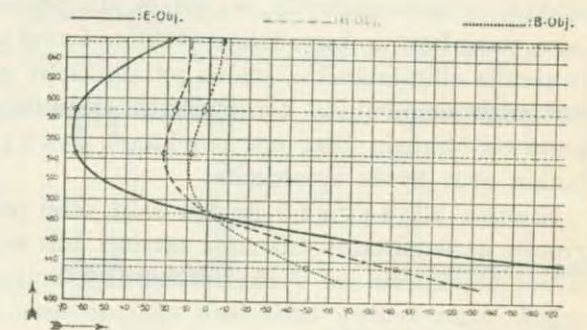


Kuva 5. Akromaattinen objektiivi.

mästä (kuva 5). Kummankin lasin valontaittamiskyky on jokseenkin sama, mutta valonhajotuskyky on kruunulasilla vain suunnilleen puolet siitä, mitä se on piilasilla. Näin ollen piilasilinssi kykenee kokoamaan kruunulasin hajottaman valon, vaikka sen koveruus on vain puolet kruunulasin kuperuudesta eikä siis valon hajaantumista synny, mutta tasokupera linssiyhdistelmä taittaa valon niinkuin se olisi yhtä lasia. Valon hajaantuminen välttyy kuitenkin vain määrättyissä valoallon pituuksissa, minkä vuoksi akromaattisuus ei ole aivan täydellinen, vaan jällelle jää hajaantunuttakin valoa. Se aiheuttaa heikon puna- tai sinihämöityksen valoisian kuvan reunalla, niin sanotun toisiokirjon eli sekundärispekttrin. Linssien kaarevuudet lasketaan ja hiotaan siten, että akromaattisuus on täydellinen kahdessa vaikuttavimmassa aallonpituudessa — visuaaliobjektiiveissa sinisten ja keltaisten säteiden kohdalla, valokuvausobjektiiveissa taas niissä aallonpituuksissa, jotka vaikuttavat voimakkaimmin valokuvauslevyyden — niin että toisiokirjo häiritsee niin vähän kuin mahdollista. Parhaissa nykyaikaisissa objektiiveissa värinhajaantuminen ei ole vältetty vain kahdessa aallonpituudessa, vaan leveällä kirjon osalla; tällaisia objektiiveja sanotaan apokromaattisiksi (kuvat 6 ja 7).

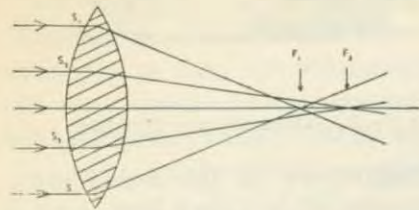


Kuva 6. Apokromaattinen objektiivi.



Kuva 7. E-, A- ja B-objektiivien polttovälit eri aallonpituuksissa. A ja B ovat apokromaattisia. Pystyasteikko: valoallon pituus, vaakasteikko: polttotason etäisyys keskimääräisestä.

**Pallopoikkeama.** Toinen yksinkertaisen linssin epäkohta on se, että jos sen pinnat ovat pallonpintoja — kuten ne yleensä ovat, sillä muunlaisia on hyvin vaikea valmistaa — niin ne keskenään yhdensuuntaisista, siis kaukaa tulevista säteistä, jotka kulkevat sen reunaosien läpi, taituttuaan yhtyvät lähempänä linssiä kuin keskiosien läpi kulkeneet säteet. Linssin eri vyöhykkeiden



K u v a 8. Pallopoikkeama.

polttovälit eivät siis ole yhtä suuret. Koska tämä ilmiö johtuu linssin pintojen pallonmukaisuudesta, sanotaan sitä pallopoikkeamaksi eli palloaberraatioksi (kuva 8). Tämäkin epäkohta pyritään välttämään mahdollisimman suurella määrällä korjaushionnalla ja sopivilla linssiyhdistelmillä, samanaikaisesti väripoikkeaman kanssa, ja se voidaankin painaa alle 1/1000 polttovälistä.

Edellä selostetut virhelähteet täytyy saada poistetuiksi mahdollisimman tarkoin sekä suoranaiseen katselemiseen että valokuvaukseen tarkoitetuista objektiiveista, ja jos ne ovat poistettut, on kuva lähellä optista akselia selvä ja hyvä. Mutta sitten on vielä virhelähteitä, joiden vaikutus tulee esille sivummalla, siis objektiivin vinosti sattuvien valonsäteiden luomissa kuvissa, ja jotka on koettava saada poistetuiksi erikoisesti valokuvausobjektiiveista. Tärkeimmät näistä ovat kuvapinnan kaarevuus ja koma-ilmiö.

**Kuvapinnan kaarevuus.** Optisen akselin suunnassa olevien tähtien kuvat muodostuvat objektiivin polttopisteeseen itse akselilla. Mutta sivulla sijaitsevien tähtien kuvat syntyvät tähtien ja objektiivin keskipisteen yhdistyssuorain jatkeilla oleviin pisteisiin, jotka kaikki ovat yhtä kaukana objektiivin keskipisteestä. Tästä on seurauksena, ettei kuvapinta voi olla taso, vaan pallonmukaisesti kaartunut. Jotta siis sivummallekin syntyneet kuvat tulisivat selviksi valokuvauslevyllä, sen pitäisi olla pallonmukainen. Kun näin ei ole asiantaita, vaan levy on taso, tulevat tähtien kuvat vain sen keskustassa pistemäisiksi ja sivulla ellipsimäisiksi, joiden pituusakselit suuntautuvat keskustaa kohti. On kuitenkin mahdollista konstruoida useampilinssisiä objektiiveja, joiden kuvapinta on likimain taso, n. s. a p l a n a a t t e j a. Tähtivalokuvauksessa ne tietenkin ovat hyvin arvokkaita.

**Koma eli pyrstö** syntyy siitä, ettei pallopoikkeamaakaan voida välttää vinosti kaukoputken tulevissa säteissä, siis sivulle muodostuvissa kuvissa, sillä silloin objektiivin eri vyöhykkeiden läpi kulkeneet säteet eivät enää yhdy pisteiksi, vaan syntyy omituinen epämuotoinen, pyrstötähden päätä ja pyrstöä muistuttava kuva. Tämä koma-virhekin on linssiyhdistelmissä hyvin suurella määrällä vältettävissä.

Edellisestä selviää, että nykyaikainen objektiivi, jossa kaikki virhelähteet on pyritty mahdollisuuden mukaan poistamaan, on hyvin monimutkainen ja vai-

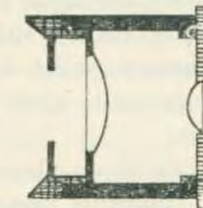
keasti valmistettava linssiyhdistelmä, jota on käsiteltävä äärimmäisen huolellisesti. Pienten objektiivien eri linssit ovat heijastusten välttämiseksi yleensä kitatut yhteen ja kiinnitettyt kehukseensa, joka ruuvataan itse putkeen eikä sen asentoa voi eikä tarvitse tarkistaa. Suurten objektiivien linssit eivät ole kiinni toisissaan, vaan niiden väleihin on pantu pienet tinalehtiliuskat, ja sitten ne ovat huolellisesti kiinnitettyt kehukseensa. Kehys liitetään putkeen siten, että sen asentoa on mahdollista säätöruuveilla korjata. Harrastajan ei pidä koskaan irroittaa objektiivin eri linssistä toisistaan, sillä on perin hankalaa keskittää niitä jälleen niin, että niiden akselit yhtyisivät.

Silloin kun kaukoputkea ei käytetä, sen objektiivi on pidettävä kannella suojattuna pölyltä ja muulta liialta, vieläpä tarpeettomalta valoltakin.

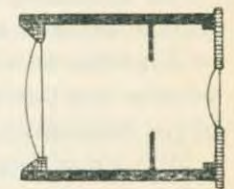
Objektiivin puhdistus on suoritettava mitä suurimmalla huolella varoen pintojen naarmuttamista ja muuta vahingoittamista. Irrallinen pöly poistetaan puhaltamalla tai erikoisella pehmeällä pölypensselillä, kiinteämpi pehmeällä, ehdottomasti puhtaalla liina- tai puuvillalapulla kevyesti pyyhkien. Jos pinnassa on likaa, niin se on pyyhittävä kostealla lapulla, ja jos se ei sillä lähde, on puhdistukseen käytettävä puhdasta spriitä, eetteriä tai ammoniakkaa. On vain tarkoin katsottava, ettei puhdistusainetta pääse tunkeutumaan linssien väliin, eikä se kosketa metallin lakattua pintaa, sillä nämä aineet liuottavat metallilakan ja jättävät siten ruman jäljen. Denaturoitu sprii ei kelpaa, sillä siihen sekoitettu lisäaine voi spriin haihtuessa jäädä lasin pinnalle. Merkinä lasipinnan puhtaudesta on se, että pinnalle henkäisystä syntyvä huurre haihtuu tasaisesti. — Kaukoputken metalliosien puhdistukseen sopii petrooli tai bentsiini.

Myös kaukoputken toinen pääosa, okulaari, muodostuu kahdesta linsistä, jotka puolestaan voivat olla linssiyhdistelmiä. Objektiivin puolesta okulaarin linssiä sanotaan kokoojalinssiksi, toista silmälinssiksi. Okulaareja erotetaan kahta päätyyppiä, nim. positiivisia eli mikrometriokulaareja, joiden polttopiste on linssiparin ulkopuolella, ja negatiivisia, joissa polttopiste on linssien välissä. Yksinkertaisin edellisen ryhmän edustaja on Ramsdenin okulaari ja jälkimmäisen ryhmän edustaja Huyghens'in okulaari (kuvat 9 ja 10).

Ramsdenin okulaarissa molemmat linssit ovat tasokuperia, kuperat pinnat vastakkain. Kun polttopiste on sen ulkopuolella, voidaan mittauksissa tarvittava lankaristikko kiinnittää objektiivin polttotasoon, ja siirtämällä okulaari sopivalle etäisyydelle siitä saada se selväksi jokaiselle silmälle. Sen vuoksi se on sopiva



K u v a 9. Ramsdenin okulaari.



K u v a 10. Huyghensin okulaari.

mikrometriokulaariksi. Yksinkertaisessa muodossaan Ramsdenin okulaari ei ole täysin akromaattinen eikä sen näkökenttä ole suuri (30°). Mutta kun siinä on

otettu käytäntöön kaksinkertainen, akromaattinen silmälinssi (Kellnerin okulaari), on sen väripoikkeama saatu poistetuksi ja näkökenttä suuremmaksi, noin 40° ksi.

Huyghens'in okulaarissa myös linssit ovat tasokuperia, mutta molemmat kupeerat pinnat ovat objektiivin päin. Kun polttopiste on linssien välissä, niin lankaristikko on sijoitettava sinne, jos okulaaria halutaan käyttää mittauksiin, mutta silloin sen sovittaminen niin, että se näkyisi selvänä erilaisiin silmiin, on vaikeampaa kuin edellisessä tyypissä. Huyghens'in okulaarin näkökenttä on erikoisen suuri, noin 50°.

Hyvin suosittu varsinkin suurissa suurennuksissa on n.s. ortoskooppinen okulaari, jonka kokoojalinssi on kolmiosainen ja näkökenttä 40°. Sekin on positiivinen ja sopii siis oivallisesti myös mikrometriokulaariksi (kuva 11).



Kuva 11. Ortoskooppinen okulaari.

Useiden okulaarien linseissä tapahtuu tähden kuvan heijastuksia, niin että tähden vieressä näkyy toinen heikompi tähti, jota ei ole taivaalla. Ortoskooppisissa ja eräissä muissa lajeissa tämä vika on vältetty.

Edellä mainittujen lisäksi valmistetaan useita eri tarkoituksiin sopivia okulaari-tyyppejä.

Mainittakoon vielä, ettei okulaareja, joissa on yhteen kitattuja linsejä, saa käyttää aurinkohavainnoissa, ellei okulaariin tulevia säteitä tehdä vaarattomiksi jollakin lämpöä imevällä tai lämpösäteitä poikkeuttavalla laitteella. Muuten okulaarin kitti helposti sulaa ja okulaari pilaantuu.

Kaukoputken objektiivin arvostelu. Jottei harrastaja olisi aivan toisten armoilla, kun on kysymys kaukoputken kelpoisuudesta ja arvosta, annetaan tässä eräitä ohjeita objektiivin arvostelemiseksi. Arvostelu on kohdistuva etupäässä kahteen objektiivin ominaisuuteen, nim. sen tarkkuuteen eli erotuskykyyn sekä vyöhykevirheisiin. Molemmat saadaan selville tähtihavainnoilla, mutta on tärkeätä että sääsuhteet havainnoita tehtäessä ovat mahdollisimman edulliset, siis taivas täysin kirkas ja ilma selkeä. Havainnoitavat tähdet eivät saa olla kovin matalalla taivaanrannalla, sillä siellä ilman väreily vaikeuttaa havainnoita. Havainnoissa on käytettävä vahvinta suurennusta, jonka kaukoputki sietää. Erotuskyvyn arvostelu suoritetaan joko huomioimalla kiertotähtien pintain yksityiskohtia tai hyvin lähekkäisiä kaksoistähtiä.

Mitä sitten kunnan kaukoputkella on planeetoista näkyvä?

6 cm:n objektiivilla pitää Jupiterin tummien keskijuovien näkyä selvästi, edelleen Marsin valkoinen napakalotti, n.s. Cassinin rako Saturnuksen renkaissa sekä Saturnuksen suurin kuu.

8 cm:n kaukoputkella on Jupiterin pinnalta näkyvä lisää juovia ja muitakin yksityiskohtia, helposti Saturnuksen viisi kirkkainta kuuta sekä Uranus levynä.

10—11 cm:n kaukoputkella pitäisi jo Marsin »merien» ruveta näkemään.

Läheisten kaksoistähtien erottamiskyky on erittäin sopiva kaukoputken kunnan mitta. Heikolla suurennuksella kaikki kiintotähdet näyttävät kaukoputkessa kirkkailta pisteiltä, mutta vahvimilla putken sietämällä suurennuksilla katsottaessa kuvat ovat parin kolmen valoisan renkaan ympäröimiä pyöreitä levyjä. Tämä ilmiö johtuu valon taipumisesta objektiivin reunoilla. Jos objektiivin on hionnaltaan moitteeton ja linssit oikein keskistetyt, niin yksinäisten tähtien taipumiskuvat, levy ja renkaat, ovat aivan pyöreät. Mutta jos kysymyksessä on kaksoistähti, jonka osat eivät vielä sillä suurennuksella näy erillään, niin taipumiskuva ei olekaan pyöreä vaan pitkulainen osien pyöreiden kuvien sulautuessa yhdeksi. Selvemmin erottuvissa kaksoistähdissä pitkulainen kuva jo keskeltä kuroutuu tai hajoaa kahdeksi erilliseksi kuvaksi (kuva 12).

Hyvän objektiivin äärimmäinen erotuskyky  $E$  voidaan likimäärin laskea kaavasta

$$E = \frac{12''}{h}$$

missä  $h$  merkitsee objektiivin halkaisijaa cm:eissä lausuttuna. Tämän mukaan pitäisi siis 6 cm:n objektiivin kyetä erottamaan 2'' :n päässä toisistaan olevat kaksoistähtien komponentit, 8 cm:n objektiivin noin 1,5'' :n päässä olevat ja 12 cm:n objektiivin jo 1'' :n väliset komponentit. Tällöin kaksoistähtien osien pitää kuitenkin olla jokseenkin yhtä suuria eivätkä ne saa olla kuudetta suuruusluokkaa kirkkaampia, mutta eivät paljon himmeämpiäkään.

Tämän kirjan lopussa olevasta kaksoistähtien luettelosta löytyy sopivia tähtipareja eri kokoisten objektiivien erotuskyvyn tutkimiseksi.

Jos objektiivin kestää edellä mainitut kriteeriot, on sitä pidettävä hyvänä.

Objektiivin vyöhykevirheitä tutkitaan seuraavalla tavalla. Kaukoputki suunnataan kirkasta tähteä kohti, okulaari poistetaan ja okulaariputken suulle asetetaan himmeälasi, jolle tähden kuva mahdollisimman hyvin tarkennetaan. Sitten himmeälasin tilalle vaihdetaan jokin tarkkareunainen levy, esim. parranajoterä siten, että sen reuna sattuu aivan tähden kuvan vierelle jättäen sen juuri ja juuri näkyviin. Tämän jälkeen viedään silmä aivan lähelle terää, jolloin koko objektiivin näkyy kirkkaasti valaistuna. Kun nyt kaukoputkea sopivasti painamalla sen suuntaa muutetaan sen verran, että kuva häviää terän taa, niin objektiivin pitää yhtäkkiä muuttua tummaksi. Ellei näin käy, koetetaan korjata tarkennusta ja koe uudistetaan. Jos kaikesta huolimatta ei ole mahdollista saada objektiivin tummenemaan yhtäkkiä, vaan siihen jää vaaleita vyöhykkeitä tai niiden osia, niin objektiivissa on vyöhykevirheitä eikä se ole kelvollinen.

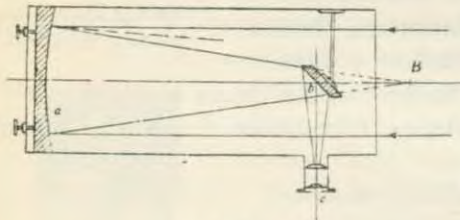
Palaamme vielä tähtien taipumiskuviin, joista äsken oli puhe. Kuten mainittiin, tulee yksityisen tähden kuvan renkainen olla pyöreä. Mutta jos kuva



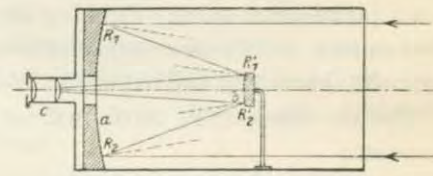
Kuva 12. Yksinäisen ja kaksoistähtien taipumiskuvat.

näyttää epäsymmetriseltä, niin että renkaita näkyy vain yhdellä puolen, on vika siinä, että objektiivin linssit eivät ole oikein keskistetyt.

Peilikaukoputkia on rakenteeltaan pääasiassa kahta eri tyyppiä. Newtonin peiliteleskoopissa objektiivin heijastamat valonsäteet poikkeutetaan putken etupäässä olevalla pienemmällä tasopeilillä putken kyljessä olevaan okulaariputkeen, jonne syntynyt kuva okulaarilla katsellaan. Cassegrainin teleskoopissa taas pääpeilin heijastamat säteet sattuivat jälleen putken etuosassa kuperaan apupeiliin, heijastuvat siitä takaisin ja kulkevat sitten pääpeilin keskellä olevan reijän läpi sen takana olevaan okulaariputkeen (kuvat 13 ja 14). Rakenteesta johtuen tämä putki muodostuu lyhyeksi



Kuva 13.  
Valonsäteiden kulku Newton-teleskoopissa.



Kuva 14. Valonsäteiden kulku Cassegrain-teleskoopissa.

ja sillä katsellaan tähteä sen suunnassa kuten refraktorillakin. Harrastajat käyttävät kuitenkin melkein yksinomaan Newton-teleskoopia; kun sen rakennetta selostetaan yksityiskohtaisemmin kirjoituksessa »Peilikaukoputken valmistaminen», niin tässä viittaamme vain sinne.

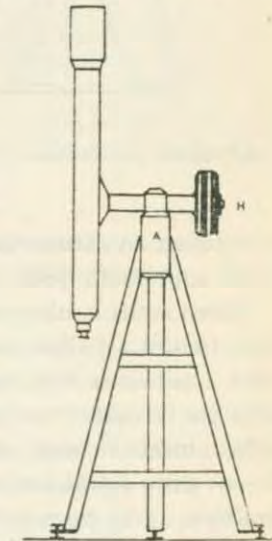
Mitä edellä on sanottu refraktorista, soveltuu suureksi osaksi myös peiliteleskooppiin. Eräitä olennaisia eroavaisuuksia johtuu kuitenkin siitä, että nyt on objektiivina linssin sijasta kovera peili. Peilien suuremmasta aukkosuhteesta ja valovoimasta oli jo puhetta. Mainittakoon tässä vielä lisäksi, että refraktorin objektiivissa jokainen kittaamaton linssin pinta heijastaa valoa noin 5 %, niin että jos pintoja on esim. neljä, valoa hukkaantuu jo itse objektiivissa lähes 20 %. Hyvin hopeoitu reflektorin peili taas heijastaa polttopisteeseen 95 % siihen langenneesta valosta, joten valon häviö on vain 5 %. Mitä objektiivin virheisiin tulee, niin kun peili ei hajota valoa, ei siinä myöskään synny ollenkaan väripoikkeamaa. Pallopoikkeamakin saadaan suhteellisen helposti vältetyksi hioamalla peili paraboliseksi. Kuvapinnan kaarevuus ja komailmiö esiintyy myös peilin heijastuskuvissa, mutta niidenkin poistaminen on helpompaa peilikaukoputkessa kuin refraktorissa välipeilien tai -linssien avulla. Kun peiliteleskoopeissa näin ollen saadaan huomattavasti laajempi kelvollinen kuvakenttä, soveltuvat ne paremmin kuin refraktorit taivaan valokuvaukseen, jossa niiden suurempi valovoimakkuus myös on suureksi eduksi. Tärkein tai ainakin hyvin tärkeä näkökohta harrastajan kannalta on vertailussa tietenkin kaukoputken hinta, ja siinä suhteessa peiliteleskooppi vie voiton, peili kun on huomattavasti saman-

kokoista linssiä huokeampi. Peilikaukoputki on myös refraktoria kevyempi; jos refraktorin objektiivin halkaisija on yli 12 cm, niin se jalustoineen tulee jo siksi raskaaksi, että sitä on vaikea nostaa havaintopaikalle ja suojaan, kun taas vielä 20 cm:n reflektori on siirrettävissä.

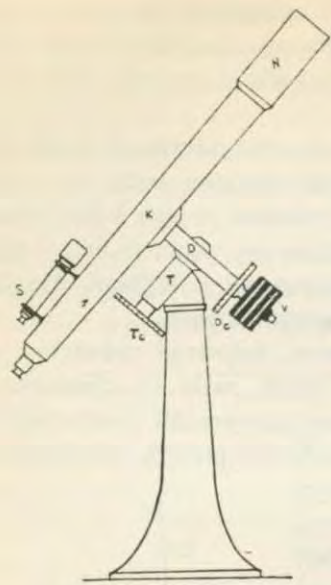
Tähtikaukoputken jalusta. On selvää, että tähtikaukoputkella pitää olla tukeva jalusta akseleineen, joiden ympäri kiertäen putki on joka puolelle suunnattavissa. Varsinainen jalusta on useimmiten puinen kolmijalka, joskus rautainen — joko kolmijalkainen tai lieriömäinen — jolloin se on sangen tukeva, mutta myös niin raskas, että se on oleva kiinteästi paikallaan. Akselisyysteemi voi olla kahdenlainen, atsimutaalinen tai parallaktinen.

Atsimutaalinen jalusta on yksinkertaisempi, helpompi valmistaa ja hyvin käyttökelpoinen pienehköihin kaukoputkiin. Siinä putki on kiinnitetty vaakasuoran akselin päähän, joka puolestaan pääsee kiertymään pysty akselin ympäri (kuva 15). Vaaka-akselin toisessa päässä on kaukoputken vastapaino. Kummassakin laakerissa on kiinnitysruuvi määrättyyn asentoon kiinnittämistä varten, sekä hienosäätöruuvi hitaan liikkeen aikaansaamiseksi. Tällaisen akseliston varassa liikkuva kaukoputki voidaan helposti suunnata minne päin tahansa, siis mitä tähteä kohti halutaan, mutta tällä on se epäkohta, että jos tahdotaan seurata tähden kulkua pitemmän aikaa, niinkuin havainnoissa usein joudutaan tekemään, niin on yhtä mittaa muutettava sekä korkeus- että sivusuuntaa (atsimutia). Suurissa koneissa se on hankalaa, minkä vuoksi, ja varsinkin jos tähtiä seurattaessa kaukoputkea kierretään kelolaitteen avulla, niissä käytetäänkin parallaktista akselien asentamista.

Parallaktisessa asennuksessa on siis pyritty siihen, että tähden liikettä seurattaessa kaukoputkea tarvitsee kiertää vain yhden akselin ympäri. Tähän päästään siten, että putken toinen, n.s. tuntiakseli suunnataan taivaan napaa kohti, siis sitä pistettä kohti, jonka ympäri tähdet näyttävät päivittäin kiertävän. Tuntiakseli tulee näin olemaan Maan akselin suuntainen. Toinen, deklinaatioakseli, jonka päähän itse kaukoputki on kiinnitetty, on kohtisuorassa edellistä vastaan. Tällaisen jalustan näemme kuvassa 16.  $T$  on siinä tuntiakseli ja  $D$  deklinaatioakseli.  $T_c$  ja  $D_c$  ovat astejaotuksilla varustetut tunti- ja deklinaatioympyrät, joista tähden tuntikulma ja deklinaatio voidaan lukea, tai joiden avulla paljain silmin näkymätönkin tähti löydetään, kun sen koordinaatit ja tähtiäika tunnetaan. Nyt kaukoputken tarvitsee kiertyä vain tuntiakselin ympäri pysyäkseen jatkuvasti tähteä kohti. Tämä kiertoliike aikaansaadaan joko käsin hienosäätöruuvilla tai varsinkin suurissa kaukoputkissa jalustaan lii-



Kuva 15. Refraktori atsimutaalisen jalustoin.



Kuva 16.  
Refraktori parallaktisin jalustoin.

tetyllä kellolaitteella, mikä on hyvin mukavaa, sillä silloin tähti pysyy pitemmänkin aikaa automaattisesti paikallaan näkökentässä.

Parallaktinen asennus edellyttää oikeastaan kiinteätä jalustaa, sillä tuntiakselin suuntaaminen tarkasti taivaannapaa kohti ei ole käden käänteessä tehty. Kun taivaannavan korkeuskulma horisonttiin nähden on yhtä suuri kuin paikan maantieteellinen leveysaste, pitää siis tuntiakselinkin muodostaa sama korkeuskulma vaakatason kanssa. Jalustat valmistetaankin tavallisesti niin, että tuntiakseli on asetettavissa sopivaan kaltevuuteen jaotetun asteikon mukaan. Kun akseli on saatu oikeaan korkeussuuntaan, on se sivusuunnassa asetettava tarkkaan pohjoista kohti. Tämä tehdään aluksi silmämääräisesti joko kompassin avulla ottaen kompassin eranto huomioon tai suuntaamalla akseli Pohjantähteä kohti. Tarkemman asennon saa siten, että seuraa kaukoputkella tähteä pitkäkhön ajan kiertämällä sitä vain tuntiakselin ympäri; jos silloin tähden korkeus näkökentässä

vähitellen muuttuu vaatien siis deklinaatiokiertoakin, se johtuu tuntiakselin väärästä suunnasta, joka on kokeillen korjattava.

Miten suuri kaukoputki tähtihavaintoja varten hankitaan, riippuu ensi kädessä siitä, kuinka paljon varoja sen hankkimiseen on käytettävissä ja sitten myös siitä, millaisiin tehtäviin sitä ajkotaan käyttää. Huomioon on otettava myös, että jos refraktorin objektiivi ylittää 13 cm ja peiliteleskooppi 20 cm, niin putki jalustoineen ei enää ole siirrettävissä, vaan vaatii oman kojunsa, »tähtitornin». 8—10 cm:n refraktori on jo harrastajalle ja koulujen opetusvälineeksi hyvin kelpoinen, ja 12 cm:n refraktori on loistokoje, jolla voi tehdä vaativiakin tieteellisiä havaintoja. Peiliteleskooppi voi olla suurempikin, koska se on huokeampi. Kun hinnat nykyaikana ovat muuttuvaiset, ei niitä voida tässä ilmoittaa. Niistä saa pyydettäessä tietoja professori YRJÖ VÄISÄLÄLTÄ (osote Turku, Puolalanpuisto 1), jonka tehtaassa valmistetaan kaikenkokoisia harrastajalle sopivia refraktoreja ja reflektoreja jalustoineen ja muine lisäosineen, sekä Ursalta, osote Helsinki, Geodeettinen laitos.

Vertailun vuoksi mainittakoon, että maailman suurimman refraktorin objektiivin halkaisija on 102 cm ja polttoväli 18.6 m sekä suurimman valmiin peilikaukoputken peilin halkaisija 258 cm ja polttoväli 12.8 m, molemmat amerikkalaisissa tähtitorneissa. Mutta Amerikassa on tätä kirjoitettaessa jo valmiina 5 metrin läpimittainen peili, jonka asentaminen on vielä kesken.

Siirrymme sitten niihin lisälaitteisiin, jotka ovat enemmän tai vähemmän tarpeellisia kaukoputken yhteydessä.

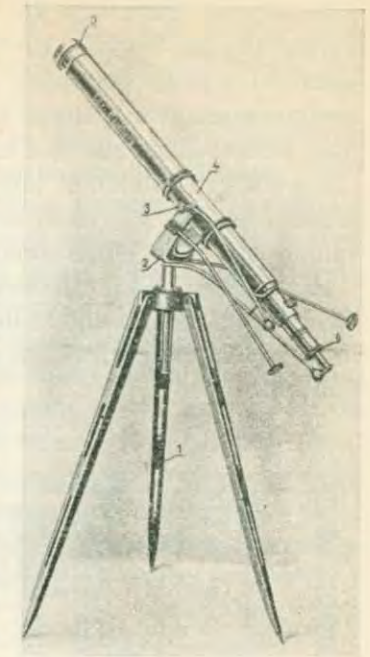
Kuvassa 16 näemme putken objektiivipäässä lisäputken *H*. Se on n.s. kaste- eli huurreputki, kevyt, muutaman desimetrin pituinen erillinen putki, jonka tarkoituksena on ehkäistä huurteen muodostumista objektiivin pinnalle.

Kun suuressa kaukoputkessa käytetään vahvaa suurennusta, tulee näkökenttä niin pieneksi, että jonkin määrätyn tähden löytäminen saattaa olla hyvinkin vaikeata. Sen vuoksi niissä tarvitaan pieni apukaukoputki, etsijä, joka kiinnitetään pääputken sivuun siten, että sen suuntaa pääputkeen nähden voidaan säätöruuveilla muuttaa (kuva 16). Kun siinä käytetään pientä suurennusta, on sillä suuri näkökenttä ja tähdet ovat helpot löytää. Etsijä varustetaan tavallisesti sen optisen akselin suuntaa ilmaisevalla lankaristikolla; kun molemmat kaukoputket ovat tarkkaan yhdensuuntaiset, ja ne suunnataan niin, että tähti sattuu etsijän lankaristikon kohdalle, se näkyy varmasti myös pääputken kentän keskellä.

Edellä jo mainittiin tunti- ja deklinaatioympyrät ja niiden tarkoitus. Ne ovat jaotetut 360°:een ja suuremmat vielä asteen osiin. Deklinaatioympyrän pitää olla sellaisessa asennossa, että kun kaukoputki on suunnattuna taivaannapaa kohti, niin lukema indeksin kohdalla on 90°. Tarkistus on kuitenkin helpompi suorittaa jonkin tunnetun tähden avulla suuntaamalla kaukoputki siihen ja asettamalla silloin deklinaatioympyrä osoittamaan tähden luettelosta saatavaa deklinaatiota. Tuntiympyrä taas on oleva sellaisessa asennossa, että siitä luetaan 0° kaukoputken ollessa suunnattuna suoraan etelään. Tämä suunta saadaan selville siten, että kaukoputkella seurataan tunnettua tähteä, jonka rektaskensio on luettelosta katsottu; sillä hetkellä, jolloin paikallinen tähtiaika on tasan sama kuin tähden rektaskensio, tähti ja siis myös kaukoputki on suoraan etelässä.

Kun ympyrät ovat näin asetetut, on mikä taivaankappale hyvänsä niiden avulla löydettävissä, kun vain tunnetaan sen koordinaatit, rektaskensio  $\alpha$  ja deklinaatio  $\delta$ . Sitä varten kaukoputki suunnataan sellaiseen asentoon, että deklinaatioympyrästä luetaan juuri  $\delta$  ja tuntiympyrästä lukema  $t = \Theta - \alpha$ , jossa  $\Theta$  merkitsee paikallista tähtiaikaa sillä hetkellä.

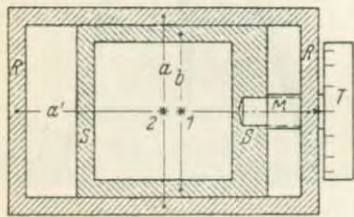
Kellolaitteen tehtävänä on kiertää kaukoputkea tuntiakselin ympäri



Kuva 17. Koulujen ja yksityisten käyttöön sopiva tähtikaukoputki.

yhtä nopeasti kuin tähti kiertää, siis täysi kierros tähtivuorokaudessa ( $23^{\text{h}} 56^{\text{m}}$ ). Tarkoitukseen voidaan käyttää joko yksinkertaista painolla käypää laitetta, jossa on sopiva nopeuden säädin tai mukavammin pientä sähkömoottoria (synkroonimoottori). Mikäli kiertonopeus ei ole aivan sama kuin tähden, korjataan kaukoputken suuntaa hienosäätöruuvilla.

Lankaristikon tarkoituksena on osottaa kaukoputken optisen akselin suuntaa ja sitä tarvitaan suunnan ja ajanmääräyksissä sekä etsijässä. Se on valmistettu joko jännittämällä hämähäkin pesälankaa (joka on hyvin ohutta ja suhteellisen lujaa) erikoiseen metallikehykseen tai syövyttämällä hyvin ohuet viivat suuntaistaseiselle lasilevyille. Näin valmistettu ristikko sijoitetaan objektiivin ja okulaarin yhteiseen polttotasoon, jolloin se näkyy selvänä saarella kuin tähtikin.



K u v a 18. Ruuvimikrometri.

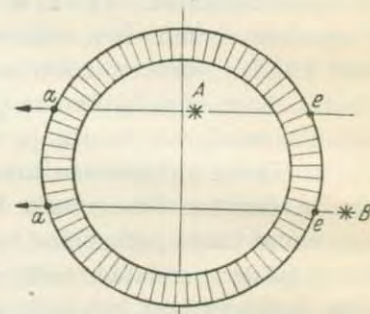
Mikrometrit ovat kaukoputken liitettäviä aivan pienten kulmien mitauslaitteita. Kuva 18 esittää tavallisen ruuvimikrometrin periaatetta. Metallikehys  $R$  on sijoitettu kaukoputken siten, että sen lankaristikko  $aa'$  sijaitsee objektiivin polttotasossa ja lankojen risteyskohta ilmaisee optisen akselin suuntaa. Kehyksen sisällä liikuu mikrometriruuvin  $M$  avulla toinen kehys  $S$ , johon lanka  $b$  on jännitetty. Tämä liikkuva lanka voidaan hienonousuisella ruuvilla asettaa vuoroin tähteä  $z$  kohti suunnatun langan  $a$  vuoroin tähden  $1$  kohdalle ja kummassakin tapauksessa luetaan ruuvin täys- ja osakierrokset sen pääterummulta  $T$ . Kun ruuvin nousu ja kaukoputken polttoväli tunnetaan, saadaan lukemaerotuksista selville tähtien väli kulmamitassa. Tavallisesti mikrometri on vielä kierrettävissä kaukoputken optisen akselin ympäri, niin että lanka  $a'$  voidaan asettaa tähtien välimatkan suuntaan, kuten kuviossa.

Rengasmikrometri soveltuu yksinkertaisuutensa vuoksi myös hyvin kehittyneen harrastajan mittauksiin (kuva 19). Lasilevyllä kiinnitetty ohut metallirengas on taas sijoitettu objektiivin polttotasoon symmetrisesti optiseen akseliin nähden. Kaukoputken pysyessä paikallaan huomioidaan ne hetket, joihin tähdet  $A$  ja  $B$  pisteissä  $e$  häviävät renkaan taakse ja taas ne ajankohdat, joihin ne tulevat näkyviin pisteissä  $a$ .  $e$ - ja  $a$ -hetkien keskiarvot merkitsevät niitä ajan-

kohtia, joihin tähdet ohittivat renkaan keskimeridiaanin ja kummankin keskiarvon erotus on sama kuin tähtien rektaskensioerotus. Jos renkaan säde vielä tunnetaan, voidaan äskeisistä havainnoista myös tähtien deklinaatioerotus laskea (kts. siv. 100—101).

Aurinkohavaintoja varten tarvitaan okulaarin ja silmän väliin asetettava musta aurinkolasia. Tavallisesti sellainen seuraa okulaarien mukana. Ilman aurinkolasia ei Aurinkoa saa missään tapauksessa katsoa, muuten silmän näkö on mennyt. Aina on Aurinkoa katsottaessa myös hyvä asettaa objektiivin eteen vaikkapa pahvinen himmennin, jottei lämpösäteitä pääse liikaa kaukoputkeen. Mutta Aurinkoa onkin mukavampi havainnoida synnyttämällä sen kuva okulaarin taakse sijoitettavalle varjostimelle. Tätä selostetaan tarkemmin sivulla 95.

Hyvä kello on myös tarpeellinen väline tähtitieteellisissä havainnoissa. Oikeat puolisekunteja lyövät tähtitieteelliset kronometrit ovat kalliita, mutta tarkalla taskukellollakin tulee monissa havainnoissa toimeen. Sen osituksen korjaus saadaan radion aikamerkeistä, joko tarkoista ulkomaisista tai vaikkapa oman yleisradiomme aikamerkeistä, jotka ovat vajaan sekunnin tarkkuudella oikein. Jos taskukellon sekuntiosottimen kulusta haluaa huomioida sekunnin kymmenesosia, on sen epäkeskisyyden vaikutus otettava huomioon.



K u v a 19. Rengasmikrometri.



### 3. PEILIKAUKOPUTKEN VALMISTAMINEN.

Kaukoputki on tähtikartan ohella tähtitaivaan tarkkailijan välttämättömin työväline. Ja vaikkapa tässä työssä jo pienestään kaukoputkesta on paljon apua — enemmän kuin yleensä luullaankaan — niin kuitenkin on selvää, että mitä suurempi kelvollinen kaukoputki on käytettävissä, sitä moninaisemmaksi ja sisältörikkaammaksi öinen tähtitaivas osottautuu, ja sitä syvemmälle harrastajan on mahdollista tunkeutua ympärillämme kaareutuvaan kiehtovan salaperäiseen maailmaan ja siten tyydyttää itsessään piilevää jokaiselle normaali-ihmiselle ominaista tietämisen halua. Mutta hyvä ja suuri kaukoputki pyrkii olemaan myös kallis, niin että harvalla varsinkaan nuorella ihmisellä on tilaisuus sellaisen hankkimiseen, ja kuitenkin juuri nuorella ijällä pitäisi asiaan innostuneen päästä tätä kiitettävää tiedonhaluaan tyydyttämään. Onneksi tämä onkin mahdollista myös melko vähäisin kuluin, kun nimittäin peilikaukoputken, joka harrastajalle on vähintään yhtä hyvä kuin linssikaukoputki, voi jokainen itse valmistaa — jos nyt peukalo ei ole aivan keskellä kämmentä — vieläpä suhteellisen suuren ja kelvollisen. Sitä varten annamme tässä kirjoituksessa ohjeet, joista näkyy, että vaikkapa peilin ja putken teko ei juuri käykään vain laulamalla kuten Väinämöisen venheen rakennus, vaan vaatii kärsivällistä työtä ja ymmärrystä (jota kai Väinämöinenkin käytti), niin valmistaminen on perin jännittävää ja opettavaa askartelua eikä vie aikaakaan vallan mahdottomasti; sanotaanpa sivutyönä kuukausi tai kaksi.

**P ä ä p e i l i n h i o n t a.** Peilikaukoputkessa on tietysti sen objektiivipeili pääasia, sen tarkin ja kallein osa. Jos se on huono, ei kaukoputkesta tule kunnollista, vaikka muut osat tehtäisiin kuinka hyväksi, ja päinvastoin, jos peili on hyvä, saadaan kaukoputkesta kelvollinen, vaikkapa muut osat olisivat »väli-aikaistakin» työtä. Ryhdymme nyt hiomaan itsellemme 12 cm:n läpimittaista koveraa peiliä siinä lujassa uskossa, että siitä tulee onnistunut, sillä silloin meidän on helppo vähäisin kuluin rakentaa kunnollinen peilikaukoputki, joka tyydyttää melko suuretkin harrastajan vaatimukset. Saman kokoinen linssikaukoputki valmiina ostettuna maksaisi jo useita kymmeniä tuhansia markkoja.

**T a r p e e l l i s e t v ä l i n e e t j a a i n e e t:**

1. Tarvitsemme kaksi 12 cm:n läpimittaista pyöreäksi sahattua lasilevyä, vähintään 2 cm:n paksuisia, hyvää peililasia. Nämä saa lasiliikkeistä tai ainakin lasitehtaalta (Riihimäki) tilaten.

2. Karborundumia tai smirkeliä ainakin viittä eri hienoutta karkeimmasta hienoimpaan. Mikäli eri hienousasteita ei ole saatavissa, on ostettava sitä mitä saa (se on silloin karkeata) ja siitä itse lietettävä hienompaa tavalla, josta myöhemmin tulee puhe.

3. Hyvää pikeä  $\frac{1}{2}$ —1 kg.

4. Kiilloituspunaa (hienonnettua rautaoksidia, caput mortuum) n. 50 gr.

5. Hopeanitraattia (helvetinkiveä) 5 gr. Saadaan kemikaalikaupoista (huom.! syövyttävää).

6. Väkevää ammoniakkaa, typpihappoa, formaliinia ja tislattua vettä.

Lisäksi eräitä välineitä ja tarveaineita, jotka selviävät työn kuluessa.

Ennen kuin ryhdymme peiliä hiomaan, meidän on päätettävä, miten valovoimaiseksi sen teemme, toisin sanoen, mikä tulee olemaan peilimme polttoväli. Peilikaukoputket ovat tavallisesti suhteellisen valovoimakkaita, peilin aukkosuhde noin 1 : 6, mutta koska tällaisen peilin valmistaminen on alottelijalle vaikea tehtävä, teemme viisaammin, kun tyydymme valovoimaan 1 : 10, joten polttoväliksi tulee 120 cm. Ensimmäisenä valmistamme nyt tulevan peilimme kaarevuusmitan eli -mallin. Fysiikasta ehkä muistamme, että koveran peilin polttoväli on puolet sen kaarevuussäteestä, joten tässä tapauksessa kaarevuussäde on oleva 240 cm. Kaarevuusmallin leikkaamme mieluummin messinki- tai kuparilevystä. Noin  $2\frac{1}{2}$  metrin pituisen puutangon toisen pään läpi lyömme naulan, jonka edelleen lyömme kiinni esim. lattiaan. 240 cm:n päähän tästä kiinnitämme puutankoon jonkin terävän teräskärjen (naskali), jolla piirrämme levyyn kaaren ja jatkamme edestakaisin piirtämistä, kunnes levy leikkautuu kaarta pitkin kahtia. Silitämme vielä kaaret, teemme kummankin levyn vastakkaiseen reunaan vääntymisen estämiseksi  $90^\circ$ :n taitteen, ja niin meillä on peilin kaarevuuden mallit valmiina (kuva 20).

Edelleen tarvitsemme puukiekon, jonka halkaisija on vähän suurempi kuin lasipyörämme. Sen kiinnitämme ruuveilla tukevaan alustaan, joksi parhaiten sopii pystyssä olevan tynnyrin kansi, mutta tynnyri on täytettävä jollakin aineella, esim.



K u v a 20. Peilin kaarevuusmalli.

vedellä, jotta se on tarpeeksi tukeva. Tällainen hioma-alasin on siitä hyvä, että hioja pääsee kiertämään vapaasti sen ympäri, mikä on hyvin suotavaa. Puukiekon voi kyllä kiinnittää myös jonkin tukevan pöydän nurkalle, mutta silloin sitä ei saa kiinnittää ruuveilla, vaan keskustapilla, jonka ympäri se hiottaessa pääsee pyörimään. Kun nyt puukiekkon on saatu sopivalle alustalle, kiinnitetään toinen lasipyörästämme siihen piellä. Sitä varten kuumennetaan pikeä (ei saa kiehua!), kaadetaan puukiekolle, ja sen päälle painetaan lämmitetty lasipyörä, jota tästä lähtien nimitämme hioma-alustaksi. Piki liimaa lujemmin, jos siihen on sekoitettu vähän kuumennettua hartsia. Toiseen lasipyörään — sanomme sitä



K u v a 21. Peilin hionta.

nyt jo yksinkertaisesti peiliksi — kiinnitetään samoin piellä puinen pyöreä käden sija hiomisen helpottamiseksi (kuva 21).

**Karkea hionta.** Ja sitten itse hiontaan! Mutta kuinka uskallamme ryhtyä tähän äärimmäisen tarkkaan työhön, sillä jo 1/10 000 mm:n poikkeukset oikeasta muodosta pilaavat peilin. Ei hätää, huolellisuutta ja kärsivällisyyttä vain, tosin paljon kumpaaikin, ja hyvä siitä tulee. Kokemus on nim. osoittanut, että kun kahta päällekkäin olevaa pyöreätä lasilevyä hiotaan vastakkain märkää karborundumia tai smirkeliä välissä, niin päällimmäisen hiomapinta kuluu koveraksi ja alemman kuperaksi pallopinnaksi. Tämä aluksi kummalliselta tuntuva ilmiö johtuu siitä, että päällysvälyn ollessa hiottaessa alemman keskikohdalla sen paine

alempaa vastaan jakaantuu koko hiomapinnalle, kun taas sen sattuessa reunalle paine kohdistuu alemman reunaosiin ja pienemmälle alalle kuin keskellä, joten reunalla paine yhtä neliösenttimetriä kohti on suurempi, samoin siis myös kulumisen, joka silloin kohdistuu alalevyn reunaan ja ylälevyn keskusta. Näin alalevystä tulee kupera ja ylälevystä kovera. Että syntyvät pinnat ovat pallopintoja, johtuu siitä, että pallopinnat ovat ainoat, jotka hiottaessa aina joka kohdassa koskettavat toisiaan. Peilimme tosin ollakseen täysin hyvä ei saa olla pallopinta, vaan siitä hiukan eroava, parabolinen, siis pyörähdysparaboloidin muotoinen. Mutta aluksi hiomme pallopeilin ja korjaamme sen sitten paraboliseksi.

Ryhdyimme siis hionnan ensimmäiseen vaiheeseen, karkeaan hiontaan, jonka tarkoituksena on antaa peilin pinnalle likipitään aiottu kaarevuus. Mitä kauemmin hiotaan, sitä kaarevammaksi peili tulee, ja työn kuluessa on siis syytä vähän väliä kaarevuudenmitalla koetella peilin tai hioma-alustan kaarevuutta. Hiomisessa on otettava huomioon seuraavat neljä ohjetta:

1) Peiliä on molemmin käsin painaen kuljetettava edestakaisin hioma-alustan päällä, niin että peilin keskipiste sen ääriassennoissa ulottuu alustan reunoille saakka; tätä sanomme hiomiseksi täystyönnöin. Työntöjen (ja vetojen) pituus on hyvin tärkeä varsinkin myöhemmissä vaiheissa: mitä pitemmät työntöt, sitä enemmän alustan reumat ja peilin keskusta kuluvat ja päinvastoin.

2) Jokaisen työntönnön välillä on peiliä kierrettävä vähän, noin  $\frac{1}{8}$  kierrosta, akselinsa ympäri.

3) Hiojan on yhtämittaa kierrettävä hioma-alustan ympäri tai, jos se ei käy päinsä hioma-alustan ollessa kiinnitettynä esim. pöydän reunalle, hioma-alustaa on joka työntönnön välissä myös kierrettävä akselinsa ympäri, tietenkin toiseen suuntaan kuin peiliä.

4) Karborundum on pidettävä aina märkänä, ja kun alkaa tuntua, ettei se enää jyrsi, sirotettava uutta karborundumia.

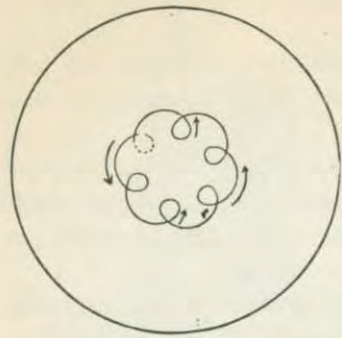
Näin työskennellen saadaan oikea kaarevuus muutamissa tunneissa. On huomattava, että meidän peilimme pinnan »syvyys» sen keskellä on oleva vain 0.75 mm.

**Silitys.** Seuraava vaihe on hieno- eli silityshionta, jolla peilin karkea pinta silitetään. Suurin piirtein tämä käy samaan tapaan kuin karkea hionta, mutta nyt yhä hienompaa ja hienompaa karborundumia käyttäen. Itse hiontakin on nyt suoritettava tarkemmin ja huolellisemmin.

Sen varalta, ettei peilin tekijän olisi onnistunut saada hienoja karborundumilaatuja, selitämme seuraavassa, miten hän voi niitä »siivilöidä» liettämällä ostamastaan karkeasta laadusta. Liettämiseen on syytä ottaa mukaan myös kaikki karkeassa hionnassa muodostuneet karborundumjätteet, sillä niissä on pääasiassa hienontunutta karborundumia. Suurehko ja ehdottomasti puhdas lasitai emaljiastia täytetään melkein kokonaan vedellä ja siihen kaadetaan karborundumia noin 50 gr vesilitraa kohti, sekoitetaan huolellisesti ja jätetään seisomaan. Silloin karborundumirakeet laskeutuvat pohjalle karkeusjärjestyksessä, karkeimmat ensimmäisinä. Puolen tunnin kuluttua vain kaikkein hienoin jauho leijailee enää vedessä. Tämä samea vesi poistetaan nyt toiseen astiaan joko varovasti kaataen tai mieluummin kumiletkulla imaisemalla alkuun, tämä toinen astia pannaan syrjään ja jätetään seisomaan seuraavaan päivään (kansi päälle, ettei mene pölyä!). Silloin veden seassa ollut hienoin, n.s. 30 minuutin karborundum on laskeutunut pohjalle, vesi poistetaan, karborundum kuivataan ja pannaan suljettuun pulloon t.m.s. ja päälle kirjoitetaan »30 min.». Tämä on nyt hienoin karborundumlajimme.

Sen jälkeen kuin 30 minuutin karborundumvesi on alkuperäisestä astiasta poistettu, siihen kaadetaan taas vettä, sekoitetaan ja uusitaan äskeinen liettämismenetelmä seisottaen nyt kuitenkin vain 10 minuuttia. Silloin vedessä on jällellä 10 minuutin karborundum, joka taas erotetaan kuten edellä. Sitten lietetään kolmen minuutin, yhden minuutin, 20 ja 3:n sekunnin karborundum. Tällä viimeisellä voimmekin jo alottaa silityshionnan.

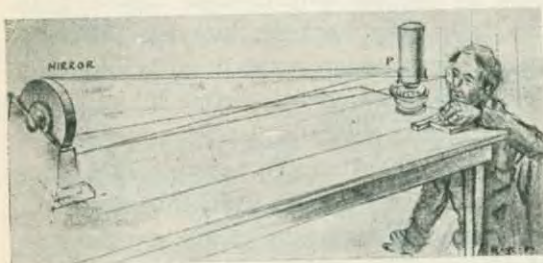
Ennen kuin silityshiontaan ryhdymme, on meidän äärimmäisen tarkoin puhdistettava sekä hiomapinnat että koko työpaikka karkean hionnan jätteistä, sillä yksi ainoakin karkea karborundumrae joutuessaan mukaan silityshiontaan saattaa pilata koko peilin. Kun puhdistus on tehty, sirottelemme lähinnä hienompaa karborundumlaatua (3 sekunnin) hioma-alustalle, kastelemme sen — tai mieluummin hienoa karborundumia veteen sekoittamalla teemme siitä puuron, jota sormin levitämme alustalle — ja hiomme samoin kuin tähänkin asti, mutta nyt vähän lyhyemmin, noin puolityöntönnöin, siis peilin keskus alustan keskuksen ja reunan puoliväliin saakka. Hyvä on myös välillä joskus hioa kierukan muodossa siten kuin kuvio 22 osoittaa. Noin viiden minuutin väliajoin on karborundumia kasteltava ja kuuden kastelun jälkeen voimme lopettaa tämän osa-



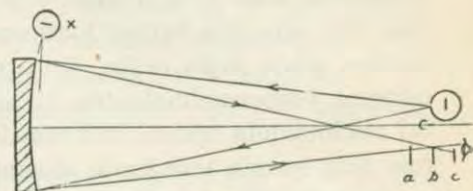
K u v a 22. Kierukkahionta.

pinna tulee olla puoleksi läpinäkyvä, niin että sen läpi voidaan lukea 5—10 cm:n päässä olevaa suurta painosta.

**Foucaultin varjostuskoe.** Nyt peilimme on siis edelleen pallomainen ja silitetty, vaan ei vielä kiiltävä kuten sen lopuksi tulee olla. Seuraava tehtävämme onkin juuri sen kiillottaminen. Mutta koska kiillotuksen aikana on välttämättä seurattava peilin pinnan muodostumista (koetamme sen tässäkin vaiheessa säilyttää tarkkaan pallon pintana), niin meidän on välillä tutustuttava nerokkaaseen ja hienoon keinoon, jolla pinnan muotoa voidaan jatkuvasti tarkkailla. Keinoa nimitetään keksijänsä, suuren ranskalaisen fyysikon FOUCAULTIN mukaan F:n varjostuskeinoksi tai -kokeeksi. Siinä tarvitaan ensiksikin mahdollisimman kirkas pistemäinen valonlähde, minkä valmistamme siten, että lampun — öljy- tai sähkölampun — ympärille asetamme ohuesta metallipelistä tehdyn lieriön (torven), jonka kylkeen juuri liekin kohdalle pistämme neulan kärjellä pienen pienen reijän, mieluummin kaksi tai kolme lieriön eri puolille. Pystytämme peilin, sitten kun se on niin kiiltävä, että se heijastaa tarpeeksi valoa, kyljelleen tukevalle pöydälle, ikkunalaudalle t.m.s. ja asetamme valopisteesimme peilin etupuolelle kohtisuorassa suunnassa sitä vastaan kaarevuussäteen etäisyydelle siitä, siis 240 cm:n päähän. Jos tämä on aivan tarkkaan suoritettu, syntyy



K u v a 23. Foucaultin varjostuskoe.



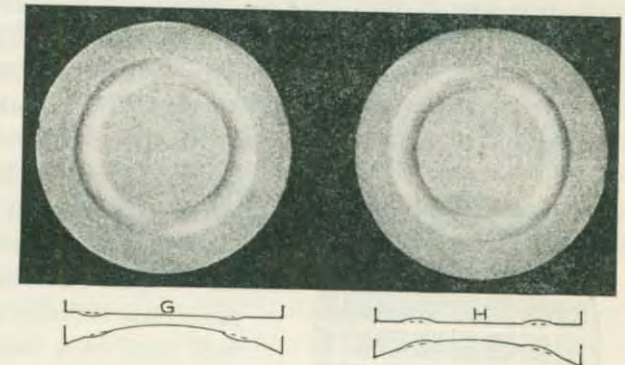
K u v a 24. Kuvapisteen hakeminen varjostuskokeessa.

vaiheen, puhdistaa paikat ja siirtyä seuraavaan hienousasteeseen. Näin mennään edelleen hienoimpaan karborundumlaatuun asti. Jos peili rupeaa siliämään enemmän reunoilta kuin keskeltä, on syytä lyhentää työntöjä ja päinvastoin pidentää, jos peilin keskusta on tullut sileämmäksi. Silityshionnassa ei ole syytä enää painaa ainakaan niin lujasti kuin karkeahionnassa ja painetta pienennetään asteittain. Karborundumpuuroa levitetään hyvin ohuelta; pinta tulee sitä sileämmäksi, mitä ohuempi karborundumkerros on. Ohjeeksi siitä, milloin silityshionnan saa lopettaa, voidaan sanoa, että peilin

peilin heijastama valopisteen kuva juuri valopisteen kohdalle. Kun nyt siirrämme valopistettä hiukan oikealle, siirtyy sen kuva saman verran vasemmalle, ja sopivan matkan päästä katsomalla näemme sen oikealla silmällämme (kuva 23). Jos viemme silmän aivan kuvan kohdalle tai hiukan sen takapuolelle (itsemme puolelle), näemme koko peilin kirkkaasti valaistuna »täysikuuna». Valopisteen ja kuvan pitää olla niin lähekkäin kuin mahdollista, kuitenkin niin, että kuvaa voi oikealla silmällä katsella. Nyt määräämme kuvan tarkan paikan seuraavalla tavalla: sopivan korkuiseen tasapohjaiseen puupalikkaan kiinnitämme tarkasti pystyyn parranajokoneen tai veitsen terän ja kuljetamme sitä vasemmalta varovasti lyhyin sysäyksin kuvan eteen, kunnes se varjostaa osan peilistä tulevasta valonsädekimpusta (kuva 24). Tämän huomaa siitä, että peiliä katsottaessa osa siitä näyttää pimenevän. Pimeneminen voi tapahtua kolmella eri tavalla:

- 1) Peili varjostuu ensin samalta puolen kuin terä tulee, siis vasemmalta. Terä on silloin lähempänä peiliä kuin kuva (asento a kuvassa 24).
- 2) Peili varjostuu vastakkaiselta puolen, siis oikealta, jolloin terä on peilistä etäimmällä kuin kuva (asento c).
- 3) Peilin valo himmenee yhtäkkiä koko peilin alalta. Silloin terä on juuri kuvan kohdalla (asento b).

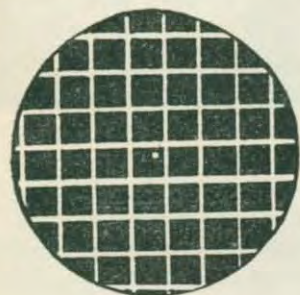
Kun näin olemme löytäneet kuvapisteen, merkitsemme terän ja lampun sekä peilin paikan tarkasti vastaisia kokeita varten. Sitten seuraa itse varjostuskoe. Tarkastamalla peilin valaistusta silloin, kun terä peittää osaksi kuvapisteen, voimme saada selvän peilin muodosta. Jos oikein tarkkaan katsellessa peili näyttää aivan tasaisesti hämärältä, niin silloin peilin pinta on täydellisesti pallon muotoinen. Mutta todennäköisempää on, että siinä näkyy toispuoleisesti valaistuja tai pimeitä vyöhykkeitä, mikä merkitsee sitä, että pinta näissä vyöhykkeissä poikkeaa pallonmuodosta. Ja tämän keinoon yllättävä yksinkertaisuus on siinä, että on helppo päätellä, millä tavalla pinta eroaa pallon muodosta. On vain kuviteltava, että peili on valaistu aivan viereltään, oikealta sivulta (kuten valonlähteemme onkin hiukan oikealla), jolloin kohoumien oikeat rinteet näkyvät valoisina ja vasemmat tummina, varjossa olevina, ja syvennysten rinteet tietysti päinvastoin. Kuva 25 selityksineen valaisee tätä ilmiötä.



K u v a 25. Kaavamainen kuva vyöhykevirheistä varjostuskokeessa. G:ssä koholla oleva vyöhyke, H:ssä syvennys.

Ensimmäisen varjostuskokeen teemme jo silytyksen päättyessä. Jos silloin esiintyy muunlaisia kumpuja tai kuoppia kuin rengasmaisia vyöhykkeitä, on peili huono, eikä hiottaessa ole noudatettu tarkasti annettuja ohjeita. Silloin on syytä palata vähän takaisin ja alottaa uudelleen karkeammasta karborundumista. Mutta jos, kuten on luultavaa, poikkeamat ovat renkaan muotoisia vyöhykkeitä, ei tarvitse säikähtää, sillä ne voidaan poistaa vielä kiilloitusvaiheessa, elleivät ne nyt satu olemaan aivan suuria. — On huomattava, että tämä tutkimiskeino on erittäin tarkka, vaikka onkin näin yksinkertainen; jo 1/10 000 mm:n korkuiset poikkeamat pallon muodosta tulevat siinä näkyviin. Näin ollen varjostuskoe onkin verraton luojanlahja peilin hiojalle, ja tuskinpa amatööri ilman sitä kykenisikään kunnan peiliä aikaan saamaan. Sen vuoksi ei kenenkään peilin tekijän ole sitä laiminlyötävä, vaan päinvastoin ruvettava käyttämään heti, kun peili on saatu siksi kiiltäväksi, että se tarpeeksi heijastaa lampputähden valoa.

**Kiilloitus.** Toivottavasti kokeemme osoitti suotuisaa tulosta, mikä merkitsee sitä, että silytysvaihe tuli valmiiksi, ja nyt seuraa kiilloitus. Sekin käy kyllä samaan tapaan kuin edelliset, mutta nyt hiomiseen ei käytetä karborundumia, vaan kiilloituspunaa, ja hioma-alustaksi lasi on liian kovaa. Sen vuoksi puhdistamme sen sekä peilin ja koko työpaikkamme mahdollisimman huolellisesti karborundumista ja valamme sen päälle lähes 1/2 cm:n paksuisen pikikerroksen. Pien kovuus on tässä tärkeä. Pien saa kovemmaksi sekoittamalla siihen kuumana hartsia ja pehmeämmäksi sekoittamalla tärpättiä. Oikea kovuus tähän tarkoitukseen piellä on silloin, kun pieni pala sitä kylmänä hampaiden välissä purtaessa hitaasti muovautuu, mutta ei murru. Ennen kuin kuumaa pikeä kaadetaan hioma-alustalle, on alusta muistettava lämmittää vedessä ja kuivata. On myös laitettava sen ympärille pahvista tarpeeksi korkea reunus, jotta piki ei pääsisi valumaan pois. Kun piki on sitten valettu alustalle, painetaan sen vielä



K u v a 26. Pikialustan uurreverkko. Valkoinen piste on alustan keskipiste.

pehmeänä ollessa haaleassa vedessä kasteltu peili sen päälle (kastelu sen vuoksi, ettei peili tarttuisi pikeen) ja liikutellaan sitä vähän eri suuntiin (pahvireunus niin matalaksi, ettei ole tiellä!), jotta pien pinta saa tarkalleen peilin pinnan muodon. Edelleen pien vielä vähän pehmeänä ollessa leikataan sen pintaan kostutetulla veitsen kärjellä viivotinta apuna käyttäen suorakulmainen uurreverkko, jotta kiilloituspuna pääsisi leviämään tasaisesti peilin eri osiin. Uurteiden leveys pien pinnassa on noin 3 mm ja niiden väli 2 cm (kuva 26). Tärkeätä on, ettei verkko ole symmetrisesti alustan keskipisteen suhteen, vaan hiukan sivulla, kuten kuvio osoittaa.

Jos piki on ennättänyt kovettua ennen uurteiden leikkaamista, on sitä vähän lämmitettävä. Heti kun uurreverkko on valmis ja piki vielä jonkin verran taipuisaa, sen pinta sivellään kiilloituspunatahtaalla ja

peili painetaan taas päälle. On erittäin tärkeätä, että pien pinta tulee joka paikassaan kosketukseen peilin pinnan kanssa. Sitä varten peiliä on syytä sopivasti painaa liikutella edestakaisin, kunnes kaikki ilmakuplat ovat välistä hävinneet, minkä näkee katselemalla peilin läpi. Sitten peili jätetään vielä päälle niin pitkäksi aikaa, että se ja piki ovat jäähtyneet huoneen lämpötilaan, mieluummin seuraavaan päivään.

Kiilloituspuna sekoitetaan veden kanssa puuromaiseksi tahtaaksi, jota levitetään pensselillä pikiselle hioma-alustalle. Sitten kun piki on saanut oikean muodon ja jäähtynyt, ryhdytään jälleen hiomaan toistaiseksi samanlaisin liikkein kuin silytyshionnassa, lyhyin, noin kolmannestyönöin ja kumpaakin hiomapintaa kierretään joka työnön välissä. Mutta työ tulee nyt tarkemmaksi, ja meidän on ryhdyttävä työskentelemään kellon mukaan. Lisäksi tarvitsemme lämpömittarin sekä kynän ja paperia, sillä alamme tehdä merkintöjä työn edistymisestä. Lämpömittarin ripustamme työpaikkamme läheisyyteen ja pidämme huolen, ettei lämpötila työn kuluessa muutu ainakaan 5° enempää, muuten pien kovuus liaksi muuttuu, mikä taas vaikuttaa peilin muotoon. Aurinko ei missään tapauksessa saa paistaa työskentelypaikkaamme. — Tarvitsemme vielä äärellemme astian puhdasta vettä sekä lyhyen puutikun, jonka toisen pään ympärille on kierretty puhdasta liinavaatetta, jolla peilin voi välillä puhdistaa kiilloituspunasta varjostuskoetta varten; ja vielä muuta puhdasta kangasta peilin ja käsien kuivaamiseen. Käsien ei nyt saa peilin pintaan koskea. Myös peilin päälle, sen ja käsien väliin, on pantava kangasta tai paperia estämään käsiä lämmittämästä peiliä, jonka muoto siitä hiukan muuttuisi.

Ensimmäisessä erässä hiomme puoli tuntia keskeyttäen vain kiilloituspunaa lisätäksemme. Sitten teemme varjostuskokeen (terä tarkkaan kuvapistessä!). Peili on voinut kiilloittua tasaisesti joka kohdastaan, mutta luultavammin ei aivan tasaisesti, vaan enemmän joko reunoilta tai keskeltä. Kokeessa peilin pinnalla näkyvät varjot osoittavat, millä tavalla virheellinen peilimme pinta nyt on. Jos esim. pinta näyttää sellaiselta kuin kuvassa 27 D, niin pinta on keskuksen ja reunan puolivälissä liian matalalla. Työ voi nyt jatkua kahdella eri tavalla:

- joskut ryhtyvät jo tässä vaiheessa, siis kiilloituksen yhteydessä, *muotoilemaan* pintaa sillä tavalla kuin myöhemmin esitämme, mutta aluksi vain pallon pinnaksi, josta se viimeisessä vaiheessa muotoillaan paraboliseksi;
- toisten mielestä on paras jatkaa yksinomaan *kiilloittamista* riippumatta siitä, mikä muoto pinnalla osottautuu olevan, kuitenkin tehden vähän väliä varjostuskokeen »uteliaisuuden vuoksi».

Kukin voi menetellä oman mielensä mukaan; tässä esitämme selvyiden vuoksi ensiksi pelkän kiilloituksen ja sitten muodostuneen pinnan muotoilemisen pallon pinnaksi ja siitä paraboliseksi.

Kiilloitusta siis jatketaan noin 1/2 tunnin erissä ja erien välillä peili puhdistetaan ja uteliaisuus tyydytetään kokeella. Pian puhdistusvesi astiassa tulee niin punaiseksi, ettei peili sillä enää tarpeeksi puhdistu. Silloin astia vesineen pannaan

sivulle ja annetaan seistä vuorokausi, jolloin kiilloituspuna on laskeutunut sakana pohjaan. Vesi poistetaan, mutta kiilloituspuna otetaan talteen lukuunottamatta aivan viimeisiä tippoja, jotka ovat karkeinta ainesta. Näin saadaan kaikkein hienointa kiilloituspunaa, jota käytetään loppukiilloituksessa. Kiilloituksen kuluessa on myös hyvä katsella suurennuslasilla pinnan sileyden kehitystä. Kaikki silityshionnassa pintaan jääneet teräväreunaiset kolot on saatava häviämään. — Jos silytys on huolellisesti suoritettu, niin kiilloituksen pitäisi valmistua ehkä kolmen tunnin hionnalla.

Joskus ostettu kiilloituspuna on niin karkeata, ettei sitä sellaisenaan voi käyttää kiilloitukseen. Silloin se joko lietetään kuten edellä on selitetty karborundumista tai punatahdas suljetaan tiiviiseen flanellikankaiseen pussiin, jota puristellaan ja hierotaan vedessä, niin että suurin ja hienoin osa punajauheesta siivilöityy veteen karkeamman osan jäädessä pussiin. Veteen joutuneen punajauheen annetaan laskeutua ja se otetaan käyttöön.

**Muotoilu**, joka merkitsee peilin pinnan muovaamista lopulliseen, paraboliseen muotoon, on koko työn tarkin ja hienoin osa, sen kruunu. Peilin hionnassa jos missä pitää paikkansa tuttu sananlasku, että alku työn kaunistaa, lopussa kiitos seisoo. Kaikki tähänastinen työmme on ollut mekaanista eikä siinä ole tarvittu paljon muuta kuin tarkkaa ohjeiden noudattamista, mutta nyt tulee jo tekijän synnynnäinen kätevyys kysymykseen. Ohjeita ei voi antaa kaikkiin tapauksiin, vaan on käytettävä ymmärrystä ja kokeilua. Seuraavassa esitämme, miten eräissä yleisimmissä päätapauksissa on meneteltävä.

Päämääränä on pinnan muotoileminen ensin pallomaiseksi ja siitä edelleen pyörähdysparaboloidin muotoiseksi eli paraboliseksi. Pallon pinnalla on nim. se tässä tapauksessa ikävä ominaisuus, etteivät kaikki hyvin kaukaa, esim. tähdestä tulevat valonsäteet, joita voidaan pitää yhdensuuntaisina, heijastu siitä yhteen pisteeseen, vaan pallon reunaosista heijastuneet säteet yhtyvät ja muodostavat tähden kuvan lähempänä peiliä kuin keskiosista heijastuneet, josta on seurauksena, että pistemäisen tähden kuva ei tulekaan olemaan piste, vaan vähän laajentunut ja reunoiltaan epäselvä (n.s. palloaberraatio). Sen vuoksi keskiosien kaarevuutta on vähän lisättävä kovertamalla peiliä keskeltä, niin että syntyy pinta, jonka tasoleikkauskuvio on paraabeli, ts. parabolinen pinta eli pyörähdysparaboloidi. Kaikki tähän pintaan yhdensuuntaisina tulleet valonsäteet heijastuvat yhteen pisteeseen, polttopisteeseen, ja tähdestä syntyy pistemäinen selvä kuva. Senpä vuoksi koetammekin saada peilimme pinnan juuri paraboliseksi, pyrkimys, jossa joka poika ei täydellisesti onnistu. Mutta joka onnistuu, hän onkin luonut suorastaan taideteoksen, johon hän voi olla peräti tyytyväinen ja jota parempaa samankokoista ei ehkä ole olemassa. Jo pallopeilikin, varsinkin niin pitkäpolttovälinen kuin nyt on kysymyksessä, on hyvin käyttökelpoinen.

Ennenkuin ryhdymme muotoiluun, on meidän varjostuskokeessa tutustuttava oikein tarkasti peilimme pinnan muotoon. Tässä esiintyvät seuraavat päämuodot:

1) *pallo*, valaistus tasainen (kuva 27 C)

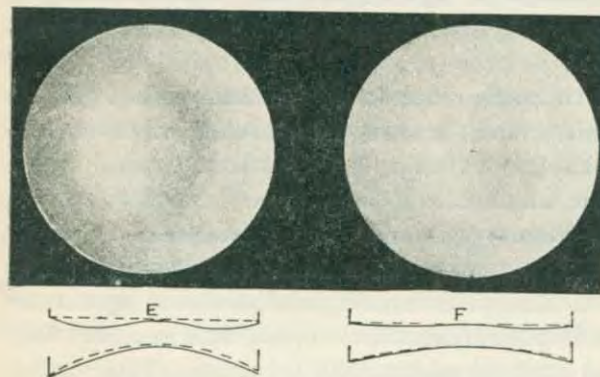
2) *litistynyt pallo* (kuva 27 D), jossa keskus ja aivan reunat esiintyvät koholla pallopintaan nähden,

3) *hyperboloidi* ja *paraboloidi* (kuva 28 E ja F), jotka pinnanmuodostukseltaan ovat edellisen vastakohtia, niin että pallopintaan nähden näissä keskuksen ja reunan välillä esiintyy kohouma. Hyperboloidissa varsinkin

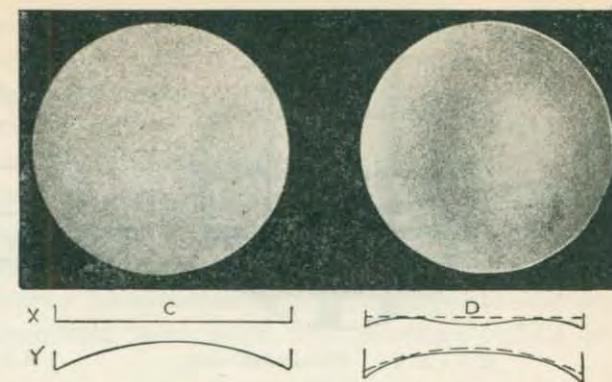
reunat ovat syvemmälle kuluneet kuin paraboloidissa, joten siinä valot ja varjot näkyvät jyrkempinä.

Muotoilu on erilainen ja eri paljon työtä vaativa näissä eri tapauksissa. Jos pinta osoittautuu paraboloidiksi, niin muotoilua ei ollenkaan tarvita. Muista muodoista pallo on helpoin korjata paraboliseksi, hyperboloidi vaikein. Jos kiilloittaessa ei ole pyritty samalla muotoilemaan, niin peilistä on todennäköisimmin tullut pallo tai litistynyt pallo.

Molemmat viimeksi mainitut muodot voidaan muovata paraboliseksi samallaisin menettelytavoin, joita on useampia. Kummassakin tapauksessa pyritään peiliä syventämään reunaosista keskukseen päin. Tavallisin keino tämän saavuttamiseksi on jatkaa kiilloitusta edelleen, mutta sen sijaan että tähän asti on käytetty kolmannestyöntöjä, ne nyt pidennetään  $\frac{1}{2}$ , jopa  $\frac{2}{3}$ -työnnöiksi. Silloin luonnollisesti keskiosa kuluu enemmän ja syvenee. Tässä keinossa piilee kuitenkin se vaara, että pinnan reunat »kääntyvät alaspäin», siis peili kuluu liikaa aivan reunoiltaan, joten sitä on hyvin varovasti käytettävä ja varjostuskoe on tehtävä vähän väliä.

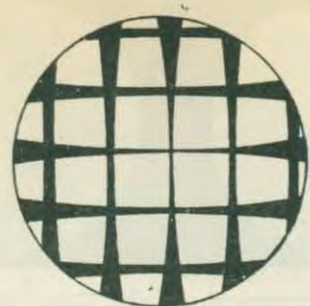


K u v a 28. Varjostuskoe: E hyperboloidi, F paraboloidi.

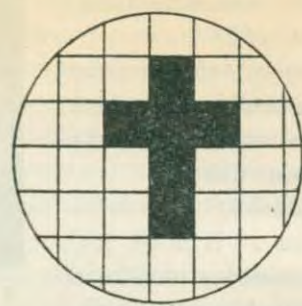


K u v a 27. Varjostuskoe: C pallo, D litistynyt pallo.

Reunojen alaspäin kääntymisestä ei ole pelkoa, jos pikinen hioma-alusta leikataan pienemmäksi kuin peili poistamalla enemmän tai vähemmän pikeä sen reunoilta. Silloinhan se hiottaessa selvästi kuluttaa pääasiassa peilin keskiosia. Yksi keino on myös levittää uurteet pikialustan reunoilla (kuva 29) ja hioa tavalliseen tapaan.



Kuva 29. Pikialustan uurteet reunoilta levennetyt.



Kuva 30. Pikialustan eräitä neliöitä syvennetty.

Mutta jos peilimme on tullut hyperboloidiksi, siis kulunut liikaa aivan reunoilta, niin silloin on ensimmäinen tehtävämme hioa aivan lyhyin työnöin. Tämä tavallisesti auttaa, ja peilistämme tulee aluksi pallo tai litistynyt pallo, jota käsitellään edelleen äskeisten neuvojen mukaan. Jollei tästä kuitenkaan tulisi apua, niin on koetettava sitä keinoa, että poistaa pien eräistä uurteiden välisistä neliöistä hioma-alustan keskiosista, kuitenkin epäsymmetrisesti esim. kuvion 30 tapaan. Tämän päällä hiottaessa syntyy tavallisesti litistynyt pallopinta. Edelleen käsittelyä varten on tässä tapauksessa laitettava uusi pikialusta.

Edellä on esitetty eräitä tavallisimpia keinoja, joita eri tapauksissa voi käyttää. Mutta tarpeen vaatiessa niitä saattaa myös eri tavoin yhdistellä, vieläpä kokeilla muitakin mahdollisuuksia. On vain aina muistettava olla varovainen ja muutamien minuuttien hionnan jälkeen tehdä varjostuskoe.

Tottumattoman ei ole aivan helppo päätellä kokeessa, milloin peili on parabolinen. Peilin valaistus on pyrittävä saamaan sellaiseksi kuin kuva 28 näyttää.

Toivottavasti peilimestarin kärsivällisyys on riittänyt ja pinta on tullut paraboliseksi tai ainakin pallomaiseksi ja täysin kiiltäväksi. Silloin hiomistyö on lopussa, ja jällellä on pinnan tekeminen varsinaiseksi, valoa mahdollisimman täydellisesti heijastavaksi peiliksi.

**H o p e o i n t i.** Ennen hopeointia peilin pinta on erittäin huolellisesti puhdistettava, muuten hopeointi ei onnistu. Puhdistuksessa käytetään puutikun päähän käärittyä puhdasta puuvillakangasta. Jos on kysymyksessä ennen hopeoimaton peili, puhdistetaan se ensin alkoholilla ja sen jälkeen väkevällä typpihapolla; ennen hopeoitu peili ainoastaan typpihapolla, joka poistaa entisen hopeakerroksen. On katsottava, että peilin pinnan jokainen kohta tulee hangatuksi ja hangatessa on vahvasti painettava. Kun peili on näin puhdistettu, se upotetaan tislattuun tai hyvin puhtaaseen sadeveteen (joissakin kaupungeissa vesijohtovesikin on niin puhdasta, että sitä voi käyttää) odottamaan hopeointia. Tätä varten valmistetaan kaksi liuosta A ja B.

A. Liuotetaan 5 gr. *hopeanitraattia* tislattuun veteen ja siihen sekoitetaan ammoniakkia, kunnes aluksi syntynyt sakka ravisteltaessa *melkein kokonaan* katoaa. Seos ei siis saa tulla jälleen aivan kirkkaaksi, vaan sen on jäätävä hiukan ruskehtavaksi. Jos ammoniakkia tuli liikaa, niin että liuos tuli kirkkaaksi, on hopeanitraattiliuosta tiputettava lisää (sitä on varattava tähän tarkoitukseen), kunnes seos saa jälleen ruskehtavan värin. Tämän jälkeen neste siivilöidään pumpulin ja puhtaan valkoisen imupaperin läpi ja miedonnetaan lisäämällä vettä niin paljon, että seosta tulee olemaan 500 cm<sup>3</sup> (1/2 litraa).

B. Valmistetaan yksiprosenttinen *formaliiniliuos*. Rohdoskaupoista saatava formaliini on tavallisesti 40-prosenttista, joten se on miedonnettava vedellä 40-kertaiseen määrään.

Nämä liuokset säilytetään eri pulloissa. Vuorokausi ennen hopeointia pullo viedään hopeoitavan, vedessä olevan peilin viereen, jotta niiden lämpötilat tulisivat samoiksi. Tavallinen huoneen lämpötila on sopiva.

Hopeoimista varten olisi hyvä hankkia sellainen lasi- tai posliiniastia, johon peili juuri mahtuu (hiottu puoli ylöspäin), mutta joka ei ole liian suuri, jottei hopeoimisnestettä tarvittaisi kovin paljoa. Jollei kuitenkaan sellaista astiaa ole, voi hopeoimisnesteen kaataa myös suoraan koveran peilin päälle; niin paljon kuin nestettä siinä suinkin pysyy.

Kun kaikki valmistelut ovat suoritettut, siis peili on otettu vedestä ja kuivunut, valmistetaan hopeoimiseesta, vain sen verran kuin sitä kerralla tarvitaan peilin peittämiseen, sekottamalla lasi- tai posliiniastiaan kaksi osaa A- ja yksi osa B-liuosta sekä ravistetaan. Seos kaadetaan heti peilin päälle niin, että hopeoitava pinta peittyy hyvin, mielellään 1 cm:n paksuudelta. Peiliä (tai astiata, jossa se on) liikutellaan yhtä mittaa ja seurataan tarkoin kehitystä. Pian alkaakin peilin pintaan muodostua himmeän kiiltävä hopeakerros. Jollei viimeistään viiden minuutin kuluttua hopeakerrosta ilmaannu, on lisättävä hiukan B-liosta. 5—10 minuutin kuluttua nesteen kaatamisesta hopeoituminen on lopussa. Silloin seos kaadetaan pois, peilin pinta huuhdellaan vedellä, tehdään uusi seos, ja hopeoiminen uusitaan, mahdollisesti useammankin kerran, jotta saadaan paksu hopeakerros. Lopuksi peili huuhdellaan ja asetetaan kyljelleen kuivumaan muutamiksi tunneiksi. Kun se on kuiva, näyttää se himmeän keltaiselta ja se on kiilloitettava hienoimmalla kiilloituspunalla. Sitä varten pehmeän pumpulipallon ympäri kierretään mahdollisimman pehmeätä säämyskää, johon kiilloituspunaa hierotaan ja sillä aletaan hioa peilin pintaa, aluksi aivan kevyesti, sitten hiukan painaen ja hiomista jatketaan, kunnes peili on kirkkaan kiiltävä.

Jos hopeoiminen useammasta yrityksestä huolimatta ei ota onnistuakseen, voi peilin lähettää joko Turkuun professori YRJÖ VÄISÄLÄLLE hopeoitavaksi tai hätätilassa antaa hopeoimisen peililiikkeen tehtäväksi, kun silloin vain selittää, mikä pinta on hopeoitava, ja että peiliä on mitä suurimmalla huolella käsiteltävä.

Kun peiliin on saatu kiiltävä hopeakerros, on tämä kaukoputken tärkein ja verrattomasti kallein osa lopullisesti valmis.

Apupeili ja okulaarit. Muistamme, että Newton-mallisessa peilikaukoputkessa pääpeilistä heijastuneet valonsäteet heijastetaan vielä apupeilillä putken kyljessä olevaan okulaariputkeen. Apupeilinä on pieni tasopeili, jonka täysin tasainen etupinta on myös oleva hopeoitu. Apupeiliä ei harrastajan kannata ruveta itse hiomaan, sillä tasopinnan aikaansaaminen on vaikea, eikä tämä pieni peili tule ostaenkaan kalliiksi, varsinkaan, kun sen (kuten muitakin kaukoputken osia ja kokonaisia sekä linssi- että peilikaukoputkia) voi tilata kotimaasta, nim. prof. YRJÖ VÄISÄLÄLTÄ Turusta (osote: Puolalanpuisto 1). Jos putken valmistaa itse, on tilauksessa mainittava tarkoin apupeilin leveys, jonka itse voi laskea. Se on oleva vähän suurempi — tässä tapauksessa 30 mm suurempi — kuin siihen pääpeilistä heijastuvan valonsädekimpun leveys, toisin sanoen apupeilin kohdalla sen kartion läpimitta, jonka kantana on pääpeili ja huippuna polttopiste. Apupeilin paikka on taas arvioitava siten, että polttopiste joutuu muutamana cm:n putken ulkopuolelle, niin että siihen voi mukavasti laittaa okulaariputken eri polttovälisiä okulaareja varten. On tietenkin syytä piirtää suuressa mittakaavassa kaukoputken malli, jossa myös valonsäteiden kulku näkyy (kuva 13 siv.24).

Okulaarit on myös paras tilata prof. VÄISÄLÄLTÄ. Meidän kaukoputkeemme olisi sopiva tilata neljä okulaaria, esim. polttovälein 33, 20, 10 ja 5 mm, jolloin niillä saadaan vastaavasti suurennukset 36, 60, 120 ja 240 ×. Viimeistä suurempaa suurennusta ei kannata käyttää.

Putki ja peilien asentaminen. Jos haluaa metallisen putken, on se tilattava metallityöpajasta. Mutta puisen putken voi kyllä itsekkin valmistaa esim. nelikulmaisen vaneerista, ja sellainen on käytännössä täysin käyttökelpoinen. Vaneeriseinät kiinnitetään ruuveilla tai nauloilla putken sisälle jääviin nurkkarimoihin, ja koko putken sisusta maalataan himmeään mustaksi, jottei syntyisi häiritseviä sivuheijastuksia. Tämä koskee myös metalliputkea.

Pääpeili on kiinnitettävä putken päähän siten, että sen suuntaa voidaan ruuveilla helposti muutella. Sitä varten se kiinnitetään ensiksi irralliselle vaneerilevylle kolmella tai neljällä hakaruuvilla, joiden haat ulottuvat hiukan peilin reunan päälle. Ruuvien kohdalle peilin ja levyn väliin on paras pistää pienet pahvi palaset, joita vasten siis peili puristuu ollen muuten hiukan erillään vaneerilevystä. Ruuveja ei saa kiristää kovin lujaan, jottei peilin muoto muuttuisi. Vaneerilevyn keskelle kiinnitetään mutteri, johon vetoruuvi voidaan kiertää. Levy kiinnitetään itse putken pohjalevyyn juuri tällä ruuvilla, mutta jotta peilin suuntaa voitaisiin muuttaa, menee pohjalevyn läpi sen reunoilla kolme työntöruuvia, joita vasten peilin kiinnityslevy nojaa. Koko pohja kiinnitetään ruuveilla putkeen, jotta sen voi tarpeen vaatiessa helposti irroittaa. Peilin puhdistamista ym. varten tehdään putken kylkeen peilin etupuolelle suljettava luukku.

Apupeilin kiinnityksessä on periaatteena, että se on tuleva tarkkaan yhtä kauaksi kaikista putken sivuseinistä (pääpeilin keskiakselin kohdalle) ja 45° kulmaan putken pituussuuntaan nähden. Sen kannatinlevy, joka kuten itse apu-

peilikin on oleva soikea, ellipsin muotoinen, niin että sen projektio pääpeilillä on ympyrä, eikä juuri apupeiliä suurempi, on ohuilla varsilla kiinnitettävä putken reunoihin. Varsien päät ulottuvat putken seinien läpi ja niissä on kierteet ja mutterit seinän molemmin puolin jotta apupeilin asemaa sivusuunnassa voidaan niillä muutella. Peilin kiinnittäminen sen kannatinlevyyn tapahtuu samojen periaatteiden mukaan kuin pääpeilinkin; suunnan korjaamiseksi on tässäkin tarpeen veto- ja työntöruuvit. Peili kyllä voidaan kiinnittää aluslevyynsä yksinkertaisemmin, esim. levyn reunaan juotetuilla metallipellin palasilla.

Putken kylkeen tehdään apupeilin kohdalle reikä ja sen päälle kiinnitetään messinkinen okulaariputki, sen kokoinen, että okulaarit pysyvät kitkalla sen sisällä. Tavallisesti tarvitaan kaksikin toisiinsa liittyvää putkea okulaarien erilaisen koon ja polttovälin takia.

Kun nämä työt on tehty, on jällellä peilien säätäminen sellaiseen keskinäiseen asentoon, että tähden kuva tulee okulaariputkeen, ja että kuva on pyöreä ja tarkka. Tämä on harrastajan osattava tehdä myös ehkä ostamaansa peilikaukoputkeen nähden, sillä senkin peilin asento saattaa matkalla tai myöhemminkin hiukan muuttua, jolloin kuvat ehdottomasti pilaantuvat.

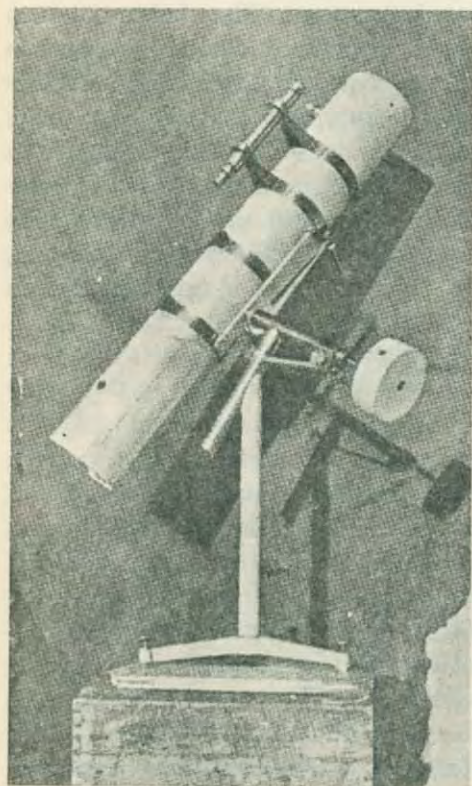
Ensiksi saatetaan apupeili oikeaan kohtaan ja asentoon. Oikea kohta nähdään katsomalla okulaariputken läpi ilman okulaaria; apupeilin pitää olla juuri putken jatkeen kohdalla. Samalla katsotaan pääputken suusta, että apupeili on sen keskellä. Tämän jälkeen pääpeili peitetään kokoisellaan valkoisella paperilla, jonka keskellä (täsmälleen!) on parin cm:n läpimittainen musta pyöreä läiskä. Myös okulaariputki peitetään niin, että vain sen keskelle jää pienehkö pyöreä katselu-reikä. Tämän läpi katsottaessa näkyy silloin apupeilistä pääpeilin valkoinen peite mustine keskuskäiskineen. Jollei tämä näy keskisest, siis apupeilin keskellä, on apupeilin suuntaa sen säätöruuveilla korjattava, kunnes näin tapahtuu. Silloin apupeili on paikoillaan.

Sitten seuraa pääpeilin asennus. Sen paperipeite poistetaan ja sitten katsotaan taas samasta okulaariputken reijästä kuin äsken. Silloin nähdään pää- ja apupeilin heijastuskuvat, apupeilin pienempänä, tummana ja pyöreänä läiskänä vaalealla pääpeilin pinnalla. Samalla näkyy myös katselureijän kuva. Jos silloin apupeilin tumma kuva näkyy epäkeskisesti ja soikeana, on pääpeilin asentoa korjattava, kunnes kuva näkyy aivan sen keskellä. Silloin pääpeilikin on oikeassa asennossa. Tämän voi vielä tarkistaa katselemalla Pohjantähteä ja siirtämällä okulaaria hiukan tarkennuspisteen jommallekummalle puolen. Peilin ollessa oikeassa asennossa tähden ympärillä näkyvät taipumisrenkaat ovat silloin samankeskisiä ympyröitä, muuten soikeita ja epäkeskisiä.

Näin kaukoputkemme on valmis, ja jännittyneenä suuntaa tekijä sen jo tällaisena taivaan tähtiä kohti ainakin nähdäkseen, millaisia kuvia sillä tähdistä syntyy, ja mitä kaikkea se kykenee näyttämään. Tähän tietysti on syytäkin, sillä vasta tähtien kuvista peilin kelpoisuus voidaan arvostella. Mutta epämurkava sitä on suunnata määrättyyn tähteen, siitä kun puuttuu kaksi tärkeätä asiaa,

jalusta ja etsijäputki. Paras on siis tehdä tai hankkia heti kunnollinen puinen tai rautainen jalusta. Tämän kirjan toisessa kirjoituksessa on jo esitetty erilaisia jalustoja, joten siitä emme puhu nyt enempää. Etsijäksi kelpaa pieni, noin 10 kertaa suurentava linssikaukoputki, jonka polttotasossa on lankaristikko osoittamassa sen valoakselin suuntaa. Etsijäkin on paras ostaa valmiina, se ei paljoa maksa. Se kiinnitetään pääputken kylkeen siten, että sen suuntaa voidaan ruuveilla säätää. Sitten pääputki suunnataan kirkkaaseen tähteen tai yhtä hyvin päivällä johonkin kaukaiseen, selvästi näkyvään pisteeseen niin, että se näkyy näkökentän keskellä. Sen jälkeen etsijä suunnataan siten, että sama piste näkyy siinä lankaristikon kohdalla, jolloin kummankin kaukoputken valoakselit ovat samansuuntaiset. Kun etsijän näkökenttä vähäisen suurennuksen vuoksi on monin verroin laajempi kuin pääputken, on se tähtiä katseltaessa helpompi suunnata määrättyyn tähteen, joka silloin näkyy itse pääputkessakin.

**Peilin arvostelu.** Kun näin pitkällä ollaan, on peilimestarilla tilaisuus saada arvostelu luomuksestaan. Kuten jo äsken oli puhe, katsellaan tätä varten ensiksi Pohjantähteä, koska se käytännöllisesti katsoen pysyy paikallaan. Okulaarin ollessa tarkennuskohdassaan pitäisi tähden kuvan olla aivan pienen pyöreän levyn muotoinen, jonka ympärillä erottuu yksi tai kaksi ohutta valkoista rengasta. Ne johtuvat valon taipumisesta ja ovat asiaankuuluvat. Selvempinä ne näkyvät, kun okulaari on siirretty vähän sisään- tai ulospäin, siis ekstrapokaalikuvasta. Jos renkaat ovat aivan ympyrän muotoiset ja sisempi selvästi kirkkaampi, on peili ja sen asennus kunnollinen. Tarkennuskohta on myös kunnan kaukoputkessa tarkkaan rajoitettu: pieninkin okulaarin siirros siitä muuttaa kuvan selvästi suuremmaksi. Ellei näin ole, on peilissä vikaa.



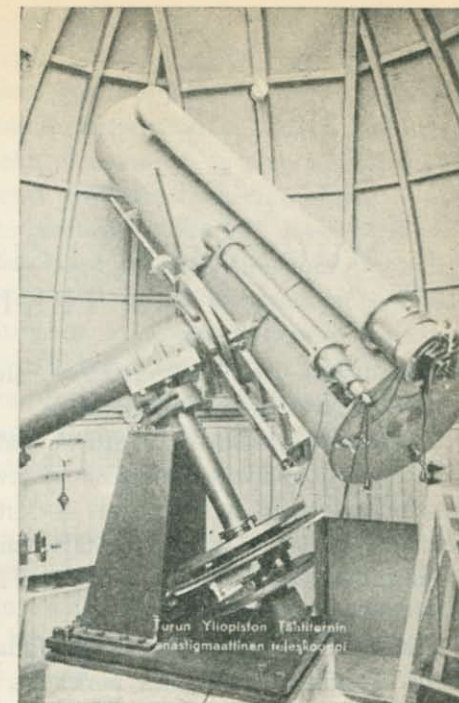
K u v a 3 1. Harrastajan peilikaukoputki.

Sitten tutkitaan peilin erotuskyky, s.o. miten lähellä toisiaan olevat kaksoistähdet se kykenee näyttämään erillisinä. Jos kaksoistähdet ovat suunnilleen saman kokoiset, eivät liian kirkkaat — enintään kuudetta suuruusluokkaa — niin hyvän kaukoputken erotuskyky on  $13''/s$ , jossa  $s$  on objektiivin halkaisija cm:issä lausut-

tuna. Kun meidän peilimme halkaisija on 12 cm, pitäisi sillä kyetä erottamaan noin yhden sekunnin päässä toisistaan olevat tähdet. Itse tähdet näkyvät tosin silloin vielä yhdessä, mutta taipumisrenkaat näyttävät selvästi soikeilta, vieläpä pyrkivät keskeltä kuroutumaan (kuva 12, siv. 23). Tämän kirjan lopussa olevasta kaksoistähtiluettelosta löytyy tarkoitukseen sopivia kaksoistähtiä. Näissä kokeissa on käytettävä vahvinta suurennusta.

Jos kokeet eivät anna tyydyttävää tulosta, on syytä ensiksi tarkistaa peilin asennus, ja jollei sekään auta, niin vika on peilissä, joka on koetettava muotoilla uudelleen. Mutta jos kokeiden tulos on myönteinen, niin tekijä voi olla työhönsä tyytyväinen ja tietoinen siitä, että hänellä on kelvallinen väline taivaan tähtien ja muiden ilmiöiden tutkisteluun. Hänen vaatimuksensa saattavat jonkin vuoden kuluttua kasvaa ja mielensä ruveta tekemään suurempaa, kenties valovoimaisempaa kaukoputkea. Kun tämän peilin valmistuksessa saadut kokemukset ovat muistissa, ei silloin mikään estä ryhtymästä suuremman ja vaativamman valmistukseen.

K u v a 3 2. Turun yliopiston peilikaukoputki. Peilin halkaisija 50 cm, polttoväli 100 cm. Professori Y. Väisälän konstruoima.



K u v a 3 2. Turun yliopiston peilikaukoputki. Peilin halkaisija 50 cm, polttoväli 100 cm. Professori Y. Väisälän konstruoima.



#### 4. MUUTAMIA YLEISOHJEITA HAVAINNONTÉKIJÖILLE.

Seuraavassa esitetään eräitä yleisluonteisia ohjeita varsinkin kaukoputkella tehtävien havaintojen suorittajille.

Havaintopaikkana maaseutu on paljon edullisemmassa asemassa kuin suuret kaupungit, joissa katuvalaistus ja savun sekä muun epäpuhtauden samentama ilma huonontavat näkyvyyttä. — Mitä täydellisemmin havaintopaikka on tuulelta suojattu, sitä parempi, sillä vaikka kaukoputken jalusta olisi tukevakin (useimmiten ne eivät sitä ole), tuuli aiheuttaa putken tärisemistä, mikä tuntuu vahvasti huonontaa kuvaa.

Silmän sopeutuminen pimeään (adaptaatio) vie eri ihmisiltä eri pitkän ajan, mutta keskimäärin silmän herkkyys valaistusta huoneesta pimeään n. entäessä kasvaa 50-kertaiseksi n. 15 minuutissa ja 500-kertaiseksi 30—40 minuutissa. Heikkovaloisia taivaankappaleita havaittaessa täytyy välttää kaikkea, heikkoakin, sivuvaloa. Kartan, kellon ja havaintokirjan näkemistä varten tarvitaan kyllä valolähde, esim. sähkötaskulamppu, mutta sen valo on syytä himmentää mahdollisimman heikoksi, jotta välttyttäisiin häikäisyltä. — Tähtisumujen ja yleensä myös pyrstötähtien havaitseminen on mahdotonta, jos Kuu on taivaalla. (Tässä yhteydessä lienee syytä huomauttaa, ettei maailman suurimmallakaan kaukoputkella tähtisumuja voida nähdä läheskään niin kauniina kuin valokuvat ne esittävät; nämä kuvat on saatu valottamalla levyjä jopa monia kymmeniä tunteja.) — Heikkovaloisimpia taivaankappaleita on muuten parasta katsoa hieman ohi, »syrjäsilmillä», jolloin kuva lankeaa silmän verkkokalvon herkimpään osaan.

Jos tähtikaukoputkea säilytetään asuinhuoneessa, koje täytyy viedä ulos jäähtymään hyvissä ajoin ennen havaitsemista. Mitä suurempi kaukoputki on, sitä pitemmän ajan sen jäähtyminen vaatii. Niin kauan kuin jäähtymistä kestää, kaukoputkella nähtävät kuvat ikään kuin »kiehuvat»; varsinkin isommissa peilikaukoputkissa tämä ilmiö saattaa olla varsin kiusallinen. Tästä syystä peilikaukoputken pääpeilin läheisyyteen on parasta tehdä avattava luukku lämpötilan tasaantumisen jouduttamiseksi.

Ennen kuin kaukoputki havaitsemisen päätyttyä tuodaan kylmästä ulkoilmasta takaisin asuinhuoneeseen, objektiivin kansi pannaan paikoilleen, ja niinkään annetaan okulaarin olla putkessaan, jotta objektiivin pinta ja kauko-

putken sisusta eivät huurtuisi. Kun kaukoputkella havaitaan pakkasilmalla, on syytä hengittää ulospäin vain toisella suupielellä, siis sivullepäin, jotta huurretta ei muodostuisi kojeen kylmille osille. Tehokas keino objektiivin suojaamiseksi sumuttumiselta ja huurteelta on varustaa kaukoputki esim. pahvista valmistetulla, sisästä mustatulla jatkeputkella, jonka pituus on n. 3 kertaa objektiivin halkaisija. Jos huurretta havainnon kestäessä kaikesta huolimatta syntyy, se pyyhitään pois — hyvin varovasti, jotta linssipintojen hieno kiilloitus ei turmeluisi — pehmeällä säämiskätkappaleella tai ohuella, useita kertoja pyykissä olleella liinavaatteella, — ei kuitenkaan suoraan linssin poikki, vaan ympyröissä liikuttaen. Lämpimässä huoneessa ilmaantuneen huurteen annetaan haihtua itsestään. — Okulaareja ei muuten pidä pistää taskuihin, missä niiden linssit pölytyvät ja voivat naarmuuntuakin, vaan ylimääräiset okulaarit pidetään havainnon aikana pöydällä tai jollakin muulla telineellä kaukoputken vieressä. — Objektiivia tai okulaarien linsejä ei koskaan turhan takia pidä kiertää pois paikoiltaan.

Tähtikaukoputkeen kuuluu tavallisesti useampia okulaareja, joiden avulla syntyy erilaisia suurennuksia. Pienellä suurennuksella saadaan laaja näkökenttä ja pintaesineitä katsottaessa suuri valovoima, minkä lisäksi ilman rauhattomuus ei pientä suurennusta käytettäessä häiritse läheskään yhtä paljon kuin suurennuksen ollessa vahva. Tähtien näennäinen (Maan pyörimisestä johtuva) liike kaukoputken näkökentässä sekä kaukoputken tärisemisestä aiheutuvat häiriöt kasvavat sitä mukaa kuin suurennuskin. Tähtisumuja, pyrstötähtiä jne. katsotaan mahdollisimman heikolla suurennuksella, jota vastoin esim. kaksoistähdet yleensä vaativat vahvaa suurennusta. — Toisessa kirjoituksessa (siv. 14) puhutaan tarkemmin kaukoputkea koskevista seikoista, mutta mainittakoon vielä tässäkin, että kaukoputken teho ja sen arvo eivät suinkaan riipu suurennuksesta, vaan valovoimasta — eli objektiivin halkaisijan suuruudesta — ja hyvin oleellisesti myös objektiivin laadusta.

Kaukoputkella suoritettavien tähtihavaintojen pahin häiritsijä on ilmakehän rauhattomuus. Siitä syystä suurimmat tähtitornit onkin rakennettu korkeille vuorille, missä ilma on jo ohutta. Taivaan lakipisteen suunnassa näkösäteen läpäisemä ilmamassa on pienin ja kaukoputken antamat kuvat niinmuodoin parhaat, mutta mitä lähempänä taivaanrantaa havaittava tähti on, sitä paksumpi ilmakerros tulee sen ja havaitsijan väliin, ja sitä rauhattommaksi ja vääristyneemmäksi muuttuvat kuvat. Aivan taivaanrannassa olevaa tähteä ei yleensä lainkaan voi havaita ainakaan isolla kaukoputkella. Jos tähdet tuikkivat vahvasti yli koko taivaan, se on merkinä ilman rauhattomuudesta, mutta mitä matalammalle taivaanrantaa kohti tähdet palavat rauhallisesti, sitä tasaisempi on myös ilma ja samalla sitä edullisempi havaintojen tekoa varten.

Tottunut havaitsija näkee kaukoputkella hyvin paljon paremmin ja enemmän kuin aloitteleva; tämäkin näet on taito, joka on opeteltava. On muuten parasta totuttautua pitämään molemmat silmät auki tähtikaukoputkella katsottaessa,

sillä sen kautta silmälihakset eivät väsy läheskään niin nopeasti kuin jos toinen silmä pidetään kiinni. — Aurinkohavainnoissa on syytä olla varovainen, sillä tumma aurinkolasi saattaa haleta kuumuudesta, josta voi olla seurauksena silmän näkökyvyn menetys. Niinpä Aurinkoa katsottaessa on varmintä tuntuvasti pienentää objektiiviaukkoa esim. mustasta paperista tehdyllä himmentimellä — tai liittää kaukoputkeen valkoisesta himmeäpintaisesta paperista tehty varjostin, johon Auringon (ja samalla esim. okulaarin hiusristikon) kuva lankeaa okulaarin läpi, ja jota siis vaaratta voidaan tarkastella (kuva 48, siv. 108).

Tähtien tutkimisen kannalta meidän maamme on epäedullisessa asemassa siinä suhteessa, että pimeä vuodenaika samalla on kylmä. Jos havaitsija hytisee vilusta, hän ei pysty tekemään hyvää havaintoa. Niinpä vaatetta on parempi varata liikaa kuin liian vähän, ja ennen kaikkea jalat pitäisi koettaa pysyttää lämpiminä. Jalkineina huopasaappaat ovat verrattomat. Ulkomailla käytetään pieniä sähkölämmittäjiä, jotka pannaan kenkiin jalkapohjien alle, ja niistä voi ilmeisesti olla melkoista apua. — Lämpimän vaatetuksen lisäksi mukava istuin edistää havainnon onnistumista, sillä vasta kun ruumis saa olla vapaana kaikesta pingottuneisuudesta, havaitsija pystyy keskittämään koko energiansa havaintoon.

Ja lopuksi tärkeä seikka: Todellinen tähtitieteen harrastaja pitää tarkkaa kirjaa havainnoistaan. Kirjan alkuun kuuluu selostus kaukoputkesta ja muista havaintovälineistä, ja jokaisen havainnon yhteyteen päivämäärä (varmuuden vuoksi myös viikonpäivä) ja aika<sup>1</sup>, sekä merkintä, millä kojeella (jos niitä on useampia), mitä suurennusta käyttäen jne. havainto suoritettiin. Niinikään kuhunkin havaintoon merkitään havaintokellon ajankorjaus (+, jos kello on jälessä), sää (pilvisuus, lämpötila ja tuuli, kernaasti myös ilmanpaine) ja kuvien selvyys (käyttäen esim. arvosteluasteikkoa 1—5). Itse havainnosta tehtyjä muistiinpanoja voi elävöittää piirroksin, ja jos jokin muu ilmiö kuin parhaillaan tutkittava sattuu samaan aikaan, — esim. komea tähdenlento tai revontulia ilmaantuu taivaalle —, myös tämä merkitään kirjaan. — Havaintokirjan esittämällä tuloksilla on todellista arvoa vain siinä tapauksessa että merkinnät on tehty välittömästi havainnon yhteydessä. Perästäpäin, muistin mukaan, ei kirjaan saa lisätä mitään, sillä näissä asioissa muisti saattaa olla uskomattoman pettävä. — Jotta kynä helposti löytyisi pimeässä, se on parasta kiinnittää narulla havaitsijan kaulaan.

Kuten jo mainittiin, Tähtitieteellinen yhdistys *Ursa* (os. Helsinki, Geodeettinen laitos) tarjoaa kernaasti apuaan keräämällä meillä tehdyt harrastaja-havainnot ja toimittamalla ne edelleen tieteen palvelukseen.

<sup>1</sup> Tähtitieteellisiin havaintoihin on tapana merkitä ensimmäiseksi vuosiluku, sitten kuukausi ja päivä, viimeiseksi kellonlömä; esim.: 1947, tammik. 4, lauantai, 20<sup>h</sup> 16<sup>m</sup> 28<sup>s</sup>.

## 5. TRIGONOMETRIAN ALKEET.

Trigonometria merkitsee sananmukaisesti suomennettuna kolmiomittaus. Sillä tarkoitetaan kuitenkin kaikkia laskutehtäviä, joissa esiintyy kulmia, ja sen takia se on välttämätön apukeino pallo-tähtitieteessä, jossa käsitellään akselien ja tähtäysviivojen suuntia. Samalla trigonometria on matematiikan havainnollisimpia ja helpotajuisimpia haaroja ja siitä syystä erikoisen kiitollinen itsenäisenkin harrastuksen kohteena. Sen peruskäsitteet oppii hyvin nopeasti, ja muita esitietoja ei tarvita kuin suorakulmaisen kolmion geometria.

### *Kulman mittayksiköistä.*

Pallotähtitieteessä esiintyy kolme kulman mittajärjestelmää: astemitta, aikamitta ja absoluuttimitta.

**Astemitta:** Täysi kierros = 360 astetta, merkitään 360°. Pienemmät yksiköt: 1° = 60' (minuuttia tai kulmaminuuttia), 1' = 60" (sekuntia tai kulma-sekuntia).

Tämän jaon perustana on se, että vuodessa on tasaluvuin 360 päivää, joten Aurinko näyttää liikkuvan kiintotähtien suhteen noin yhden asteen päivässä. Pienempien yksikköjen välinen suhdeluku 60 on laskuissa epämuukava, mutta kun se on juurtunut aikamitoissa yleiseen käyttöön, ei siitä ole luovuttu kulmamitoissakaan. Ranskan vallankumouksen aikaan yritettiin metrijärjestelmän ohella saattaa käytäntöön uusi kulmamittajärjestelmä: suorakulma = 100 graadia, graadi = 100 uutta minuuttia, minuutti = 100 uutta sekuntia, mutta tämä jako pääsi käytäntöön vain geodeettisissa laskuissa.

Tähtitieteellisissä havainnoissa mitataan kulmat erityisillä kulmanmittauskojeilla, esim. universaalikoneella tai sekstantilla. Mutta harrastajan on opittava arvioimaan kulmia myös ilman kojeita. Jos käsivarsi ojennetaan ja sormet levitetään, niin pikkusormen päästä peukalon päähän näkökulma on noin 20° (jokaisen on parasta määrätä itse oman vaakansa näkökulma esim. mittaamalla sillä koko kierros). Kaksosten (Castorin ja Polluxin) väli on noin 5°, täysikuun (ja Auringon) läpimitta 1/2°. Pienin kulma, jonka tarkimmat silmät erottavat esim. kaksoistähtien välissä, on noin 1'. Yksi sekunti on jo niin pieni kulma, että vain tarkoilla koneilla sen voi mitata. Hiuksen paksuus näkyy noin 10 metrin päästä yhden sekunnin suuruudessa kulmassa.

**Aikamitta:** Täysi kierros, joka tässä yhteydessä merkitään yleensä  $1^d = 1$  vuorokausi (dies, dag), = 24 tuntia, merkitään  $24^h$  (hora, hour). Pienemät yksiköt tunnetaan jo kellosta. Merkitsemme ne näin: minuutti =  $1^m$ , sekunti =  $1^s$ .

Aikamitat tulevat kulmanmittoina kysymykseen siksi, että kellosta nähdään suoraan taivaanpallon vuorokautiseen liikkeeseen kuuluva kulma. Kello on siis tavallaan kulmanmittauskone.

Kun astemitat ja aikamitat ovat erilaisia, siitä seuraa pieniä epämukavuuksia laskutoissa. Trigonometriset taulut ja kulmanmittauskojeiden jakokehät noudattavat tavallisesti astemittaa, ja jos kulma on saatu ajanmittauksen tuloksena, se on silloin muutettava mittajärjestelmästä toiseen. Lasku ei ole vaikea, jos oppii suorittamaan sen kaavamaisesti. Toteamme ensiksi, että:

$$\begin{aligned} 1^h &= 15^\circ, & 1^\circ &= 4^m, \\ 1^m &= 15', & 1' &= 4^s, \\ 1^s &= 15''. \end{aligned}$$

Aikamitat muutetaan astemitoiksi siis seuraavasti:

Tunnit kerrotaan 15:llä, saadaan asteita.  
 Minuutit jaetaan 4:llä, » » jotka lisätään edellisiin.  
 Jäännös kerrotaan 15:llä, » kulmaminuutteja.  
 Sekunnit jaetaan 4:llä, » » jotka lisätään edellisiin.  
 Jäännös kerrotaan 15:llä, » kulmasekunteja.

Esimerkki: Helsingin pituusaste  $1^h 39^m 49^s.10$  muutettava astemitoiksi.

$$\begin{array}{r} 1^h & = & 15^\circ & \cdot \\ 36^m & = & 9^\circ & \\ 3^m & = & 45' & \\ 48^s & = & 12' & \\ \hline 1^s.10 & = & 16''.5 & \\ \hline 1^h 39^m 49^s.10 & = & 24^\circ 57' 16''.5 & \end{array}$$

Astemitat muutetaan aikamitoiksi seuraavasti:

Asteet jaetaan 15:llä, saadaan tunteja.  
 Jäännös kerrotaan 4:llä, » aikaminuutteja.  
 Minuutit jaetaan 15:llä, » » jotka lisätään edellisiin.  
 Jäännös kerrotaan 4:llä, » aikasekunteja.  
 Sekunnit jaetaan 15:llä, » » jotka lisätään edellisiin.

Esimerkki:  $57^\circ 17' 44''.8$  muutettava aikamitoiksi:

$$\left\{ \begin{array}{r} 45^\circ & = & 3^h \\ 12^\circ & = & 48^m \\ 15' & = & 1^m \\ 2' & = & 8^s \\ 44''.8 & = & 2^s.99 \\ \hline 57^\circ 17' 44''.8 & = & 3^h 49^m 10^s.99 \end{array} \right.$$

Jos kulmia on kerrottava tai jaettava jollain luvulla, on parasta muuttaa ne yksiläatuisiksi, joko sekunneiksi tai asteiksi (tai tunneiksi) desimaaliluvun muotoon. Kuten ylläolevista esimerkeistä näkyy, pannaan laatumerkki aina desimaalipilkun yläpuolelle eikä vasta viimeisen desimaalin jälkeen.

**Absoluuttimitta** eli **analyttinen mitta** esiintyy kaavoja johdettaessa, differentiaalilaskussa, sarjakehitelmissä jne. Yksikkö on se kulma, jota vastaa säteen pituinen kaari, kun se sijoitetaan ympyrän keskipisteeseen. Tämän kulman merkinä on kreikkalainen kirjain  $\rho$ . Sen suuruus saadaan nyt siitä tiedosta, että oikokulma =  $180^\circ$  absoluuttimitassa on  $\pi = 3.14159265$ . Siis:

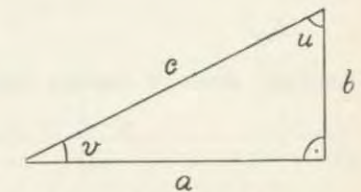
$$\rho = \frac{180^\circ}{\pi} = 57^\circ 17' 44''.8 = 206\,264''.8.$$

Päinvastoin  $1^\circ$  absoluuttimitassa on 0.0175.

**Tykistöpiiru** on likipitään tuhannesosa absoluuttiyksiköstä ( $1^v = 216''$ ).

### Kulman sini ja cosini.

Trigonometrian tärkeimmät peruskäsitteet ovat sinifunktio ja cosinifunktio. Määrittelemme ne aluksi suorakulmaisen kolmion avulla (kuvio 33): *Kulman sini on vastapäisen kateetin suhde hypotenuusaan, kulman cosini on viereisen kateetin suhde hypotenuusaan.*



KuVio 33.

Jos tarkastamme kulmaa  $v$ , saamme kaavan muodossa:

$$\sin v = \frac{b}{c}, \quad \cos v = \frac{a}{c}.$$

Koska kaikki suorakulmaiset kolmiot, joissa esiintyy sama terävä kulma  $v$ , ovat yhdenmuotoiset, niin suhteet  $b$  ja  $a$  ovat niissä kaikissa samat. Ne riippuvat yksinomaan kulmasta  $v$ , joten sini ja cosini ovat kulman funktioita. Laadultaan ne ovat paljaita lukuja ja suuruudeltaan  $< 1$ .

Jos tarkastamme kolmion toista terävää kulmaa  $u$ , saadaan:

$$\sin u = \frac{a}{c}, \quad \cos u = \frac{b}{c}.$$

Koska kulmat  $u$  ja  $v$  ovat komplementtikulmia (niiden summa =  $90^\circ$ ), niin saamme säännön: *kulman cosini = komplementtikulman sini:*  $\sin u = \cos v$  ja  $\sin v = \cos u$ , kun  $u + v = 90^\circ$ .

Alkeisgeometrian teoreemien avulla voimme laskea helposti sinin ja cosinin muutamille kulmille. Jos neliö jaetaan lävistäjällä kolmioihin, niin Pythagoraan väittämän avulla saadaan osakolmioista:

$$\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.707.$$

Jos tasasivuinen kolmio jaetaan kahtia, saadaan samoin:

$$\sin 30^\circ = \cos 60^\circ = \frac{1}{2} = 0.500,$$

$$\sin 60^\circ = \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.866.$$

Siitä kolmiosta, jonka avulla jana jaetaan jatkuvaan suhteeseen tai ympyrään piirretään säännöllinen 10-kulmio, saadaan samoin (lukija suorittakoon laskun yksityiskohtaisesti):

$$\sin 18^\circ = \cos 72^\circ = \frac{\sqrt{5}-1}{4} = 0.309,$$

$$\sin 54^\circ = \cos 36^\circ = \frac{\sqrt{5}+1}{4} = 0.809.$$

Pythagoraan kaavasta  $a^2 + b^2 = c^2$  seuraa toinenkin tärkeä yhtälö, joka sitoo sinin ja cosinin toisiinsa. Jos panemme tuon kaavan muotoon:

$$\frac{a^2}{c^2} + \frac{b^2}{c^2} = 1,$$

saadaan sinin ja cosinin määritelmäyhtälöistä:

$$\sin^2 v + \cos^2 v = 1,$$

eli:

$$\cos v = \sqrt{1 - \sin^2 v}.$$

Esim. ylläolevista laskuista saadaan edelleen:

$$\cos 18^\circ = \frac{\sqrt{10 + 2\sqrt{5}}}{4} = 0.951.$$

$$\cos 54^\circ = \frac{\sqrt{10 - 2\sqrt{5}}}{4} = 0.588.$$

Harjoitustehtävä 1: Kulman sini on 0.6. Mikä on sen cosini?

Toisena harjoituksena kehoitamme johtamaan terävien kulmien avulla seuraavat kaavat:

$$\begin{cases} \sin(u+v) = \sin u \cos v + \cos u \sin v, \\ \cos(u+v) = \cos u \cos v - \sin u \sin v. \end{cases}$$

Opastus: Piirrä kulmat  $u$  ja  $v$  vierekkäin ja kohtisuora yhteistä kylkeä vastaan ynnä pari muuta sopivaa kohtisuoraa.

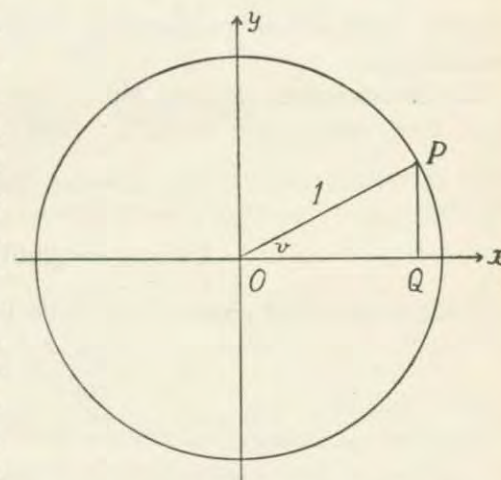
Laske edelleen näiden kaavojen avulla  $\sin 75^\circ$  ( $u = 45^\circ$ ,  $v = 30^\circ$ ),  $\sin 15^\circ$ ,  $\sin 48^\circ$ ,  $\sin 78^\circ$  ym.

Laskemiemme sinin ja cosinien arvojen perusteella näemme, että kun kulma kasvaa nolasta  $90^\circ$ :seen, sini kasvaa nolasta yhteen, aluksi nopeasti ja melkein

tasaisesti, sitten hidastuen, ja cosini päinvastoin pienenee yhdestä nolasta. Differentiaalilaskussa todistetaan vielä seuraava tärkeä sääntö: sinifunktion kasvunopeus (derivaatta) on  $0.0175 \cdot \cos v$  ja cosinifunktion  $-0.0175 \cdot \sin v$  astetta kohti.

Jotta sini- ja cosinifunktioita voitaisiin käyttää laskutehtävissä hyväksi, tarvitaan taulukot, joista ne saadaan valmiina kulman suuruuden perusteella. Yksinkertaisimmin tällaisen taulukon voi valmistaa piirtämällä millimetripaperille ympyrän, jonka säde on 1 desimetri, ja jakamalla astelevyn avulla kehän esim.  $5^\circ$  suuruisiin osiin. Lukemalla jakopisteiden korkeuden desimetreissä vaakasuorasta halkaisijasta alkaen saadaan sinifunktion arvot ainakin kahden numeron tarkkuudella. Niiden avulla voidaan piirtää myös funktion graafinen kuvaaja eli sinikäyrä.

Nyt herää kysymys: olemme määritelleet sinifunktion vain terävälle kulmalle, ja haluamme tietää, miten määritelmää voitaisiin sopivimmin laajentaa tylpille, kuperille ja negatiivisille kulmille. Vastaus liittyy edellisessä kappaleessa mainittuun piirustukseen: ympyrän säde valitaan pituusyksiköksi, ja sen keskipisteen  $O$  kautta piirretään suorakulmainen akseliristi (kuvio 34). Kulma  $v$  asetetaan keskipisteeseen niin, että sen oikea kylki yhtyy vaaka-akselin ( $x$ -akselin) oikealle menevään haaraan. Vasemman kyljen ja ympyrän leikkauspiste olkoon  $P$  ja sen projektiio vaaka-akselilla  $Q$ . Asetamme nyt uudet yleispätevät määritelmät, jotka eivät ole rajoitetut teräviin kulmiin:



Kuvin 34.

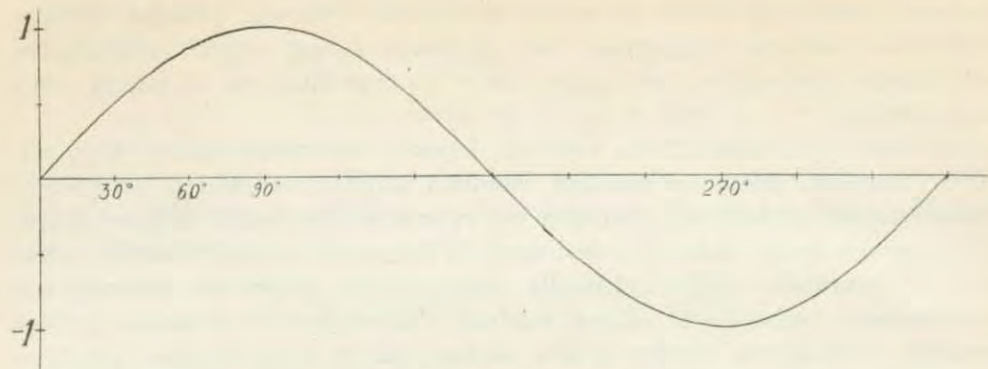
Kulman sini on pisteen  $P$  ordinaatan  $QP$  mittaluku, positiivinen ylöspäin, kulman cosini pisteen  $P$  abskissan  $OQ$  mittaluku, positiivinen oikealle.

On helppo nähdä, että tämä määritelmä on aikaisemman kanssa yhtäpitävä. Edelleen näemme, että:

Tylpän kulman sini = supplementtikulman sini eli  $\sin v = \sin(180^\circ - v)$ ,  
 » » cosini = » » cosini »  $\cos v = -\cos(180^\circ - v)$ ,  
 Kuperan » sini = » eksplementtikulman sini »  $\sin v = -\sin(360^\circ - v)$ ,  
 » » cosini = » » cosini »  $\cos v = \cos(360^\circ - v)$ .

Negatiivisen kulman funktio on sama kuin vastaavan positiivisen kulman eksplementtikulman. Siis jos kulma muuttaa merkkiä, niin cosini ei muutu, mutta sinin merkki muuttuu.

Kuvin 35 esittää sinikäyrän yhtä jaksoa. On kuviteltava, että se jatkuu aalto-



Kuvio 35. Sinikäyrä.

viivana rajattomasti kumpaankin suuntaan. Kehoitamme lukijaa piirtämään cosinikäyrän.

Harjoitustehtäviä. Määrää sin ja cos seuraaville kulmille:  $120^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $198^\circ$ ,  $234^\circ$ ,  $270^\circ$ ,  $285^\circ$ ,  $348^\circ$ ,  $-132^\circ$ ,  $-225^\circ$ .

#### Kulman tangenti ja cotangenti.

Nämä funktiot on parasta määritellä heti seuraavasti:

$$\operatorname{tg} v = \frac{\sin v}{\cos v}, \quad \operatorname{cot} v = \frac{\cos v}{\sin v}.$$

Tangenti ja cotangenti ovat siis toistensa käänteislukuja. Kulman cotangenti on myös sama kuin komplementtikulman tangenti. Suorakulmaisessa kolmiossa terävän kulman tangenti on vastapäisen kateetin suhde viereiseen kateettiin ja cotangenti viereisen kateetin suhde vastapäiseen.

Harj. 6: Laske tangenti seuraaville kulmille:  $18^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $36^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $54^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $72^\circ$ .

Harj. 7: Kulman sini on 0.8. Laske sen tangenti.

Kun kulma on 0, on tangentinikin 0. Sen jälkeen tangenti kasvaa aluksi melkein tasaisesti 0.0175 astetta kohti, mutta sitten kiihtyvällä nopeudella (nimitään  $\frac{0.0175}{\cos^2 v}$  astetta kohti), ja kulmalle  $90^\circ$  se on äärettömän suuri. Tylpän kul-

man tangenti on supplementtikulman tangentin vastaluku, siis negatiivinen. Kuperien kulmien tangetit ovat samat kuin  $180^\circ$  pienemmille kulmille.

Harj. 8: Piirrä cotangenttifunktion käyrä kuvion 3 tapaan.

Yllämainitut neljä funktiota riittävät tavallisesti käytännöllisiin laskuihin. Niiden lisäksi joskus käytetään funktioita sekantti ja cosekantti:

$$\sec v = \frac{1}{\cos v}, \quad \operatorname{cosec} v = \frac{1}{\sin v}.$$

mutta vain siitä syystä, että tällöin voi säästyä nimittäjien kirjoittamisesta laskukaavoihin.

#### Kolmion ratkaiseminen.

Trigonometrinen funktioiden merkitys on siinä, että niiden avulla voi laskea kolmion muut sivut ja kulmat, kun muutamia näistä osista tunnetaan. Tätä laskua sanotaan kolmion ratkaisemiseksi.

Suorakulmainen kolmio voidaan ratkaista ylläolevien määritelmäyhtälöiden avulla. Suoran kulman lisäksi on tunnettava kaksi sivua tai yksi sivu ja yksi terävä kulma. Tällöin ovat seuraavat tapaukset mahdollisia (kts. kuv. 33):

1) Tunnetaan hypotenuusa  $c$  ja terävä kulma  $v$ .

$$a = c \cdot \cos v, \quad b = c \cdot \sin v, \quad u = 90^\circ - v.$$

2) Tunnetaan hypotenuusa  $c$  ja (lyhempi) kateetti  $b$ .

$$\sin v = \frac{b}{c}, \quad a = c \cdot \cos v, \quad u = 90^\circ - v.$$

Jos tunnetaan hypotenuusa ja pitempi kateetti, voidaan käyttää samaa laskutapaa, mutta tulos ei ole tarkka. Siitä syystä täytyy mittaustyö järjestää niin, että tämä tapaus ei tule kysymykseen.

3) Tunnetaan molemmat kateetit.

$$\operatorname{tg} v = \frac{b}{a}, \quad c = \frac{a}{\cos v} = \frac{b}{\sin v}, \quad u = 90^\circ - v.$$

Hypotenuusa lasketaan aina pitemmän kateetin avulla (tai tarkistuksen vuoksi molempien).

4) Tunnetaan (pitempi) kateetti  $a$  ja terävä kulma  $v$ .

$$u = 90^\circ - v; \quad b = a \cdot \operatorname{tg} v, \quad c = \frac{a}{\cos v}.$$

Mittaustyö pyritään järjestämään niin, että juuri pitempi kateetti tunnetaan.

Kun kaksi sivua tunnetaan, voitaisiin kolmas laskea myös Pythagoraan kaavalla  $c^2 = a^2 + b^2$ , mutta on helppo huomata, että numeerinen lasku neliöjuurenottoineen on silloin suuritöisempi kuin trigonometrinen lasku.

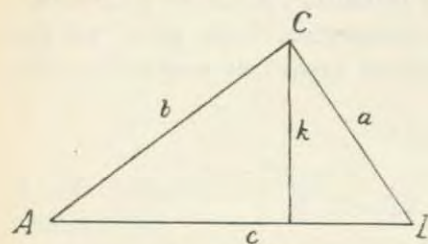
Harjoituksia varten seuraa muutamia suorakulmaisia kolmioita. Lukija valitkoon kustakin kolmiosta kaksi osaa ja laskekoon itse muut.

$c$	$a$	$b$	$v$
85.50	82.11	23.83	$16^\circ 11'$
103.93	91.86	48.61	$27^\circ 53'$
113.20	91.35	66.86	$53^\circ 48'$
176.72	128.84	120.96	$46^\circ 48'$

Vinokulmainen kolmio voidaan aina ratkaista jakamalla se suorakulmisiin osakolmioihin. Tunnettuja osia tarvitaan kolme, joista ainakin yhden täytyy olla sivu. Siis seuraavat tapaukset tulevat kysymykseen. Tunnetaan:

- 1) Yksi sivu ja kaksi kulmaa,
- 2) Kaksi sivua ja toisen vastapäinen kulma,
- 3) Kaksi sivua ja niiden välinen kulma,
- 4) Kolme sivua.

1) tapauksessa lasketaan ensin kolmas kulma sen perusteella, että kolmion kulmien summa on  $180^\circ$ . On siis samantekevää, mitkä kaksi kulmaa alunpitäen tunnetaan. Sen jälkeen piirretään korkeusviiva tunnetun sivun toisesta päätepisteestä, jolloin saadaan kaksi suorakulmaista osakolmiota. Ensin ratkaistaan niistä se, jolla tunnettu sivu on hypotenuusana, jolloin saadaan korkeusviivan pituus. Sen avulla ratkaistaan toinenkin osakolmio.



Kuvio 36.

$$\sin v = y$$

$$\cos v = x$$

Käytännössä korkeusviivan pituutta ei tarvitse kylläkään tässä tapauksessa las-

kea loppuun saakka. Kuvioista 36 saadaan nimittäin:

$$k = a \cdot \sin B = b \cdot \sin A$$

eli

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$$

(lukija saa itse todistaa kaavaan lisätyn kolmannen suhteen yhtäsuureksi edellisten kanssa). Tämä tärkeä kaava on nimeltään kolmion sinikaava ja sillä voidaan ratkaista 1) tapaus välittömästi eli laskematta erikseen suorakulmaisia osakolmioita.

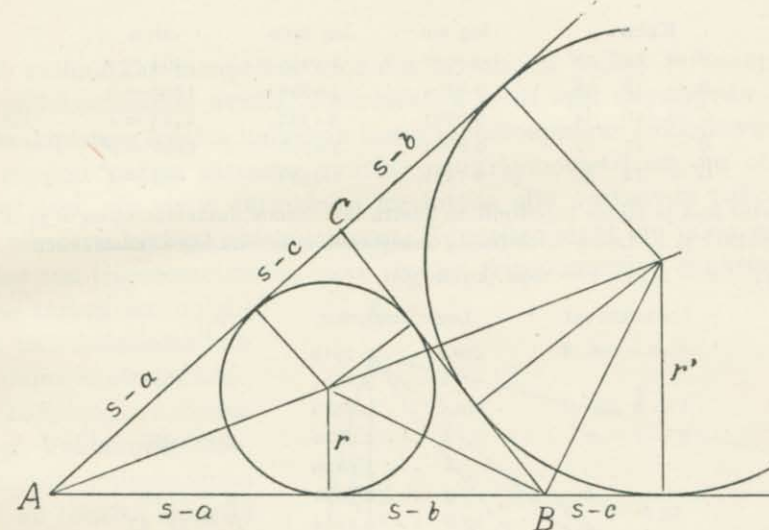
2) tapauksessa voidaan myös käyttää sinikaavaa. On kuitenkin huomattava, että saadaan kaksi ratkaisutulosta, ellei etukäteen voida sanoa, onko toista tunnettua sivua vastapäätä oleva kulma terävä vai tylppä, sillä se tulee määrättyä sinifunktion avulla, joka on sama molemmissa tapauksissa. Sitäpaitsi, jos tämä kulma on lähellä suoraa kulmaa, ratkaisutulos on epätarkka, joka täytyy ottaa huomioon jo mittauksia järjestettäessä.

3) tapauksessa korkeusviiva piirretään kohtisuoraan toista tunnettua sivua vastaan (siis ei tunnetun kulman kärjestä), jonka jälkeen lasku käy kuten numeroesimerkki osoittaa.

4) tapaus on vaikein ja sitäpaitsi epätarkka, jos kolmiossa on kaksi pientä

kulmaa, jonka takia sitä kartetaan käytännössä. Ratkaisua varten olisi piirrettävä kolmion sisään ympyrä ja sen lisäksi ulkopuolelle toinen ympyrä, joka sivuaa yhtä sivua ja molempien muiden jatkeita (kuvio 37). Jättäen lukijan mieltäväksi kaavojen johtamisen kirjoitamme vain lopputuloksen:

$$\left\{ \begin{array}{l} s = \frac{1}{2}(a + b + c) \\ \operatorname{tg} \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{s(s-a)}} \\ \operatorname{tg} \frac{B}{2} = \sqrt{\frac{(s-a)(s-c)}{s(s-b)}} \\ C = 180^\circ - A - B \end{array} \right.$$



Kuvio 37.

$$r = (s-a) \operatorname{tg} \frac{A}{2} = (s-b) \operatorname{tg} \frac{B}{2}$$

$$r' = s \operatorname{tg} \frac{A}{2} = (s-c) \operatorname{cot} \frac{B}{2}$$

Harjoituksena ratkaisemme muutamia kolmioita täydellisesti. Laskut on suoritettu sekä laskuviivottimella että nelinumeroisilla logaritmeilla.

1.  $A = 40^\circ 2'$ ,  $B = 56^\circ 8'$ ,  $c = 1855$ .

Lasku järjestetään seuraavan taulukon muotoon:

Kulma	log sin	log sivu	sivu
$A = 40^\circ 2'$	9.8084	3.0792	1200 = a
$B = 56^\circ 8'$	9.9193	3.1901	1549 = b
$C = 83^\circ 50'$	9.9975	3.2683	1855 = c
$180^\circ 0'$			

Taulukko täytetään seuraavassa järjestyksessä. Kun tunnetut osat  $A$ ,  $B$  ja  $c$  on kirjoitettu paikoilleen, lasketaan kulma  $C$  niin, että kulmain summaksi tulee  $180^\circ$ . Sen jälkeen haetaan logaritmitaulusta kulmien sinien logaritmit sekä tunnetun sivun logaritmi. Muiden sivujen logaritmit voidaan kirjoittaa nyt suoraan paikoilleen kolmanteen sarakkeeseen niin että niiden erotukset tulevat samoiksi kuin vastaavien rivien erotukset toisessa sarakkeessa. Lopuksi haetaan logaritmitauluista näin saatuja logaritmeja vastaavat numeroarvot.

Laskuviivottimella laskettaessa tarvitaan vain sarakkeet kulma ja sivu. Laskuviivottimen kieli siirretään sellaiseen asentoon, että perusasteikolla tunnettu sivu ja siniasteikolla sitä vastaava kulma ovat kohdakkain (toisissa laskuviivottimille on kieli sitä varten käännettävä nurinpäin). Muiden kulmien kohdalta luetaan nyt välittömästi vastaava sivu.

$$2. A = 14^\circ 18', \quad a = 394, \quad b = 1200.$$

Sama laskukaavio kuin edellisessä, paitsi että saadaan kaksi ratkaisutulosta, jotka lasketaan erikseen.

Kulma	log sin	log sivu	sivu
$A = 14^\circ 18'$	9.3927	2.5955	$394 = a$
$B = 48^\circ 48'$	9.8764	3.0792	$1200 = b$
$C = 116^\circ 54'$	9.9503	3.1531	$1423 = c$
$B' = 131^\circ 12'$	9.8764	3.0792	$1200 = b'$
$C' = 34^\circ 30'$	9.7531	2.9559	$903 = c'$

Kun tunnetut osat ja niiden logaritmit on haettu taulukkoon, lasketaan ensin  $B$  ja  $B'$ , sitten  $C$  ja  $C'$  sekä lopuksi  $c$  ja  $c'$ . Laskuviivottimella laskettaessa ei tarvita logaritmisarakkeita.

$$3. A = 51^\circ 44', \quad b = 1549, \quad c = 1698 \text{ (kuvio 36)}.$$

Laskukaavat:	Logaritmilasku:	
$p = b \cos A$	$\cos A \dots 9.7919$	
	$b \dots 3.1901$	$c = 1698$
$k = b \sin A$	$\sin A \dots 9.8949$	
$q = c - p$	$p \dots 2.9820$	$p = 959$
	$k \dots 3.0850$	
$\operatorname{tg} B = \frac{k}{q}$	$q \dots 2.8686$	$q = 739$
	$\operatorname{tg} B \dots 0.2164$	$B = 58^\circ 43'$
$a = \frac{k}{\sin B}$	$\sin B \dots 9.9318$	$C = 69^\circ 33'$
	$a \dots 3.1532$	$a = 1423$

Laskuviivottimella laskettaessa joudutaan kirjoittamaan näkyviin vain viimeisen sarakkeen luvut ja niihin lisäksi  $k = 1216$ .

4.	$a = 1698$		
	$b = 2592$		
	$c = 1738$		
	$2s = 6028$		
	$s = 3014 \dots 3.4791$	$\operatorname{tg}^2 \frac{1}{2} A \dots 9.1328$	$\operatorname{tg}^2 \frac{1}{2} B \dots 0.1208$
	$s-a = 1316 \dots 3.1193$	$\operatorname{tg} \frac{1}{2} A \dots 9.5664$	$\operatorname{tg} \frac{1}{2} B \dots 0.0604$
	$s-b = 422 \dots 2.6253$	$\frac{1}{2} A = 20^\circ 14'$	$\frac{1}{2} B = 48^\circ 58'$
	$s-c = 1276 \dots 3.1059$	$A = 40^\circ 28'$	
	$s-c = \dots 9.6268$	$B = 97^\circ 56'$	
	$s$	$C = 41^\circ 36'$	
	$s-b \dots 9.5060$		
	$s-a$		

Muita harjoitusteltäviä (lukija valitsee kolme osaa ja laskee muut):

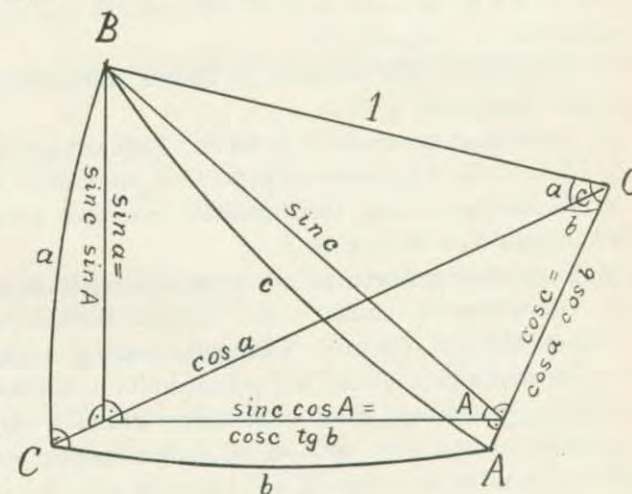
	1	2	3	4
$A$	$57^\circ 38'$	$37^\circ 20'$	$52^\circ 40'$	$43^\circ 47'$
$B$	$35^\circ 46'$	$79^\circ 1'$	$89^\circ 31'$	$98^\circ 59'$
$C$	$86^\circ 36'$	$63^\circ 39'$	$37^\circ 49'$	$37^\circ 14'$
$a$	2511	1700	2204	1942
$b$	1738	2751	2772	2772
$c$	2968	2511	1700	1698

### Pallotrigonometrian alkeet.

Pitkät välimatkat maapallon pinnalla ja tähtien paikat taivaanpallolla lasketaan pallokolmioiden avulla. Pallokolmion sivut ovat isoympyrän kaaria, siis pallon keskipisteen kautta kulkevan tason ja pallonpinnan leikkausviivoja. Sivun pituus riippuu pallon säteestä, mutta pallotrigonometriassa ne otetaan aina kulmamitoissa, siis sivun pituudeksi merkitään sitä vastaavan pallon keskipisteeseen piirretyn keskuskulman suuruus. Kaavoissa eivät sen takia esiinny sivut itse kuten tasotrigonometriassa, vaan sivujen trigonometriset funktiot.

Toinen tärkeä ero on siinä, että pallokolmiossa kulmien summa ei ole  $180^\circ$  kuten tasokolmiossa, vaan aina suurempi. Voidaan osoittaa, että erotus kulmasumma  $- 180^\circ$  eli toiselta nimeltä palloylijäämä absoluuttimitassa on sama kuin pallokolmion pinta-ala, kun pallon säde = 1. Esimerkkinä ajattelemme pallokolmiota, jonka kaikki sivut ja kaikki kulmat ovat  $90^\circ$  (esim. yksi piste maapallon pohjoisnavalla ja vastapäinen sivu päiväntasaajalla, jolloin muut sivut ovat meridiaaneja). Kulmasumma on siis  $270^\circ$ , palloylijäämä  $90^\circ$  ja pinta-ala  $\frac{1}{8}$  koko pallon pinta-alasta eli  $\frac{1}{2} \pi$  ( $90^\circ$  absoluuttimitassa =  $\frac{1}{2} \pi$ ).

Tarkastamme ensin sellaista pallokolmiota, jossa on (ainakin) yksi suora kulma. Lukija tarkastelkoon kuviota 38 ja koettakoon johtaa tasotrigonometrian avulla seuraavat kaavat:



Kuvio 38.

$$\begin{aligned} 1. \quad \sin A &= \frac{\sin a}{\sin c} \\ 2. \quad \cos A &= \frac{\operatorname{tg} b}{\operatorname{tg} c} \\ 3. \quad \operatorname{tg} A &= \frac{\operatorname{tg} a}{\sin b} \\ 4. \quad \cos c &= \cos a \cdot \cos b \\ 5. \quad \cos c &= \cot A \cdot \cot B \end{aligned}$$

Vertauksen vuoksi ja muistamisen helpottamiseksi kirjoitamme vastaavat tasokolmion kaavat:

$$\begin{aligned} 1a. \quad \sin A &= \frac{a}{c} \\ 2a. \quad \cos A &= \frac{b}{c} \\ 3a. \quad \operatorname{tg} A &= \frac{a}{b} \\ 4a. \quad c^2 &= a^2 + b^2 \\ 5a. \quad A + B &= 90^\circ \quad \text{eli} \quad \cot A \cdot \cot B = 1 \end{aligned}$$

Suorakulmaisen pallokolmion ratkaisussa tulevat kysymyksen seuraavat tapaukset:

1) Tunnetaan hypotenuusa ja toinen (mieluummin lyhempi) kateetti. Ratkaistaan kaavoilla 1 ja 2.

2) Tunnetaan molemmat kateetit. Ratkaistaan kaavoilla 3 ja 2.

3) Tunnetaan hypotenuusa ja toinen vino kulma. Ratkaistaan kaavoilla 1 ja 2.

4) Tunnetaan toinen (mieluummin pitempi) kateetti ja vastapäinen kulma. Ratkaistaan kaavoilla 1 ja 2.

5) Tunnetaan kateetti ja viereinen kulma. Ratkaistaan kaavoilla 2 ja 1.

6) Tunnetaan molemmat vinot kulmat. Ratkaistaan kaavoilla 5, 1 ja 2.

Pallokolmio voi olla myös sikäli erikoinen, että yksi sivu on  $90^\circ$ . Tällaisen kolmion asemesta ratkaistaan sen polaarikolmio. Kahta kolmiota sanotaan polaarikolmioiksi, jos toisen sivut ovat toisen kulmien supplementteja. Jos siis pallokolmiossa on yksi sivu  $90^\circ$ , on sen polaarikolmio suorakulmainen.

Vinokulmainen pallokolmio on mahdollinen ratkaista, kun kolme osaa tunnetaan. On huomattava, että osista ei minkään tarvitse olla sivu, kuten tasakolmiossa piti olla. Siis seuraavat tapaukset ovat mahdolliset:

Tunnetaan: 1) Kolme sivua.

- 2) Kaksi sivua ja niiden välinen kulma,
- 3) Kaksi sivua ja toisen vastapäinen kulma,
- 4) Kaksi kulmaa ja toisen vastapäinen sivu,
- 5) Kaksi kulmaa ja niiden välinen sivu,
- 6) Kolme kulmaa.

Kolmio jaetaan ratkaisua varten suorakulmaisiin osakolmioihin seuraavalla tavalla. Jos kolmiosta tunnetaan yksi sivu ja sen viereinen kulma (tapaukset 2, 3, 4 ja 5), piirretään korkeusviiva tunnetun sivun toisesta päätepisteestä tunnettua kulmaa vastapäätä. Jos tunnetaan kaikki sivut, piirretään kaksi ympyrää, joista toinen sivuaa kolmion sivuja sisäpuolelta ja toinen yhtä sivua ulkopuolelta, muiden jatkeita sisäpuolelta (vrt. vastaavaa tasokolmion ratkaisua). Jos tunnetaan kolmion kaikki kulmat, ratkaistaan sen polaarikolmio, jossa tunnetaan kaikki sivut.

Pallotrigonometrian peruskaavoiksi sanotaan niitä kaavoja, joilla ratkaistaan 2) tapaus, sillä se on käytännössä tavallisin (tunnetaan  $a$ ,  $b$  ja  $C$ ):

$$\begin{aligned} \text{cosinikaava:} \quad \cos c &= \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C \\ \text{sinicosinikaava:} \quad \sin c \cos A &= \cos a \sin b - \sin a \cos b \cos C \\ \text{sinikaava:} \quad \sin c \sin A &= \sin a \sin C \end{aligned}$$

Sinikaava on helpompi muistaa tässä muodossa:

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$$

Jos tunnetaan kaikki sivut, voidaan yllämainitun apupiirustuksen avulla johdtaa seuraavat laskukaavat:

$$\begin{aligned} s &= \frac{1}{2}(a + b + c) \\ \operatorname{tg} \frac{1}{2} A &= \sqrt{\frac{\sin(s-b) \cdot \sin(s-c)}{\sin s \cdot \sin(s-a)}} \end{aligned}$$

ja samantapaiset kaavat muita kulmia varten (lukijan tehtäväksi jää niiden kirjoittaminen).

Jos tunnetaan kaikki kulmat, saadaan samoin:

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{2}(A + B + C) \\ \operatorname{tg} \frac{1}{2} a &= \sqrt{\frac{-\cos S \cdot \cos(S-A)}{\cos(S-B) \cdot \cos(S-C)}} \end{aligned}$$

Pallotrigonometriassa johdetaan paljon muitakin kaavoja, joista on hyötyä eri tehtävissä, mutta emme rasita lukijan muistia niillä, koska ylläolevilla voidaan kaikki mahdolliset tapaukset ratkaista. Vain seuraava tapaus on erityisen tärkeä. Jos kolmio on pieni, siis sivut kulmamitoissa lausuttuina lyhyitä, kuten esim. maanpinnalla kolmiomittauksessa esiintyvät sivut, lasketaan ensin kolmion palloylijäämä. Koska se on vain muutamia sekunteja, riittää sen laskemiseen hyvin karkea pinta-alan likiarvo, joka voidaan ottaa kartalta mittaamalla tai



ratkaisemalla kolmio ensin likimääräisesti. Pallokolmion asemesta ratkaistaan sitten tasokolmio, jonka sivut yhtäpitkät kuin pallokolmion sivut pituusmitoissa ja jonka kulmat saadaan siten, että pallokolmion kulmista vähennetään kustakin ylijäämän kolmasosa.

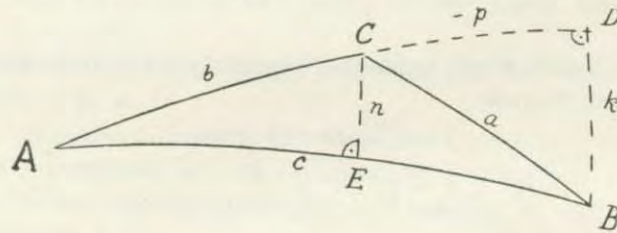
Esitämme lopuksi joukon tavallisimpia käytännössä esiintyviä esimerkkejä, joista selviää näiden eri tapauksien laskeminen yksityiskohtaisesti.

### Laskuesimerkkejä.

1. New-Yorkin maantieteellinen leveys on  $+42^\circ$  ja pituus  $73^\circ$  länteen Greenwichistä, Moskovan  $+56^\circ$  ja  $37^\circ$  it. Gr. Maapallon säde on (tällä välillä) 6390 km. Kuinka pitkä on lyhin lentomatka Moskovasta New-Yorkiin ja mikä on reitin pohjoisin piste?

Tarkastellaan pallokolmiota (kuvio 39)  $A = \text{New-York}$ ,  $B = \text{Moskova}$  ja  $C = \text{pohjoisnapa}$ , jonka osista tunnetaan  $a = 34^\circ$ ,  $b = 48^\circ$  ja  $C = 110^\circ$ . Pisteestä  $B$  piirretään kohtisuora isoympyrän kaari  $k = BD$  isoympyrälle  $AC$ ,  $p = CD$  (positiivinen  $A$ :han päin). Suorakulmaisista osakolmioista saadaan (laskut suoritettu laskuviivottimella):

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} p &= \operatorname{tg} a \cos C = 0,675 \cdot (-0,342) = -0,231, & p &= -13^\circ \\ \operatorname{tg} k &= \sin p \operatorname{tg} C = -0,225 \cdot (-2,747) & b-p &= 61^\circ \\ \operatorname{tg} A &= \frac{\operatorname{tg} k}{\sin(b-p)} = \frac{0,617}{0,875} = 0,706 & A &= 35^\circ \\ \operatorname{tg} c &= \frac{\operatorname{tg}(b-p)}{\cos A} = \frac{1,804}{0,817} = 2,209 & c &= 65,6 \end{aligned}$$



K u v i o 39.

Säde 6390 km vastaa absoluuttisyyksikköä  $57^\circ.3$ , siis kaaren  $c = 65^\circ.6$  pituus on 7310 km. Tehtävän toista osaa varten piirretään pisteestä  $C$  kohtisuora  $n = CE$  sivulle  $c$ :

$$\begin{aligned} \sin n &= \sin b \sin A = 0,743 \cdot 0,577 = 0,428 & n &= 25^\circ.4 \\ \cot ACE &= \cos b \operatorname{tg} A = 0,669 \cdot 0,706 = 0,472 & ACE &= 64^\circ.7 \end{aligned}$$

Reitin pohjoisin piste, jonka leveys on  $90^\circ - n = 65^\circ$  ja pituus  $73^\circ - ACE = 8^\circ$  länt. Gr., on siis lähellä Islantia.

2. Helsingin seismografin maantiet. leveys on  $60^\circ 11'$  ja pituus  $24^\circ 57'$ . Se merkitsi kerran maanjäristyksen, jonka etäisyydeksi saatiin 3960 km ja suunnaksi (pohjoisesta myötöpäivään)  $97^\circ 50'$ . Missä maanjäristys tapahtui?

Merkitään Helsinki =  $A$ , maanjäristyspaikka =  $B$  ja pohjoisnapa =  $C$ . Tunnetaan siis  $A = 97^\circ 50'$ ,  $b = 29^\circ 49'$  ja  $c$  lasketaan seuraavasti (laskut logaritmeilla):

$$\begin{array}{r} \log 3960 = 3.5977 \\ \log 180 = 2.2553 \\ \hline = 5.8530 \\ - 4.3026 \\ \hline \log c = 1.5504 \end{array} \quad \begin{array}{r} \log 6390 = 3.8055 \\ \log \pi = 0.4971 \\ \hline = 4.3026 \end{array} \quad c = 35^\circ 31'.$$

Kuviosta 40 saadaan nyt:

$$\begin{array}{r} \operatorname{tg} q = \operatorname{tg} c \cos A \\ \operatorname{tg} k = \operatorname{tg} A \sin q \\ \operatorname{tg} DCB = \frac{\operatorname{tg} k}{\sin(b-q)} \\ \operatorname{tg} a = \frac{\operatorname{tg}(b-q)}{\cos DCB} \end{array} \quad \begin{array}{r} \operatorname{tg} c \dots 9.8535 \\ \cos A \dots 9.1345n \\ \operatorname{tg} q \dots 8.9888on \\ \sin q \dots 8.9860n \\ \operatorname{tg} A \dots 0.8615n \\ \sin(b-q) \dots 9.7625 \\ \operatorname{tg} DCB \dots 0.0850 \\ \operatorname{tg}(b-q) \dots 9.8511 \\ \cos DCB \dots 9.8029 \\ \operatorname{tg} a \dots 0.0482 \end{array} \quad \begin{array}{r} q = -5^\circ 33' \\ b-q = 35^\circ 22' \\ DCB = 50^\circ 34' \\ a = 48^\circ 10' \end{array}$$

Maanjäristyspaikan leveys  $90^\circ - a = 41^\circ 50'$

» pituus  $Hki + DCB = 75^\circ 30'$ .

Kartan mukaan tämä piste sijaitsee Itä-Turkestanissa.

3. Sama meteori valokuvattiin sekä Helsingistä että Hämeenlinnasta ja samalla määrättiin sen sammumishetki virallisen ajan mukaan. Vaikkakin radanmääräys suoritetaan yleensä graafisesti tähtikartalle ja maakartalle piirtämällä, niin seuraavassa selostetaan tarkkaan radanmääräykseen kuuluvat laskutyöt.

a. Valokuvilta määrätään sammumispuheen rektaskensio ja deklinaatio kummaltakin paikalta nähtynä läheisten kiintotähtien avulla.

b. Virallinen aika muutetaan tähtiajaksi kuten sivulla 80 selitetään (molemmilla paikkakunnilla eri tähtiaika, ero = pituusaste-ero).

c. Tuntikulma = tähtiaika — rektaskensio.

d. Tuntikulman, deklinaation ja leveysasteen avulla lasketaan korkeus ja atsimut, kuten sivulla 85 selitetään.

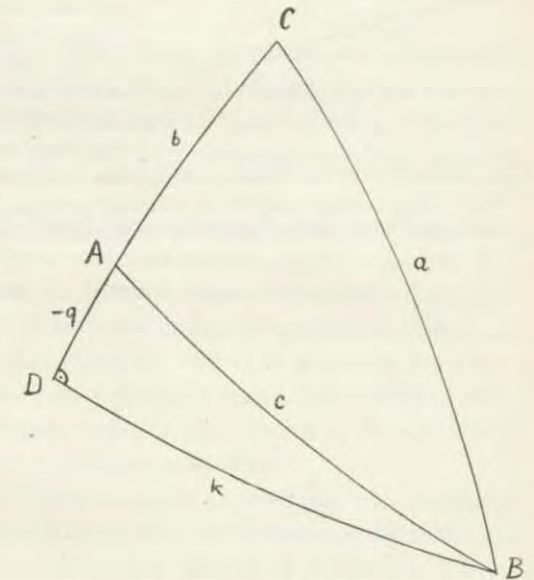
e. Leveysasteista ja pituuseroista lasketaan paikkakuntien välimatka ja keskinäinen atsimut molemmista päistä, kuten sivulla 62 tehtävässä 1.

Olko tulkokset seuraavat: Välimatka 96.0 km, atsimut He-Hä  $345^\circ 24'$ , Hä-He  $165^\circ 0'$ . Meteorin sammuminen nähtiin Helsingistä atsimutissa  $194^\circ 12'$  ja korkeudessa  $44^\circ 6'$ , Hämeenlinnasta atsimutissa  $288^\circ 54'$  ja korkeudessa  $59^\circ 10'$ . (Tähtien atsimutit luetaan etelästä alkaen, maanpäälliset pohjoisesta alkaen).

f. Ratkaistaan kolmio Helsinki-Hämeenlinna-Meteori, jossa tunnetaan kulmat He =  $28^\circ 48'$ , Hä =  $56^\circ 6'$ , ja sivu He-Hä = 96.0 km. Saadaan sivut He-M = 80.0 km ja Hä-M = 46.3 km. (Pinta-ala on  $1850 \text{ km}^2$  ja palloyljäämä  $9''$ , joka ei siis vaikuta tällä tarkkuudella laskettaessa).

g. Sen pisteen maantieteelliset koordinaatit, jonka yläpuolella meteori sammui, voitaisiin laskea kuten sivulla 62 tehtävässä 2 (käytännössä riittää karttapiirros, piste on Järvelän aseman tienoilla).

h. Sammumispuheen korkeus maanpinnasta lasketaan kaavalla



K u v i o 40.

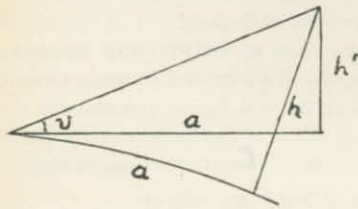
$$H = s \cdot \operatorname{tg} h + \frac{s^2}{15000}$$

missä viimeinen termi johtuu Maan kaarevuudesta ja refraktiosta (vrt. kuv. 41). Tässä tapauksessa lasketaan tarkistuksen vuoksi erikseen Helsingistä ja Hämeenlinnasta käsin:

Helsingistä ( $s = 80.0$ ,  $h = 44^\circ 6'$ )  $H = 78.0$  km.

H-linnasta ( $s = 46.3$ ,  $h = 59^\circ 10'$ )  $H = 77.9$  km.

Tämä tarkistus osoittaa, että sammumispiste oli todella sama molemmilta asemilta nähtynä.



Kuvio 41.

i. Meteorin säteilypiste määrätään helpoimmin piirtämällä molemmat näennäiset radat tähtikartalle, joka tarkkoja määräyksiä varten on laadittava gnomoniseen projektiioon (tuntiympyrät tasavälisiä napapisteen kautta kulkevia suoria, mutta kartalla tähden etäisyys navasta seuraa kaavaa  $\cot \delta$ ). Ratoja jatketaan taaksepäin suoraviivaisesti, kunnes ne leikkaavat toisensa.

Jos molemmilta pisteiltä on havaittu myöskin meteorin syttymiskohta, voidaan laskea senkin koordinaatit kuten edellä sammumispiste. Näiden koordinaattien erosta saadaan radan atsimut ja korkeuskulma sammumis-

steen suhteen, ja niistä vihdoin säteilypisteen rektaskensio ja deklinaatio.

Näin tarkka lasku edellyttää tarkkoja havaintoja, joita taas ei saa juuri muuten kuin valokuvaamalla. Havaintojen järjestely on selostettu siv. 115.

## 6. PALLOTÄHTITIETEEN PERUSKÄSITTEET.

### Johdanto.

Tähtitieteen vanhin haara ja nykyisinkin koko tähtitieteen välttämätön perusta on pallo-tähtitiede. Siinä tutkitaan taivaankappalten näennäisiä asemia ja liikkeitä. Näennäisellä asemalla tarkoitetaan suuntaa, missä taivaankappale näkyy, joten ainakin aluksi jätetään taivaankappaleen etäisyys Maasta huomioonottamatta.

Pallotähtitiede on ainoa tähtitieteen haara, josta on välitöntä käytännöllistä hyötyä. Sen avulla nimittäin suoritetaan ensinnäkin maantieteellinen paikannääräys eli leveysasteen ja pituusasteen määräykset joko kartoituksen perustaksi tai merenkulun ja erämaamatkojen tarpeisiin. Edelleen sen avulla suoritetaan tarkka suunnan määräys eli atsimutin määräys kartoitusta varten, kompassin poikkeaman määrittämiseksi, tykistötulen suuntaamiseksi jne. Ja lopuksi siihen perustuu koko ajanlasku ja aikahuolto kalenterijärjestelmistä tarkkuuskellojen tutkimiseen saakka.

Koska näiden mittauksien suorittaminen vaatii yleensä kalliita tarkkuuskojeita, niin seuraavassa voidaan käsitellä vain yksinkertaisempia likimääräisiä menetelmiä, joita harrastaja voi käyttää hyvinkin tilapäisin välinein. Kätevä harrastaja voi kuitenkin rakentaa kaukoputkeensa aina jonkinlaisen jalustan ja varustaa sen yksinkertaisilla jakokehillä kulmien mittaamista varten, jonka takia muutamien tehtävien kohdalla on lyhyesti esitetty myös kulmien mittaamiseen perustuvat suoritustavat.

Pallotähtitieteelliset tehtävät vaativat myöskin usein pitkällisiä laskutöitä. Kun niistä monet ovat, ei ainoastaan hyvin opettavaisia, vaan suorastaan hauskojakin suorittaa, niin seuraavassa käydään verraten perusteellisesti läpi havaintojen laskennallinen käsittely. Vaikka hyvän mittauskojeen hankkiminen saattaa olla monelle ylivoimaista, niin laskemiseen tarvittavat välineet, logaritmitaulut tai laskuviivotin, ovat sentään jokaisen saatavissa. Ja hätätilassa laskut voidaan korvata geometrisilla piirustuksilla, johon tarvitaan vain terävä kynä, harppi, viivotin ja astelevy.

## Taivaanpallo.

Pallotähtitieteen peruskäsite on taivaanpallo, joka liittyy välittömästi alkeelliseen mielikuvaan taivaankannesta ja samalla antaa täsmällisen perustan taivaankappalten näennäistä asemaa koskeville laskuille. Taivaanpallo on kuviteltu pallo, jonka keskipisteenä on havaitsija ja jonka pinnalla kuvitellaan taivaankappaleiden olevan. Taivaanpallon säde kuvitellaan äärettömän suureksi, mutta kun piirretään äärellisen kokoinen kuvio (kuvio 42) esittämään taivaanpalloa, täytyy olettaa, että kuviossa koko maapallo, joskus koko aurinkokunta supistuu keskipisteeksi. Vasta myöhemmin, kun on pakko ottaa huomioon tähtien todelliset äärelliset etäisyydet Maasta, lasketaan parallaaksi, se kulma, jonka verran tähden näennäinen asema taivaanpallolla muuttuu, kun havaitsija liikkuu määrätyn matkan maapallolla tai aurinkokunnassa.

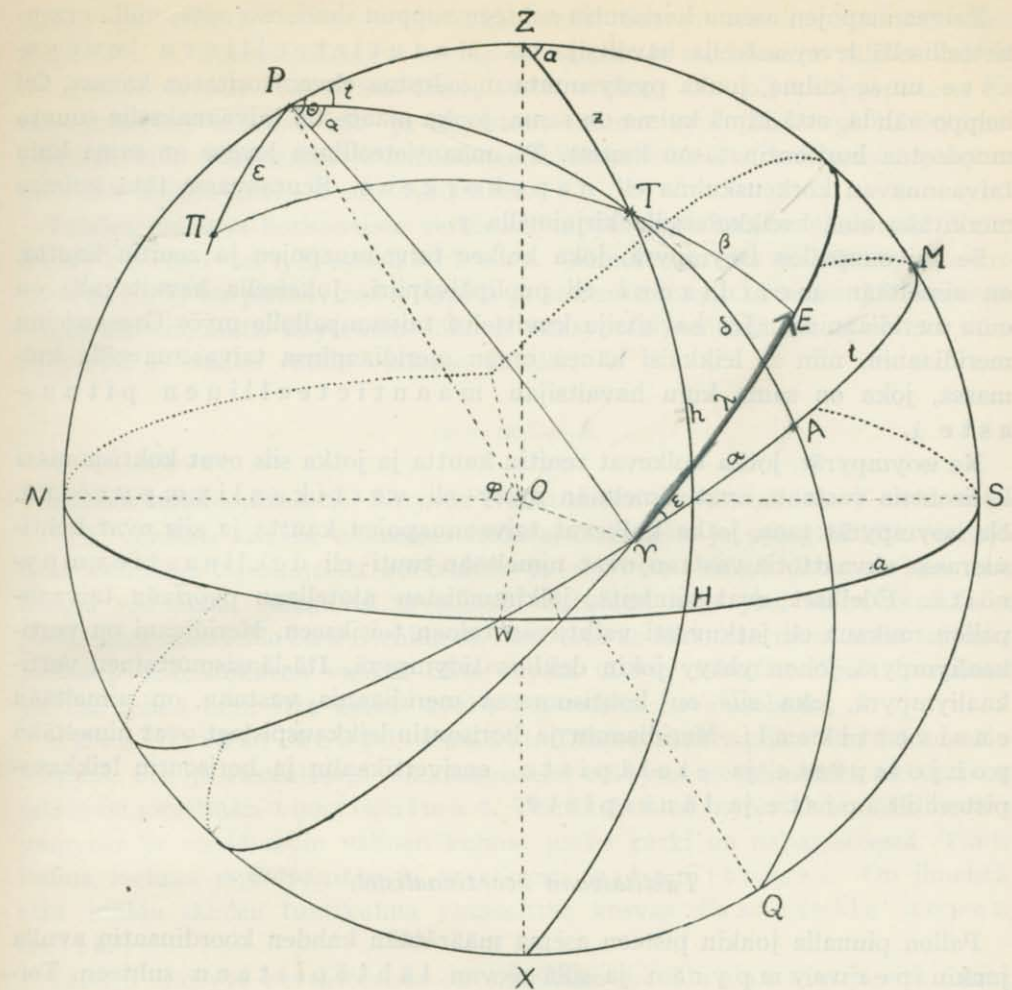
Jos havaintopaikka on tarkkaan merenpinnan tasalla, nähdään taivaanpallosta vain puolet. Merenpinnan sivuajataso, joka on vaakasuorassa, leikkaa taivaanpallon isoympyrää pitkin, jonka nimenä on horisontti eli taivaanranta. Käytännössä vaakasuora suunta määrätään vesivaa'an eli tasaimen avulla, koska havaitsijan oma korkeus merenpinnasta ja ympäristön topografia aiheuttavat, että näkyvä taivaanranta ei yhdy teoreettiseen.

Luotilanka asettuu kohtisuoraan vaakatasoa vastaan ja määrittelee siten pystysuunnan eli luotiviivan suunnan. Se piste, jossa pystysuunta leikkaa taivaanpallon havaitsijan yläpuolella, on nimeltään zenit eli lakipiste. Vastaava taivaanpallon piste havaitsijan alapuolella on nimeltään nadir. Nämä molemmat pisteet ovat yhtä kaukana jokaisesta horisontin pisteestä, nim.  $90^\circ$ .

Kun havaitsija siirtyy maapallolla toiseen kohtaan, siirtyy vastaavasti zenit taivaanpallolla. Samalla tavalla muuttuu horisontin asento, joten muutamat tähdet häviävät näkyvistä horisontin alapuolelle ja muutamia taas ilmestyy näkyviin. Jokaisella havaitsijalla on siis oma horisonttinsa.

Havaitsija ottaa osaa maapallon pyörimisliikkeeseen maanakselin ympäri, joka tapahtuu vastapäivään, siis lännestä itään. Mutta kaikilla ihmisillä on se vaikutelma, että horisontti ei liiku, vaan taivaanpallo pyörii myötäpäivään eli idästä länteen. Pallotähtitieteessä noudatetaan tätä vaikutelmaa, vaikka muussa tähtitieteessä se veisi mahdolltomuuksiin. Siis sanotaan, että taivaanpallo pyörii myötäpäivään kerran vuorokaudessa taivaanakselin ympäri. Taivaanakseli on maanakselin suuntainen ja kulkee taivaanpallon keskipisteen kautta. Koska taivaanpallon säde on äärettömän suuri, on samantekevää, ajatellaanko taivaanakselin kulkevan maan keskipisteen vai havaitsijan kautta.

Taivaanakseli leikkaa taivaanpallon taivaannavoissa, joita sanotaan pohjoiseksi ja eteläiseksi sen mukaan, kummanko maannavan zenitpisteitä ne ovat. Maan ekvaattorin eli päiväntasaajan taso leikkaa taivaanpallon pitkin taivaanekvaattoria, jota seuraavassa sanotaan lyhyesti vain ekvaattoriksi. Se on taivaanpallon isoympyrä, joka on joka pisteessään  $90^\circ$  taivaannavoista.



Kuvio 42.

## Taivaanpallo

Pisteet:  $O$  = havaitsija,  $Z$  = zenit,  $S$  = eteläpiste,  $W$  = länsipiste,  $N$  = pohjoispiste,  $P$  = taivaannapa,  $Q$  = etelänapa,  $X$  = nadir,  $\Pi$  = ekliptikan napa,  $\mathbf{V}$  = kevättasauspiste,  $T$  = tähti.

Akselit:  $ZX$  = luotiviiva,  $PQ$  = taivaanakseli (pyörimisakseli),  $NS$  = pohjois—eteläsuuntainen vaakakseli.

Isoympyrät:  $NPZMSQX$  = meridiaani,  $SHWN$  = horisontti (taivaanranta),  $MA\mathbf{V}W$  = ekvaattori,  $E\mathbf{V}$  = ekliptika,  $ZTHX$  = vertikaaliympyrä,  $PTAQ$  = tuntiympyrä eli deklinaatiympyrä,  $P\mathbf{V}Q$  (ei piirretty näkyviin) = tasauskoluuri,  $ZWX$  (ei piirretty näkyviin) = ensi vertikaali.

Koordinaatit:  $a = SH = SZT$  = atsimut,  $h = HT$  = korkeus,  $z = 90^\circ - h = ZT$  = zenitetäisyys,  $t = MA = MPT$  = tuntikulma,  $\delta = AT$  = deklinaatio,  $\alpha = \mathbf{V}A = \mathbf{V}PT$  = rektaskensio,  $\lambda = \mathbf{V}E$  = tähden pituus,  $\beta = ET$  = tähden leveys,  $\varphi = NP = MZ$  = havaitsijan maantieteellinen leveys = napakorkeus,  $\Theta = \alpha + t = M\mathbf{V}$  = tähtiaika,  $\epsilon = P\Pi = M\mathbf{V}E$  = ekliptikan kaltevuus =  $23^\circ 27'$ .

Taivaannapojen asema horisontin suhteen riippuu ilmeisesti siitä, millä maantieteellisellä leveysasteella havaitsija on. Maantieteellinen leveysaste on se kulma, jonka pystysuunta muodostaa ekvaattoritason kanssa. On helppo nähdä, että tämä kulma on sama, jonka maan- tai taivaanakselin suunta muodostaa horisontin tason kanssa. Ts. maantieteellinen leveys on sama kuin taivaannavan korkeuskulma eli *napakorkeus*. Seuraavassa tätä kulmaa merkitään aina kreikkalaisella kirjaimella  $\varphi$ .

Se taivaanpallon isoympyrä, joka kulkee taivaannapojen ja zenitin kautta, on nimeltään *meridiaani* eli puolipäiväpiiri. Jokaisella havaitsijalla on oma meridiaaninsa. Jos havaitsija kuvittelisi taivaanpallolle myös Greenwichin meridiaanin, niin se leikkaisi hänen oman meridiaaninsa taivaannavoilla kulmassa, joka on sama kuin havaitsijan maantieteellinen pituusaste  $\lambda$ .

Ne isoympyrät, jotka kulkevat zenitin kautta ja jotka siis ovat kohtisuorassa horisonttia vastaan, ovat nimeltään pysty- eli *vertikaaliympyröitä*. Ne isoympyrät taas, jotka kulkevat taivaannapojen kautta ja siis ovat kohtisuorassa ekvaattoria vastaan, ovat nimeltään tunti- eli *dekliinaatioympyröitä*. Edelliset ovat kiinteitä, jälkimmäisten ajatellaan pyörivän taivaanpallon mukana eli jatkuvasti vaihtuvan toinen toisikseen. Meridiaani on vertikaaliympyrä, johon yhtyy jokin dekliinaatioympyrä. Itä-länsisuuntainen vertikaaliympyrä, joka siis on kohtisuorassa meridiaania vastaan, on nimeltään *ensivertikaali*. Meridiaanin ja horisontin leikkauspisteet ovat nimeltään *pohjoispiste* ja *eteläpiste*, *ensivertikaalin* ja horisontin leikkauspisteet *itäpiste* ja *länsipiste*.

#### Tähtitaivaan koordinaatit.

Pallon pinnalla jonkin pisteen asema määrätään kahden koordinaatin avulla jonkin *perusympyrän* ja sillä olevan *lähtöpisteen* suhteen. Toisena koordinaattina on pisteen etäisyys perusympyrästä kohtisuoraa isoympyrää pitkin, toisena (tavallisesti ensimmäiseksi mainittuna) saadun kantapisteen etäisyys lähtöpisteestä perusympyrää pitkin. Tällä tavoin ovat esim. maapallolla maantieteellinen pituus ja leveys paikan koordinaatteja ekvaattorin ja Greenwichin meridiaanilla olevan lähtöpisteen suhteen.

Taivaanpallolla on käytännössä useampia koordinaatistoja. Niiden perusympyröinä ja lähtöpisteinä ovat:

- 1) Horisontti ja eteläpiste.
- 2) Ekvaattori ja meridiaanin leikkauspiste.
- 3) Ekvaattori ja ekliptikan leikkauspiste.
- 4) Ekliptika ja ekvaattorin leikkauspiste.

*Horisontaalikoordinaatit*. Tähdien kautta piirretään vertikaaliympyrä. Sen ja horisontin leikkauspisteen etäisyys eteläpisteestä horisonttia pit-

kin on nimeltään *atsimut* eli vaakasuunta. Seuraavassa sitä merkitään aina kirjaimella *a*. Atsimut on myös tähden vertikaalin ja meridiaanin välinen kulma. Se luetaan *myötäpäivään*. Siis länsipisteen atsimut on  $90^\circ$ , pohjoispisteen (ja taivaannavan) atsimut  $180^\circ$  ja itäpisteen atsimut  $270^\circ$  (tai  $-90^\circ$ ). On huomattava, että geodesiassa ja maantieteellisillä kartoilla atsimut luetaan pohjoispisteestä alkaen kuten kompassisuunnat.

Tähden etäisyys horisontista vertikaaliympyrää myöten on nimeltään *korkeuskulma* tai lyhyesti *korkeus*. Seuraavassa sitä merkitään aina kirjaimella *h*. Se on positiivinen ylöspäin ja saa suurimman arvonsa  $90^\circ$  zenitissä. Usein sen asemesta käytetään tähden etäisyyttä zenitistä eli *zenitetäisyyttä* *z*. Niiden välillä vallitsee yhtälö

$$z = 90^\circ - h.$$

Horisontaalikoordinaatit liittyvät välittömästi havaintoihin. Teodolii-tilla voidaan mitata atsimuteroituksia, tasaimella ja pystykehällä varustetulla kulmanmittauskojeella korkeuksia ja *universaalikoneella* molempia yht'aikaa, vaikkakin tavallisesti mitataan vain yksi suure kerrallaan. Näillä koordinaateilla on kuitenkin se vika, että ne alinoma muuttuvat taivaanpallon pyörimisliikkeen vuoksi. Siitä syystä täytyy tähtitieteelliset havainnot yleensä tehdä niin, että kellon avulla määrätään havaintohetki.

*Ekvatoriaalikoordinaatit*. Tähdien kautta piirretään dekliinaatioympyrä. Sen ja ekvaattorin leikkauspisteen etäisyys meridiaanista ekvaattoria pitkin on nimeltään *tuntikulma* *t*. Tuntikulma on myös tähden dekliinaatioympyrän ja meridiaanin välinen kulma, jonka kärki on napapisteessä. Tuntikulma luetaan *myötäpäivään* ja tavallisesti *aikamitoissa*. On ilmeistä, että jonkin tähden tuntikulma yhtämittaa kasvaa *tasaisella nopeudella*.

Tähden etäisyys ekvaattorista on nimeltään *dekliinaatio* ja sitä merkitään kreikkalaisella kirjaimella  $\delta$ . Dekliinaatio on positiivinen pohjoiseen ja negatiivinen etelään ja se luetaan aina *astemitoissa*. Taivaan pohjoisnavan dekliinaatio on siis  $+90^\circ$ . Sen tähden dekliinaatio, joka sattuu olemaan juuri zenitissä, on ilmeisesti  $\varphi$ .

Dekliinaatio ei muutu vuorokautisen liikkeen johdosta. Se on siis kullekin kiintotähdelle ominainen suure, joka voidaan kerta kaikkiaan määrätä ja merkitä tähtiluetteloon. Nyt tarvittaisiin vielä toinenkin koordinaatti, joka olisi muuttumaton. Sitä varten on määriteltävä ekvaattorilla oleva *lähtöpiste*, joka liikkuu taivaanpallon mukana. Täksi pisteeksi on valittu *kevättasauspiste*, se piste, jossa Aurinko on kevätpäiväntasauksen aikaan. Tätä pistettä merkitään samoin kuin almanakassa Oinaan tähtikuviota:  $\nu$ , koska 2000 vuotta sitten, jolloin nämä käsitteet määriteltiin, kevättasauspiste oli juuri Oinaan tähdistössä.

Tähden kautta kulkevan dekliinaatioympyrän ja kevättasauspisteen dekliinaatio-

ympyrän välinen kulma on nimeltään *rektaskensio*, ja sitä merkitään seuraavassa aina kreikkalaisella kirjaimella  $\alpha$ . Jos tähti projisoidaan ekvaattorille, rektaskensio on myöskin ekvaattorin kaari kevättasauspisteestä saatuun kantapisteeseen. Se luetaan positiiviseksi *vastapäivään* ja tavallisesti aikamitoissa. Sitä käytetään deklinaation rinnalla tähtiluetteloissa ilmoittamaan tähden paikkaa.

Jos tähden rektaskensioon lisätään saman tähden tuntikulma, saadaan kuvion 42 mukaan kevättasauspisteen tuntikulma riippumatta siitä, mitä tähteä on käytetty. Tämä tärkeä yleispätevä suure on tavallisemmalta nimeltään *tähtiaika* ja sitä merkitään kreikkalaisella kirjaimella  $\theta$ :

$$\theta = \alpha + t.$$

Tähtiaika määrätään erityisen tähtiaikakellon avulla, joka tekee 24 tuntia samassa ajassa kuin taivaanpallo pyörähtää kerran ympäri ja joka näyttää o silloin kun kevättasauspiste on meridiaanissa. Koska tähtiaikakello edistää 4 minuuttia vuorokaudessa tavallisen kellon suhteen, kuten myöhemmin selitetään, on käytettävä eri kelloja tahi suoritettava muunnoslaskuja. Joka tapauksessa tähtiaika saadaan kellosta, ja kun siitä vähennetään tähden rektaskensio, saadaan tuntikulma. Päinvastoin jos tuntikulma mitataan taivaalta, saadaan tähtiaika lisäämällä rektaskensio, ja näin voidaan kello asettaa oikeaan aikaan.

Miten tuntikulma vuorostaan lasketaan välittömästi mitattujen korkeuksien tai atsimutien avulla, siihen palaamme sivulla 86. Tavallisimmin havainnot tehdään juuri sillä hetkellä, kun tähti on tarkkaan meridiaanissa eli *kulmino*i. Tässä tärkeässä erikoistapauksessa on nimittäin voimassa seuraavat yksinkertaiset laskukaavat, jotka saamme helposti kuviota 42 tarkastamalla:

$$\text{Yläkulminaatio: } \begin{cases} t = 0, \\ \theta = \alpha. \end{cases}$$

Jos tähti kulminoi zenitin eteläpuolella:

$$\begin{cases} z = \varphi - \delta, \\ a = 0. \end{cases}$$

Jos tähti kulminoi zenitin pohjoispuolella:

$$\begin{cases} z = \delta - \varphi, \\ a = 180^\circ. \end{cases}$$

$$\text{Alakulminaatio: } \begin{cases} t = 12^h \\ \theta = \alpha + 12^h \\ z = 180^\circ - \varphi - \delta, \\ a = 180^\circ. \end{cases}$$

*Eklipatikaalikoordinaatit.* Eklipatika on se isoympyrä, jota pitkin tapahtuu Auringon näennäinen vuotuinen liike taivaanpallon ympäri. Luonnossa Maa kiertää Aurinkoa vastapäivään, mutta palloitähtitieteessä oletetaan,

että Aurinko liikkuu taivaanpallolla vastapäivään. Liike tapahtuu likipitään tasaisella nopeudella, asteen vuorokaudessa. Tammikuun alussa nopeus on suurin, 61', heinäkuun alussa pienin, 57' vuorokaudessa. Tämä johtuu siitä, että Maan rata Auringon ympäri ei ole ympyrä vaan ellipsi, jonka toisessa polttopisteessä Aurinko sijaitsee, ja nopeus on suurimmillaan silloin kun välimatka on pienimmillään (Maa on perihelissä, Aurinko perigeumissa).

Ekvaattorin ja ekliptikan välinen kaltevuuskulma on melkein vakio,  $23^\circ 27'$ . Seuraavassa tätä kulmaa merkitään aina kreikkalaisella kirjaimella  $\varepsilon$ . Kuu ja planeetat aiheuttavat siihen pieniä muutoksia, joista puhutaan tarkemmin sivulla 74.

Ekvaattorin ja ekliptikan leikkauspisteet ovat *tasauspisteitä*, ne ekliptikan pisteet, jotka ovat kauimpana ekvaattorista, *seisauspisteitä*. Kevätpäiväntasauksen aikaan Auringon deklinaatio on 0 ja rektaskensio 0, syyspäiväntasauksen aikaan deklinaatio jälleen 0 mutta rektaskensio  $12^h$ . Näinä päivinä Aurinko on yhtä kauan horisontin ylä- ja alapuolella, toisin sanoen päivä ja yö ovat yhtä pitkät. Keväällä Auringon deklinaatio kasvaa nopeasti, sitten hitaammin, kunnes kasvu seisautuu kesäseisauspisteessä, jossa deklinaatio on  $+23^\circ 27'$  ja rektaskensio  $6^h$ . Talviseisauspisteessä deklinaatio on  $-23^\circ 27'$  ja rektaskensio  $18^h$ .

Kun planeetat kiertävät Aurinkoa, on helpompi laskea niiden koordinaatit ensin ekliptikan suhteen. Kohtisuora etäisyys ekliptikasta on *leveys*  $\beta$ , positiivinen pohjoiseen, ja kantapisteen etäisyys kevättasauspisteestä on *pituus*  $\lambda$ , positiivinen vastapäivään.

Auringon leveys on aina 0 ja pituus kasvaa, kuten mainittiin, melkein tasaisella nopeudella. Se aika, jossa Aurinko tekee täyden kierroksen kevättasauspisteen suhteen, on nimeltään *troopillinen vuosi*, koska sen mukaan tapahtuvat vuodenaikojen, kesän ja talven vaihtelut.

#### Ajanlasku.

Tähtitieteellisen ajanlaskun perustana on yllämainittu tähtiaika eli kevättasauspisteen tuntikulma. Sen yksikkönä on *tähtivuorokausi* eli aika, jossa kevättasauspiste tekee täyden kierroksen meridiaanin suhteen. Tähtivuorokausi jaetaan tavanmukaisesti tähtiaikatunteihin, -minuutteihin ja -sekunteihin.

Suurempana yksikkönä on yllämainittu troopillinen vuosi. Pitkäaikaisten havaintojen lopputuloksena tiedetään, että:

$$\text{troopillinen vuosi} = 366.24220 \text{ tähtivuorokautta}$$

$$= 366^d 5^h 48^m 46^s \text{ tähtiaikaa.}$$

Käytännöllisessä elämässä tähtiaika ei sovi ajanlaskun perustaksi. Tähtiaikakello näyttää 0 keväällä keskellä päivää ja syksyllä keskellä yötä. Käytännöllinen ajanlasku sidotaan päivän ja yön vaihteluun, siis Auringon liikkeisiin. Perus-

taksi otetaan *aurinkovuorokausi*, se aika, jossa Aurinko tekee täyden kierroksen meridiaanin suhteen. Koska Auringon hidas vuotuinen liike tapahtuu vastapäivään ja vuorokautinen liike myötäpäivään, menee aurinkovuorokautteen enemmän aikaa kuin tähtivuorokautteen. Tämä ero on tosin vaihteleva, mutta joka tapauksessa on ilmeistä, että troopilliseen vuoteen mahtuu aurinkovuorokausia tarkalleen yksi vähemmän kuin tähtivuorokausia. Tästä saadaan aurinkovuorokauden keskimääräinen pituus:

troopillinen vuosi = 365.24220 keskiaurinkovuorokautta.

Käytännöllisen elämän kellot käyvät näin määriteltyä *keskiaurinkoaikaa* eli keskiaikaa. On vain vielä määriteltävä, milloin keskiaikakello näyttää 0. Sitä varten otetaan käytäntöön kaksi kuviteltua apupistettä:

*I keskiaurinko*, joka kulkee pitkin ekliptikaa tarkoin tasaisella nopeudella ja joka on samaan aikaan perigeumissa kuin todellinen Aurinko (2 päivänä tammikuuta).

*II keskiaurinko*, joka kulkee pitkin ekvaattoria tasaisella nopeudella ja joka on samaan aikaan tasauspisteissä kuin *I keskiaurinko* (22. 3 ja 21. 9).

*Keskiaurinkoaika on II keskiauringon tuntikulma  $\pm 12^h$ .*

Keskiaikakello näyttää 0 puoliyön tienoilla silloin kun yllämääritelty kuviteltu piste on alakulminaatiossa. Jos kuvitellun pisteen asemesta otetaan todellinen Aurinko, saadaan *todellinen aurinkoaika*, joka on siis todellisen Auringon tuntikulma  $\pm 12^h$ . Aurinkokello, jossa varjo toimii viisarina, näyttää todellista aurinkoaikaa, eikä siis samaa, mitä mekaaniset kellot. Erotus lasketuna suuntaan todellinen aika — keskiaika on nimeltään *ajantasa*. Sen laskemiseen palaamme sivulla 81.

Tähtiaika, todellinen aurinkoaika ja keskiaurinkoaika on määritelmänsä välityksellä sidottu havaintopaikan meridiaaniin. Ne ovat siis paikallista aikaa, ja kahden paikkakunnan aikojen ero on sama kuin niiden pituusaste-ero. Itäisen paikkakunnan kello näyttää enemmän kuin läntisen. Käytännöllisessä elämässä täytyy kuitenkin laajemmilla alueilla, mieluummin koko valtakunnassa käyttää samaa aikaa. Aikaisemmin käytettiin kussakin valtakunnassa aina pääkaupungin aikaa. Mutta kun eri valtakuntien väliset aikaerot olivat samat kuin pääkaupunkien pituusaste-erot, niin ne olivat hankalat ottaa laskuissa ja matkoilla kellojen siirroissa huomioon. Toukokuun 1 päivänä vuonna 1921 siirryttiin Suomessa Helsingin ajasta yleismaailmalliseen *vyöhykeajajärjestelmään*, jossa kunkin maan aika eroaa kokonaisia tunteja yleisajasta eli Greenwichin ajasta. Suomen virallinen aika on nyt kaksi tuntia edellä yleisajasta. Tämä aika, jota sanotaan myös Itä-Euroopan ajaksi, on meridiaanilla  $30^\circ$  (suunnilleen Lieksan kohdalla) paikallista aikaa.

### *Reduktiolaskut.*

Edellä on otaksuttu, että kiintotähtien koordinaatit ekvaattori- ja ekliptika-järjestelmissä ovat muuttumattomia. Se pitää paikkansa kuitenkin vain likimain, sillä on suuri joukko pieniä ja hitaita häiriöitä, jotka täytyy tarkemmissa mittaustöissä ottaa huomioon. Seuraavassa selostamme ne vain lyhyesti, sillä yleensä ne eivät vaikuta yksinkertaisilla kojeilla tehtäviin mittauksiin. Sitäpaitsi reduktiolaskut suoritetaan suurimmaksi osaksi suurissa tähtitieteellisissä toimitoissa ja tulokset julkaistaan vuosikirjoissa.

### *Prekessio.*

Jos hyrrä pyörii kallellaan, se ei kaadu, vaan vaappuu niin, että akseli kiertää kartiopintaa pystysuunnan ympäri säilyttäen saman kaltevuuden. Tämä hyrrän prekessioliike tapahtuu samaan suuntaan kuin pyörimisliike.

Maan pyörimisakseli on myös sikäli kallellaan, että Kuu ja Aurinko eivät ole aina Maan ekvaattorin tasossa. Kun Maa lisäksi on navoiltaan litistynyt, on Kuun ja Auringon vetovoima lähinnä olevaan ekvaattorin kohtaan suurempi kuin Maan keskipisteeseen. Sen johdosta Maan akselin kaltevuus Kuun ja Auringon suhteen pyrkii vähenemään, kun kalteva hyrrä päinvastoin pyrkii kaatumaan. Maapallolla on sen tähden muuten samantapainen prekessioliike kuin hyrrällä, mutta vastakkaisuuntainen; kun Maa pyörii vastapäivään, prekessioliike tapahtuu myötäpäivään.

Taivaanpallolla prekessio ilmenee siten, että taivaannavat (ekvaattorin navat) kiertävät ekliptikan napojen ympäri myötäpäivään niin että välimatka, ekliptikan kaltevuus, säilyy ( $23^\circ 27'$ ). Yhteen kierrokseen kuluu aikaa noin 26000 vuotta. Samalla tavalla kiertävät tasa- ja seisauspisteet. Niinpä kevättasauspiste, joka HIPPARKHOKSEN aikoihin oli Oinaan tähtikuviossa, nykyään on jo Kalojen tähtikuviossa. Siitä johtuu, että eläinradan merkit almanakassa nykyisin ovat kuukauden verran edellä. Taivaan pohjoisnapa, joka nyt on  $1^\circ$  päässä Pohjantähdestä, lähenee sitä vielä päästen n. v. 2100  $1/2^\circ$  päähän, mutta alkaa sitten siirtyä kauemmaksi, kunnes se 12000 vuoden kuluttua on lähellä Vegaa.

Koordinaatteihin vaikuttaa prekessio siten, että leveys ei muutu, mutta pituus kasvaa tasaisesti  $50''$  vuodessa. Tämä on *prekessiovakio*. Kuun osuus siitä on  $34''$ , Auringon osuus  $16''$ . Rektaskensio  $\alpha$  ja deklinaatio  $\delta$  muuttuvat molemmat, mutta eivät tasaisesti (kts. siv. 151, 152 ja 157).

Nämä muutokset on siis otettava huomioon, kun havaintojen laskemiseksi haetaan tähtien koordinaatteja. Koordinaattiluetteloissa ja tähtikartoissa on sen tähden aina ilmoitettava *epookki*, se ajankohta, jolloin ilmoitetut koordinaatit ovat voimassa. Tässä kirjassa epookkina on yleensä 1950.0.

Maan todellinen kiertoaika kiintotähtiavaruuden suhteen, ns. *sideerin vuosi*, on 365.25636 keskiaurinkovuorokautta. Kun kevättasauspiste tulee

kiertoliikettä vastaan, on troopillinen vuosi, kiertoaika kevättasauspisteen suhteen, 20 minuuttia lyhempi, 365.24220 vrk. Vuodenaikojen vaihtelu riippuu siitä, milloin Aurinko tulee kevättasauspisteen kautta eteläiseltä pallonpuoliskolta pohjoiselle, ja koska juuri tämä ilmiö tuntuu käytännöllisessä elämässä, on troopillinen vuosi ajanlaskumme perustana.

Planeetat aiheuttavat myös pienen prekessioliön ekliptikan tasoon. Sen vaikutus koordinaatteihin on vähemmän kuin  $1''$ .

Aurinko aiheuttaa myös Kuun ratatasoon prekessioliikkeen. Siitä johtuu, että Kuun radan solmut, joissa Kuu menee ekliptikan poikki, kiertävät pitkin ekliptikkaa myötäpäivään kierroksen 18.6 vuodessa Kuun radan kaltevuuden  $5^{\circ} 9'$  pysyessä melkein muuttumattomana.

#### Nutaatio.

Prekessioliike ei ole aivan tasaista, kuten edellisessä luvussa väliaikaisesti esitettiin. Siihen kuuluu joukko pieniä lyhytjaksoisia heilahteluja, joita yhteisellä nimellä sanotaan nutaatioksi. Jos nimitämme keskinavaksi sitä kuviteltua pistettä, joka suorittaa yllä selitetyn tasaisen prekessioliikkeen, niin todellinen napa kiertää keskinavan ympäri. Kiertoliike on tarkkaan laskettuna hyvin monimutkainen, mutta pääosa on seuraavan tapainen. Liikkeen rata on ellipsi, jonka pitempi säde on  $9''$  ja suunnattu seisauspisteitä kohti ja lyhempi säde  $7''$  tasauspisteitä kohti. Todellinen napa sijaitsee tällä ellipsillä pisteessä, jonka rektaskensio on  $90^{\circ}$  suurempi kuin Kuun radan nousevan solmun pituus  $\varrho$ . Nutaatian pääosan jakso on siis sama kuin äsken mainittu Kuun solmun kiertoaika 18.6 vuotta. Muiden osien jaksot ovat lyhempiä, ja niiden vaikutus on yleensä alle  $1''$ .

Nutaatio vaikuttaa koordinaatteihin siten, että tähden pituus poikkeaa  $-17'' \cdot \sin \varrho$ , keskiarvostaan ja ekliptikan kaltevuus  $9'' \cdot \cos \varrho$  keskiarvostaan.

#### Aberraatio.

Kun havaitsija liikkuu verrattain suurella nopeudella tähtiavaruudessa ja kun valon nopeus on äärellinen, niin havaitsija näkee valon tulevan vähän vääristä suunnasta. Tämän virheen nimi on aberraatio. Kuviossa 43 O on kaukoputken objektiivinen, kun tähdestä T tuleva valo osuu siihen. Sinä aikana, kun valo ehtii havaitsijan silmään H, objektiivinen on jo siirtynyt pisteeseen O'. Havaitsija otaksuu silloin, että tähti on kaukoputken suunnassa HO' eli suunnassa T'. Tähti näyttää siis siirtyneen sitä pistettä A kohti, johon havaitsijan liike on suunnattu (apeksi). Jos havaitsijan ja valon nopeuksien suhde on k (aberraatiovakio), niin siirtymän suuruus on  $k \cdot \sin \psi$ , missä  $\psi$  = kulma AHT'.

Havaitsijalla on kolme tähden vaikuttavaa liikettä. Tärkein on vuotuinen liike Auringon ympäri, jossa nopeus on 30 km/sek ja apeksi ekliptikassa  $90^{\circ}$  Aurin-gosta länteen. Aberraatiovakio on 20.5, joten tämä ns. vuotuinen aberraatio on

otettava huomioon vähänkin tarkemmissa mittauksissa. Tähtien näennäinen paikka liikkuu todellisen paikan ympäri ellipsiä pitkin, jonka pitempi säde on 20.5 ja lyhempi säde riippuu tähden leveydestä:  $20.5 \cdot \sin \beta$ .

Maan pyörimisliike akselinsa ympäri aiheuttaa vuorokautisen aberraation. Koska se on korkeintaan  $0.3''$ , tulee se kysymykseen vain kaikkein tarkimmissa töissä. Apeksina on itäpiste.

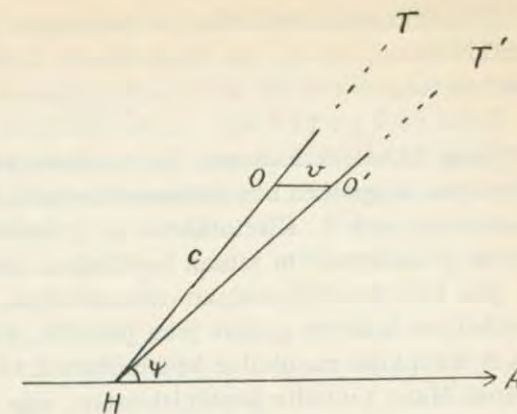
Aurinkokunnan liike tähtiavaruudessa (apeksi Herkuleen tähtikuviossa, nopeus n. 20 km/sek) aiheuttaa sekulaariaberraation. Koska sen vaikutuksesta tähti on aina saman verran virheellisessä paikassa, ei sitä oteta ollenkaan huomioon pallo-tähtitieteessä.

Aberraatioon liittyy sekin ilmiö, että sinä aikana, jonka valo on tarvinnut tulla tähdestä maahan, tähti itse on jo siirtynyt uuteen paikkaan. Kiintotähtien suhteen tämä aiheuttaa samantapaisen vakiovirheen kuin sekulaariaberraatio, eikä siitä sen enempää välitetä. Mutta planeettain ja pyrstötähtien radanmääräyksessä täytyy tämä aberraatioaika ottaa huomioon ja sitä varten ennen lopullista laskua on koetettava väliaikaisin laskuin saada selville tähden etäisyys Maasta.

#### Parallaksi.

Taivaanpalloa esiteltäessä oletettiin, että tähdet ovat äärettömän kaukana Maasta, niin että Maata ja koko aurinkokuntaa saattaa pitää pisteenä tähtien välimatkoihin verrattuna. Otamme nyt asian lähemmin puheeksi.

Vuotuinen parallaksi on Maan radan näkökulma kiintotähdestä katsottuna. Se tulee esille, jos samaa tähteä tarkastetaan kaksi kertaa puolen vuoden väliajoin. Koska havaitsija on välillä siirtynyt 300 miljoonaa kilometriä, niin tähden aseman toisen vielä kauempana olevan tähden suhteen pitäisi silloin olla muuttunut. Kiintotähdet ovat kuitenkin niin kaukana aurinkokunnasta, että vain kaikkein tarkimmilla koneilla saadaan muutamien lähimpien tähtien parallaksi määrättyä. Ensi kerran onnistui se v. 1838 BESSELille. Suurinkin tunnettu parallaksi on alle  $1''$ . Se etäisyys, jossa tähden parallaksi olisi juuri  $1''$ , on nimeltään *parsek*, suomeksi *tähtiväli*. Se on 3.26 valovuotta = 30.8 biljoonaa kilometriä.



Kuvio 43.

Aberraatio

Parallaksinmääräyksellä on perustava merkitys tähtijärjestelmän rakenteen tutkimisessa, mutta käytännöllisessä tähtitieteessä sen voi jättää huomioonottamatta.

Vuorokautinen parallaksi tarkoittaa maapallon säteen näkökulmaa tähdestä katsoen. Se tarvitsee ottaa huomioon vain aurinkokuntaan kuuluvia kappaleita havaittaessa, ja suurin se on Kuun suhteen (noin  $1^\circ$ ). Auringon parallaksi on  $8''.8$ . Kiertotähtien ja pyrstötähtien parallaksi tietenkin ovat muuttuvia ja keskimäärin samaa kertalukua kuin Auringon.

Jos koordinaatit otetaan efemerideistä, jotka ilmoittavat taivaankappaleen etukäteen lasketut paikat joka päivälle, niin täytyy muistaa, että nämä paikat ovat ikäänkuin maapallon keskipisteestä nähtyjä. Jos havaitsija kuvittelee siirtyvänsä Maan pinnalta keskipisteeseen, niin tähti näyttää siirtyvän ylöspäin. Siis havaittua korkeutta on aina suurennettava määrällä  $p \cdot \cos h$ , missä  $p$  on parallaksivakio. Harrastajan tarvinnee tämä kuitenkin ottaa huomioon vain Kuun korkeutta mitatessaan.

Sekulaariparallaksi johtuu siitä, että havaitsija ottaa osaa koko aurinkokunnan liikkeeseen kiintotähtien suhteen. Sen vaikutuksesta lähimmät kiintotähdet näyttävät jatkuvasti siirtyvän pois päin aurinkokunnan apeksista. Tätä liikettä on vaikea tarkasti erottaa kiintotähtien omista liikkeistä, ja se otetaan huomioon yhdessä ominaisliikkeen kanssa.

Ominaisliike muuttaa tähden koordinaatteja tasaisella nopeudella. Sitä varten tähtiluetteloissa ilmoitetaan ajankohta eli epookki, jolloin luettelon koordinaatit ovat voimassa, sekä ominaisliikkeen vuotuinen suuruus sekä rektaskensiossa että deklinaatiossa. Suurin ominaisliike, n.  $10''$  vuodessa, on Barnardin nuolitähdellä.

### *Refraktio.*

Tärkein reduktio (Kuun parallaksia lukuunottamatta), joka tähtihavainnoissa on aina tehtävä, on refraktio eli ilmakehän aiheuttama valon taittuminen. Kun valo tulee vinosti harvemmasta väliaineesta tiheämpään, se taittuu rajapinnassa vähän pinnan normaaliin päin. Kun ilmakehän tiheys kasvaa jatkuvasti alaspäin, on valon kulkutie ilmakehässä alaspäin kaartuva viiva. Alkuperäisen tulosuunnan ja havaitsijan näkemän tulosuunnan ero riippuu siten ilmakehän tilapäisestä kerrostumistavasta koko matkalla, mutta pääasiassa kuitenkin alimman kerroksen lämpötilasta ja ilmanpaineesta. Zenitistä tuleva valosäde ei taitu, mutta horisontista tuleva valo on taittunut noin  $37'$  ja horisontissa näkyvä (nou-seva tai laskeva) tähti on siis todellisuudessa näin paljon horisontin alapuolelle. Havaittuja korkeuksia on siis aina pienennettävä kokeellisesti laadittujen refraktiotaulujen avulla (katso siv. 153). Koska tällainen korjaus ei ole tarkka, täytyy karttaa korkeuskulmien mittaamista tähdistä, jotka ovat lähellä horisonttia. Edullisinta on havaita kaksi tähteä, jotka ovat yhtä korkealla vastak-

kaisilla puolilla taivasta, sillä silloin refraktion virhe häviää lopputuloksien keskiarvosta.

Sivulla 89 esitetään, miten refraktio otetaan huomioon tähden nousu- ja laske-kuajoja laskettaessa.

Parhaan käsityksen refraktion vaikutuksesta saa, kun tarkastelee täyskuuta, kun se on hyvin lähellä taivaanranta. Refraktio nostaa sen alareunaa, niin että Kuu näyttää litistyneen noin 20 %.



## 7. PALLOTÄHTITIEEELLISIÄ LASKUTEHTÄVIÄ.

### *Yleisiä laskuohjeita.*

Laskut on yleensä suoritettava vähintään samalla tarkkuudella, millä havainnotkin on tehty. Koska havainnot perustuvat joko kulmiin tai kellosta luettuihin aikoihin, on syytä painaa mieleensä seuraava vertailutaulukko:

Havaintotarkkuus	Laskutarkkuus
1° tai 4 aikaminuuttia	3 merkitsevää numeroa
1' tai 4 aikasekuntia	4 » »
3" tai 0,2 »	5—6 » »

Tämän tarkempia havaintoja harrastaja tuskin pystyy suorittamaan hyvilläkään koneilla, joten viisinumeroisilla logaritmitauluilla jo tulee toimeen, mutta kuusinumeroisiin olisi myös syytä tutustua. Jos sattuu olemaan käytettävissä laskukone, on hankittava 5- tai 6-numeroiset taulut, joista saadaan trigonometristen funktioiden todelliset arvot (ei logaritmit).

Laskuviivottimella saavutetaan 3 tai 4 merkitsevän numeron, graafisilla ratkaisuilla (geometrisilla piirustuksilla) 2 tai 3 numeron tarkkuus.

Logaritmitaulujen ja laskuviivottimen käyttämiseen ei tässä anneta lähempiä ohjeita. Logaritmitaulujen käyttöohjeet on yleensä taulujen johdantoluvussa ja laskuviivottimia varten on erityisiä opaskirjasia, jotka voi ostaa samalla kertaa kuin viivottimenkin. Laskuviivottimen tulee sisältää myös trigonometriset asteikot (systemit Rietz ja Darmstadt ovat sopivimmat).

Logaritminen lasku soveltuu parhaiten silloin, kun on suoritettava pelkkiä kerto- ja jakolaskuja sekä potenssiin korotuksia ja juurenottoja. Jos välillä esiintyy yhteen- tai vähennyslaskuja, on siirryttävä logaritmeista lukuihin ja takaisin. Tämän välttämiseksi olisi myös syytä perehtyä erityisiin yhteenlaskulogaritmihin, mutta tärkeimmät laskukaavat pannaan myös ns. apukulman avulla sellaiseen muotoon, että lasku käy vähän lyhyemmäksi. Koneella tai laskuviivottimella on edullisinta laskea ilman apukulmaa, koska niillä ei tarvitse karttaa yhteenlaskuja.

Itse laskujen suorittamisessa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin kohtiin. Ensiksi suunnitellaan laskujen suorittamisjärjestys ja laaditaan taulukon muotoinen laskupaperi, johon laskeminen käy kuin lomaketta täyttäen. Vasemmalle

kirjoitetaan laskukaavoista kaikki ne lausekkeet, joiden lukuarvot tai logaritmit tarvitaan. Jos lukuarvo seuraa, pannaan lausekkeen jälkeen yhtäläisyysmerkki =; jos logaritmi seuraa, pannaan kolme pistettä ...

Lausekkeet pannaan siihen järjestykseen, että yhteenlaskettavat suureet ovat yleensä alatusten. Laskun ei suinkaan tarvitse edetä rivi riviltä ylhäältä alas, vaikka se onkin yleisenä sääntönä. Sillä ainakin seuraava poikkeus tulee usein kysymykseen: samalle kulmalle tarvitaan ensin esim.  $\cos$  ja laskun myöhemässä vaiheessa tangentti. Kun trigonometriset taulut kerran avataan, haetaan saman kulman kaikki funktiot yhdellä kertaa lomakkeen eri kohtiin.

Koko lasku koetetaan mahdollistaa yhteen sarakkeeseen, sillä tavallisesti samantyyppisiä laskutehtäviä esiintyy useampia yhtä aikaa, jolloin ne lasketaan jokainen omaan sarakkeeseensa. Tällöin lasketaan yleensä kaikki sarakkeet yhtä aikaa, siis lasku etenee rivi riviltä.

On kirjoitettava selviä numeroita, tasaisin välein ja tarkasti alatusten. Rivit pannaan sen verran harvaan, että virheen sattuessa ainakin kerran voi kirjoittaa väliin korjatut luvut (virheellistä lukua ei tuhrita, vaan piirretään siisti viiva sen yli). Musteella tulee yleensä tehtyä siistimpää työtä ja mustenumerot rasittavat vähemmän silmiä kuin lyijykynällä tehdyt.

Tulokset tarkastetaan mieluummin erityisen tarkistuskaavan avulla tai laske-malla takaperin lopputuloksista lähtöarvoihin päin. Kahteen kertaan laskeminen ei ole niin varmaa, koska on osoittautunut, että sama virhe pyrkii toistumaan uudessakin laskussa.

Tavallisimmat laskuvirheet ovat kokemuksen mukaan seuraavat: lausekkeen etumerkki on väärä,  $\sin$  ja  $\cos$  tai tangentti ja cotangentti ovat vaihtuneet, interpolointi on mennyt väärään suuntaan. Kaksi edellistä aiheuttavat niin kärkeän virheen, että sen huomaa jo, jos viitsii päässä laskea tai arvioida lopputuloksen. Tätä tarkistuskeinoa ei sen takia pidä koskaan laiminlyödä.

Jos samanlaisia laskuja on useampia (esim. tehty useampia havaintoja), niin tulokset jossain määrin tarkistavat toisensa, sillä tuloksien erotukset ovat tavallisesti verrannolliset lähtöarvojen erotuksiin.

### *Aikajärjestelmien muunnoslaskut.*

Tärkein aikajärjestelmien muunnoslaskuista on virallisen ajan muuntaminen tähtiajaksi tai päinvastoin. Näiden aikojen käyntisuhde saadaan yhtälöstä:

366.24220 tähtivuorokautta = 365.24220 keskiaurinkovuorokautta,  
josta laskemme seuraavat tärkeät luvut:

tähtiaika edistää  $3^m 56^s 555$  keskiaurinkovuorokaudessa,  
keskiaika jää  $3^m 55^s 909$  tähtivuorokaudessa,

tahi lyhempiä aikavälejä varten:

tähtiaika edistää  $10 - \frac{1}{7}$  sek. keskiaikatunnissa,  
keskiaika jää  $10 - \frac{1}{6}$  sek. tähtiaikatunnissa.

Molemmat ajat ovat yhdessä syyspäiväntasauksen aikaan. Keskiauringot ovat syystasauspisteessä 21 päivänä syyskuuta (todellinen Aurinko ajantasauksen takia 23 päivänä), mutta tämä pitää paikkansa vain aikavyöhykkeen keski-meridiaanilla, Suomessa siis Lieksan kohdalla. Siitä länteen pitää lisätä yksi päivä pituusastetta kohti. Helsingissä ovat siis tähtiaika ja virallinen aika yhdessä syyskuun 26 päivänä.

Kun tästä päivästä lasketaan tähtiajan edistävän 4 minuuttia päivässä eli 2 tuntia kuukaudessa, niin päässä laskien saadaan tähtiajan ja virallisen ajan ero minä vuoden päivänä tahansa muutaman minuutin tarkkuudella.

Tähtikarttaamme liittyvistä peitepiirroksista näkyy tämä ero havainnollisesti, sillä jokaisen päivämäärän kohdalta voi tuntikulma-asteikosta lukea, paljonko tähtiaika on edellä virallisesta ajasta.

Tarkempia laskuja varten sivulla 145 on taulukko, josta saadaan tähtiaika puolen sekunnin tarkkuudella minä hetkenä tahansa vuoteen 1976 saakka. Vuosiluvun avulla haetaan taulukkosuure  $A$ , kuukauden avulla  $B$ , päivämäärän avulla  $C$  (laskemalla yhteen kymmeniä päiviä ja yksikköpäiviä vastaavat luvut), ja virallisen ajan  $K$  avulla  $D$  (interpoloimalla minuutteja vastaava luku ja lisäämällä se tunteja vastaavaan lukuun). Nämä ynnä virallinen aika  $K$  ja pituusaste  $\lambda - 2^h$  lasketaan lopuksi yhteen.

Jos tarvitaan vielä tarkempi tulos, on otettava huomioon nutaatio (kts. siv. 74), josta meidän taulumme sisältää vain päätermin keskiarvon kunakin vuonna. Tarkka tähtiaikataulukko on tähtitieteellisissä vuosikirjoissa yhtä vuotta varten kerrallaan.

Jos lasketaan yhteen pelkästään suureet  $A, B, C, D$  ja  $12^h$ , saadaan suure  $L = I$  keskiauringon pituus eli  $II$  keskiauringon rektaskensio, jota tarvitaan ajantasaustaulukossa (tarkasti laskiessa siihen pitäisi lisätä vielä aberratiovakio  $1^s 4$ ).

Käänteistehtävä, virallisen ajan laskeminen tähtiajasta, suoritetaan suurin piirtein samoilla suureilla päinvastaisessa järjestyksessä. Suure  $D$  jätetään ensin pois, jolloin saadaan virallisen ajan likiarvo  $K'$ . Sen avulla haetaan taulukko-suure  $E$ , joka vähennetään saadusta likiarvosta.

Otamme pari esimerkkiä.

1) Paljonko on tähtiaika Helsingissä ( $\lambda = 1^h 39^m 49^s 1$ ) 1946 syyskuun 26 päivänä klo  $22^h 45^m$ ?

1946	$A =$	$0^h 1^m 30^s 2$
Syysk.	$B =$	$22 32 26.2$
20 pv.	$C =$	$1 18 51.1$
6 9	+	$23 39.3$
$22^h$	$D =$	$3 36.8$
$45^m$	+	$7.4$
	$K =$	$22 45$
	$\lambda =$	$1 39 49.1$
	-	$2$
	$\Theta =$	$22^h 45^m 0^s 1$

2) Paljonko on virallinen aika, kun Sirius ( $\alpha = 6^h 42^m 52^s 1$ ) Turussa ( $\lambda = 1^h 29^m 6^s 3$ ) kulminoi 1948 tammikuun 7-päivän jälkeisenä yönä?

1948	$A =$	$0^h 3^m 32^s 5$
Karkausv. tammik.	$B =$	$6 30 26.7$
7 pv.	$C =$	$27 35.9$
	$\lambda =$	$1 29 6.3$
	-	$2$
Summa	$=$	$6^h 30^m 41^s 4$
$\Theta$	$=$	$6 42 52.1$
$K'$	$=$	$24 12 10.7$
$E$	$=$	$3 57.9$
$K$	$=$	$24 8 12.8$

Vastaus: Klo  $0^h 8^m 12^s 8$  tammik. 8 päivänä.

Todellisen aurinkoajan ja keskiaurinkoajan erotus on nimeltään *a j a n t a s a u s*. Sen laskeminen on monimutkaista, varsinkin kun siihen vaikuttavat Kuun ja planeettain häiriöt tuntuvasti. Suuret ulkolaiset laskutoimistot, Astronomisches Rechen-Institut Berliinissä, Nautical Almanac Office Greenwichissä jne. laskevat sen etukäteen ja julkaisevat vuosikirjoissaan.

Sivuilla 146—148 on taulukko, josta ajantasauksen arvo saadaan parin sekunnin tarkkuudella, nim. ilman mainittuja häiriöitä. Jotta samaa taulukkoa voitaisiin käyttää mukavasti joka vuosi, on argumenttina tavanmukaisen päivämäärän asemesta  $I$  keskiauringon pituus  $L$ , joka on siis ensin haettava tähtiaikataulukoiden avulla. Argumentin välitys on  $4^m$ , joka vastaa likipitään yhtä vuorokautta, niin että likiarvon ajantasaukselle saa taulukosta pelkän päivämäärän avulla. Taulukko on laskettu maanradan alkioista vuodelle 1950.0, ja arvojen hidas muuttuminen nähdään taulujen alaosasta.

Virallinen aika muutetaan paikalliseksi keskiaurinkoajaksi vähentämällä kaksi tuntia ja lisäämällä paikkakunnan pituusaste  $\lambda$  (it. Gr.).

Virallinen aika muutetaan taas suoraan todelliseksi aurinkoajaksi interpoloimalla ensin virallisen ajan avulla tähtiaikatauluista suure  $L$  (interpolointi tarvitaan tosin vain suureessa  $D$ ), sen avulla ajantasaustauluista suure  $z$ , ja lisäämällä  $z$  sekä pituusaste  $\lambda$  viralliseen aikaan ja vähentämällä kaksi tuntia. Kun edelleen lisätään tai vähennetään 12 tuntia, saadaan Auringon tuntikulma.

Päinvastainen tehtävä selvinnee parhaiten seuraavasta esimerkistä: Milloin kulminoi Aurinko Helsingissä 1946 joulukuun 20 päivänä? Helsingin pituusaste  $\lambda = 1^h 39^m 49^s$ .

Likimääräinen lasku: Ajantasaustaulusta  $z = + 3^m$ . Pituusaste  $- 2^h = - 20^m$ , yhteensä  $- 17^m$ . Todellinen aurinko aika on kulminaatiohetkellä 12, virallinen aika siis  $12^h 17^m$ .

Tarkka lasku:

Tähtiaikatauluista saadaan:

1946	$A =$	$0^h 1^m 30^s.2$
jouluk.	$B =$	$4 31 12.7$
20 pv.	$C =$	$1 18 51.1$
12 <sup>h</sup>	$D =$	$1 58.3$
17 <sup>m</sup>	$D =$	$2.8$
		+ 12
		$L = 17 53 35.1$

Ajantasaustaulusta saadaan:

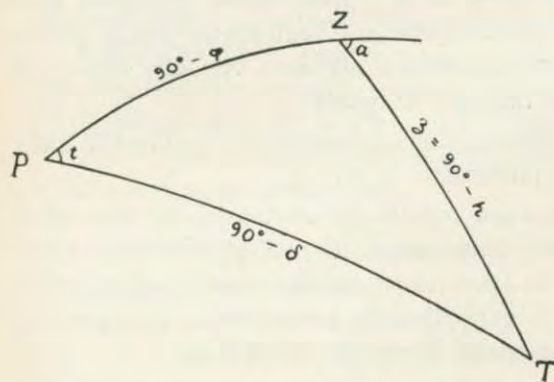
$L$	$z$	
$17^h 52^m$	$+ 2^m 48^s$	Muutos $- 31^s$
$17 56$	$+ 2 17$	
Interpolointi: $\frac{1^m 35^s}{4^m} 31^s = 12^s.4$		
$L = 17^h 53^m 35^s \dots z = + 2^m 35^s.6$		

Muutos 100 vuodessa  $+ 15^s$ , siis muutos vuodesta 1950.0 vuoteen 1947.0  $= - 0^s.4$ .

$$\begin{array}{r} z = + 2^m 35^s \\ \lambda - 2^h = - 20 11 \\ \hline - 17 36 \end{array}$$

Aurinko kulminoi siis kello 12<sup>h</sup> 17<sup>m</sup> 36<sup>s</sup> virallista aikaa.

#### Napakolmio.



K u v i o 44. Napakolmio

Taivaannapa P, zenit Z ja tähti T muodostavat taivaanpallolla kolmion (kuvio 44), jota sanotaan napakolmioksi. Sen sivuina ovat meridiaanikaari  $PZ = 90^\circ - \varphi$ , deklinaatioympyränkaari  $PT = 90^\circ - \delta$  ja vertikaaliympyrän kaari  $ZT = z = 90^\circ - h$ . Navalla oleva kulma on = tuntikulma  $t$ , zenitissä oleva kulma = atsimutin sivukulma  $180^\circ - a$  ja tähdessä oleva kulma on ns. parallaktinen kulma, jota emme kuitenkaan seuraavassa tarvitse.

Tämän napakolmion avulla ratkaistaan seuraava tehtävä: suureista  $\varphi$ ,  $\delta$ ,  $t$ ,  $h$  ja  $a$  tunnetaan kolme ja muut kaksi on laskettava. On siis kysymyksessä taval-

linen kolmion ratkaisu, joka suoritetaan siv. 60—61 esitetyillä pallotrigonometrian kaavoilla.

Deklinaatio  $\delta$  oletetaan yleisesti aina tunnetuksi. Tosin siihen tarvitaan valmistava lasku, koska deklinaatio hitaasti muuttuu myöhemmin puheeksi tulevien häiriöiden johdosta. Kaikille kirkkaimmille tähdille on tähtitieteellisissä vuosikirjoissa laskettu efemeridi, josta tähden näennäinen paikka saadaan joka kymmenes päivä (napatähdille ja kiertotähdille joka päivä). Tällöin tarvitaan vain interpolatio havaintohetkeen, mutta sellainen vuosikirja on hankittava joka vuosi erikseen. Rauhan aikana ilmestyi Saksassa useitakin harastajille tarkoitettuja halpoja vuosikirjoja. Jos hankkii kerta kaikkiaan tähtitieteen, saadaan siitä kaikkien näkyvien tähtien keskipaikka jonain määrättyä ajankohtana, e p o o k k i n a, esim. 1950.0 (vrt. taulukko 23 siv. 172). Havaintoihin ryhdyttäessä on suoritettava keskipaikan redukointi näennäiseksi paikaksi, ts. laskettava prekessio, nutaatio, aberratio, ominaisliike ja mahd. parallaksi.

Tuntikulma  $t$  saadaan, mikäli tähtiaika  $\theta$  havaintohetkellä tunnetaan, kaavasta

$$t = \theta - a,$$

missä rektaskensio  $a$  puolestaan vaatii samanlaisen valmistavan laskun kuin deklinaatio. Jos on kysymyksessä ajanmääräys tai pituusasteenmääräys, esiintyy  $t$  tuntemattomana napakolmion ratkaisussa.

Aurinkoa havaittaessa ei käytetä tähtiaikaa ja rektaskensiota, vaan virallista aikaa ja ajantasausta, kuten edellisessä luvussa selostettiin.

Leveysaste  $\varphi$  yleensä aina tunnetaan, ainakin likimäärin. Jos on kysymyksessä juuri leveysasteen määräys, on tavallisempaa johtaa erikoiset kaavat, joilla likimääräisen leveysasteen avulla lasketaan tarkempi arvo.

Korkeus  $h$  voidaan välittömästi mitata, joten se esiintyy aina tunnettuna suureena (valmistavaan laskuun kuuluu vain refraktion ja mahdollisten konevirheiden laskeminen, Kuuta havaitessa myös vuorokautinen parallaksi). Vain siinä tapauksessa korkeus on laskettava, kun ennen mittausta kaukoputken suuntaamiseksi haluaa likimääräisen arvon.

Atsimut  $a$  esiintyy tavallisimpana tuntemattomana. Teodoliitilla voidaan mitata atsimuterotuksia, jonka takia yhden mittauksen jälkeen atsimutia voidaan pitää seuraavissa mittauksissa tunnettuna. Käytännössä on tavallisesti sekä atsimut että kellonkorjaus aluksi tuntemattomia. Sen johdosta on suoritettava yhtäaikaa atsimutinmääräys ja ajanmääräys tekemällä kaksi eri mittausta. Laskutyössä esiintyy kaksi ratkaistavaa kolmiota, joissa on kummassakin vain kaksi tunnettua osaa ( $\varphi$  ja  $\delta$ ), mutta lisäksi tunnetaan tuntikulmien erotus ja atsimutien erotus. Ratkaisu tapahtuu koettelemalla lähenevien likiarvojen avulla.

Seuraavassa esitetään tärkeimmät erikoistapaukset, joita napakolmion ratkaisussa esiintyy käytännöllisten mittaustehtävien yhteydessä.

## Pallotähtitieteen perustehtävä.

Tunnetaan  $h$  ja  $a$  sekä  $\varphi$ , laskettava  $\delta$  ja  $t$ .

Peruskaavat (laskukonetta ja laskuviivotinta varten):

1.  $\sin \delta = \sin \varphi \sin h - \cos \varphi \cos h \cos a$
2.  $\cos \delta \cos t = \cos \varphi \sin h + \sin \varphi \cos h \cos a$
3.  $\cos \delta \sin t = \cos h \sin a$

Jos  $\delta$  on pieni, lasketaan se ensin kaavasta 1 ja sitten  $t$  joko sinin tai cosinin avulla sen mukaan, kumpi on (itseisarvoltaan) pienempi, ja jäljelle jäänyttä kaavaa käytetään tarkistukseen. Jos  $\delta$  on lähellä  $90^\circ$ , jaetaan 3. kaava 2. kaavalla, jolloin  $t$  saadaan tangentin avulla. Sitten lasketaan  $\delta$  2. tai 3. kaavan avulla sen mukaan, onko  $\cos t$  vai  $\sin t$  suurempi. Kaavaa 1. käytetään tarkistukseen.

Apukulmakaavat (logaritmilaskua varten):

$$\begin{cases} \operatorname{tg} N = \cot h \cos a \\ \operatorname{tg} t = \frac{\operatorname{tg} a \sin N}{\cos(\varphi - N)} \\ \operatorname{tg} \delta = \operatorname{tg}(\varphi - N) \cos t \end{cases}$$

Tarkistus:  $\cos \delta \sin t = \cos h \sin a$ .

Esimerkkinä laskemme yhden tehtävän molemmilla tavoilla.

Laskuesimerkki:

Konelasku:	sin	cos
$h = 43^\circ 12' 7$	0.68470	0.72883
$a = 306 \quad 8.2$	-0.80761	0.58971
$\varphi = 60 \quad 9.7$	0.86743	0.49755
$\cos h \cos a = 0.42980$	$\cos h \sin a = -0.58861$	
$\sin \varphi \sin h = 0.59393$	$\cos \varphi \sin h = 0.34067$	
II termi = -0.21385	= 0.37282	
$\sin \delta = 0.38008$	$\cos \delta \cos t = 0.71349$	
$\delta = 22^\circ 20' 3$	$\cos \delta = 0.92495$	
$t = 320^\circ 28' 7$	$\sin t = -0.63637$	
= $21^h 21^m 55^s$	$\cos t = 0.77138$	

Sama logaritmeilla:

	Tarkistus
$\cot h \dots 0.02713$	$\cos \delta \dots 9.96612$
$\cos a \dots 9.77064$	$\sin t \dots 9.80371n$
$\operatorname{tg} N \dots 9.79777$	$\dots 9.76983n$
$N = 32^\circ 7' 1$	$\cos h \dots 9.86262$
$\varphi - N = 28 \quad 2.6$	$\sin a \dots 9.90720n$
$\operatorname{tg} a \dots 0.13656n$	$\dots 9.76982n$
$\sin N \dots 9.72563$	

$\cos(\varphi - N) \dots$	9.94576
$\operatorname{tg} t \dots$	9.91643n
$\operatorname{tg}(\varphi - N) \dots$	9.72647
$\cos t \dots$	9.88727
$\operatorname{tg} \delta \dots$	9.61374
$\delta =$	$22^\circ 20' 3$
$t =$	$320 \quad 28.7$

## Atsimutinmääräys.

Perustehtävä tulee laskettavaksi useimmiten vastakkaiseen suuntaan: tunnetaan deklinaatio  $\delta$ , tuntikulma  $t$  sekä leveysaste  $\varphi$ , laskettava atsimut  $a$  ja korkeus  $h$ .

Peruskaavat (konelaskua varten):

1.  $\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos t$
2.  $\cos h \cos a = -\sin \delta \cos \varphi + \cos \delta \sin \varphi \cos t$
3.  $\cos h \sin a = \cos \delta \sin t$

Atsimutinmääräyksessä ei tavallisesti tarvita ollenkaan korkeutta  $h$ . Silloin lasketaan kaavalla:

$$\operatorname{tg} a = \frac{\cos \delta \sin t}{-\sin \delta \cos \varphi + \cos \delta \sin \varphi \cos t}$$

Apukulmakaavat (logaritmilaskua varten):

$$\begin{cases} \operatorname{tg} M = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\cos t} \\ \operatorname{tg} a = \frac{\operatorname{tg} t \cos M}{\sin(\varphi - M)} \\ \operatorname{tg} h = \cot(\varphi - M) \cos a \end{cases}$$

Pohjantähden atsimut lasketaan tavallisesti yhteenlaskulogaritmeilla kaavasta:

$$\operatorname{tg} a = \frac{-\cot \delta \sec \varphi \sin t}{1 - \cot \delta \operatorname{tg} \varphi \cos t}$$

$$\text{Esimerkki: } \begin{cases} \delta = 89^\circ 0' 5 \\ t = 243^\circ 15' \\ \varphi = 60^\circ 9' 7 \end{cases}$$

Kulma	Konelasku		Logaritmilasku	
	sin	cos	Apukulmakaava	Yhteenlasku log.
$\delta$	0.99985	0.01731	$\operatorname{tg} \delta \dots$	1.76171
$t$	-0.89298	-0.45010	$\cos t \dots$	9.65331n
$\varphi$	0.86743	0.49755	$\operatorname{tg} M \dots$	2.10840n
			$M =$	$90^\circ 26' 8$
			$\cot \delta \dots$	8.23829
			$\sin t \dots$	9.9508n
			$\cos \varphi \dots$	9.69684
			osoitt. $\dots$	8.49229n

$\cos \delta \cos t$	— 0.00779	$\varphi - M$	= — 30° 17' 1	got.	...	8.23829	
$\sin h$	0.86342	$\operatorname{tg} t$	...	0.29753	$\operatorname{tg} \varphi$	...	0.24140
$\cos h \cos a$	— 0.50423	$\cos M$	...	7.89159n	$\cos t$	...	9.65331n
$\cos h \sin a$	— 0.01546	$\sin (\varphi - M)$	...	9.70269n	$A$	...	8.13300n
$\operatorname{tg} a$	0.03066	$\operatorname{tg} a$	...	8.48643			
$a$	181° 45' 4	$a$	= 181° 45' 3	$B = \text{nimitt.}$	...	0.00586	
$\cos a$	— 0.99953	$\cot (\varphi - M)$	...	0.23359n	$\operatorname{tg} a$	...	8.48643
$\cos h$	+ 0.50447	$\cos a$	...	9.99980n	$a$	= 181° 45' 3	
$h$	59° 42' 2	$\operatorname{tg} h$	...	0.23339			
		$h$	= 59° 42' 2				

Ajanmääräys atsimutin avulla.

Tunnetaan  $\varphi$ ,  $\delta$ ,  $a$ , laskettava  $t$ .

$$\begin{cases} \operatorname{tg} M = \sin \varphi \operatorname{tg} a \\ \sin (M - t) = \cot \varphi \operatorname{tg} \delta \sin M \end{cases}$$

Koska tuntematon  $M - t$  saadaan sinin avulla, ei se tule tarkka, jos  $M - t$  on lähellä 90°. Mutta tämän vian huomaa jo havaitessa, sillä täht liikkuu silloin melkein pitkin vertikaalia, joten ohikulku pystylangan poikki on mahdoton havaita tarkasti. Parasta on havaita lähellä meridiaania.

Laskuesimerkki:  $\begin{cases} \varphi = 60^\circ 9' 7 \\ \delta = -22^\circ 28' 7 \\ a = 344^\circ 51' 5 \end{cases}$

$\sin \varphi$ ...	9.93824	$\cot \varphi$ ...	9.75860
$\operatorname{tg} a$ ...	9.43233n	$\operatorname{tg} \delta$ ...	9.61676n
$\operatorname{tg} M$ ...	9.37057n	$\sin M$ ...	9.35892n
$M$	= — 13° 12' 6	$\sin (M - t)$ ...	8.73428
$M - t$	= + 3 6' 5		
$t$	= — 16° 19' 1		
	= — 1 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> 4		
	= — 22 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> 6		

Ajanmääräys korkeuden avulla.

Tunnetaan  $\varphi$ ,  $\delta$ ,  $z = 90^\circ - h$ , laskettava  $t$ .

$$\operatorname{tg} \frac{t}{z} = \sqrt{\frac{\sin (S - \delta) \sin (S - \varphi)}{\cos S \cos (S - z)}}$$

Parasta havaita lähellä ensi vertikaalia ja niin korkealla, ettei refraktio ole epävarma.

Laskuesimerkki:  $\begin{cases} \varphi = 60^\circ 9' 7 \\ \delta = 22^\circ 20' 3 \\ z = 46^\circ 47' 3 \end{cases}$

$2 S$	= 129 17.3	$1 : \cos \dots$	— 9.631 68
$S$	= 64 38.6	$\sin \dots$	8.892 95
$S - \varphi$	= 4 28.9	$\sin \dots$	9.828 07
$S - \delta$	= 42 18.3	$1 : \cos \dots$	— 9.978 56
$S - z$	= 17 51.3		9.110 78

$\frac{t}{2}$ ...	9.555 39
$\frac{t}{2} =$	$\pm 19^\circ 45' 6$
$t =$	$\pm 39^\circ 31' 3$

Leveysaste korkeuden avulla.

Tunnetaan  $\delta$ ,  $t$  ja  $h$ , laskettava  $\varphi$ .

$$\begin{cases} \operatorname{tg} M = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\cos t} \\ \cos (\varphi - M) = \frac{\sin h \sin M}{\sin \delta} \end{cases}$$

Edullisinta havaita lähellä meridiaania.

Laskuesimerkki:  $\begin{cases} \delta = + 12^\circ 16' 0 \\ t = 8^\circ 31' 5 \\ h = 41^\circ 41' 4 \end{cases}$

$\operatorname{tg} \delta$ ...	9.337 31	$\sin h$ ...	9.822 89
$\cos t$ ...	9.995 17	$\sin M$ ...	9.331 89
$\operatorname{tg} M$ ...	9.342 14	$\sin \delta$ ...	9.327 28
$M$	= 12° 24' 0	$\cos (\varphi - M)$ ...	9.827 50
$\varphi - M$	= 47 45.8		
$\varphi$	= 60° 09' 8		

Näin lähellä meridiaania voidaan laskea toisen kaavan avulla, joka antaa saman tarkkuuden kolminumeroisilla logaritmeilla tai laskuviivottimella ja jota on mukava käyttää, jos samasta tähdestä tehdään useampia havaintoja:

$$\varphi = 90^\circ + \delta - h - \frac{\cos \varphi \cos \delta}{\sin (\varphi - \delta)} - 2 \varrho \sin^2 \frac{1}{2} t$$

$$2 \varrho = 412 530'' = 6 875' 5 + \left[ \frac{(\cos \varphi \cos \delta)}{\sin (\varphi - \delta)} \right]^2 \cot (\varphi - \delta) \cdot 2 \varrho \sin^4 \frac{1}{2} t$$

Sama laskuesimerkki laskuviivottimella:

$$\begin{aligned} \varphi' = 90^\circ + \delta - h = 60^\circ 34' 6 \\ \text{I korjaus} &= 25.0 \\ \text{II} &= + 0.1 \\ \varphi &= 60^\circ 9' 7 \end{aligned} \quad \begin{aligned} \cos \varphi &= 0.498 & \sin^{21/2} t &= 0.005 52 \\ \cos \delta &= 0.978 & 2\varrho \cdot \psi &= 38' 0 \\ \sin(\varphi - \delta) &= 0.742 & 2\varrho \cdot \psi^2 &= 0.2 \\ [\varrho] &= 0.657 \\ [\varrho]^2 &= 0.43 \\ \cot(\varphi - \delta) &= 0.90 \end{aligned}$$

Toinen laskuesimerkki:  $\begin{cases} \delta = 89^\circ 0' 5 \\ t = 243^\circ 15 \\ h = 59^\circ 42' 2 \end{cases}$

$$\begin{aligned} \text{tg } \delta \dots & 1.761 71 & \sin h \dots & 9.936 22 \\ \cos t \dots & 9.653 311 & \sin M \dots & 9.999 99 \\ \text{tg } M \dots & 2.108 401 & \sin \delta \dots & 9.999 93 \\ M &= 90^\circ 26' 8 & \cos(\varphi - M) \dots & 9.936 28 \\ \varphi - M &= -30^\circ 17.0 \\ \varphi &= 60^\circ 9' 8 \end{aligned}$$

Pohjantähden korkeudesta lasketaan leveys mieluummin seuraavalla sarjakehitelmällä ( $p = 90^\circ - \delta$ ):

$$\varphi = h - p \cos t + \frac{1}{2} \frac{p^2}{\varrho} \text{tg } \varphi \sin^2 t + \frac{p^3}{6 \varrho^2} (1 + 3 \text{tg}^2 \varphi) \sin^2 t \cos t$$

Edellinen laskuesimerkki laskuviivottimella:

$$\begin{aligned} p &= 59' 5 & \frac{p^2}{2\varrho} &= 0' 51 & \frac{p^3}{6\varrho^2} &= 0' 003 \\ -p \cos t &= 26' 8 & \text{tg } \varphi &= 1.74 \\ h - p \cos t &= 60^\circ 9' 0 & \sin^2 t &= 0.80 \\ \text{I korj} &= + 0.7 \\ \varphi &= 60^\circ 9' 7 \end{aligned}$$

Leveysaste atsimutin avulla.

Tunnetaan  $\delta$ ,  $t$  ja  $a$ , laskettava  $\varphi$ . Kaavat:

$$\begin{cases} \text{tg } M = \frac{\text{tg } \delta}{\cos t} \\ \sin(\varphi - M) = \cot a \text{tg } t \cos M \end{cases}$$

Edullisinta havaita lähellä I vertikaalia, mutta ei lähellä zenitiä.

Laskuesimerkki:  $\begin{cases} \delta = 22^\circ 20' 3 \\ t = 320^\circ 28' 7 \\ a = 306^\circ 8' 2 \end{cases}$

$$\begin{aligned} \text{tg } \delta \dots & 9.613 74 & \cot a \dots & 9.863 441 \\ \cos t \dots & 9.887 27 & \text{tg } t \dots & 9.916 431 \\ \text{tg } M \dots & 9.726 47 & \cos M \dots & 9.945 76 \\ M &= 28^\circ 2' 6 & \sin(\varphi - M) \dots & 9.725 63 \\ \varphi - M &= 32^\circ 7' 1 \\ \varphi &= 60^\circ 9' 7 \end{aligned}$$

Tähden nousu ja lasku.

Ensin ei oteta refraktiota huomioon. Silloin on nousu- ja laskuhetkellä  $h = 0$ . Jos tunnetaan leveysaste  $\varphi$  ja tähden deklinaatio  $\delta$ , voidaan tuntikulma  $t^\circ$  ja atsimut  $a^\circ$  laskea kaavoilla:

$$\begin{cases} \cos t^\circ = -\text{tg } \varphi \text{tg } \delta \\ \cos a^\circ = -\frac{\sin \delta}{\cos \varphi} \end{cases}$$

Tarkistus:  $\sin a^\circ = \sin t^\circ \cos \delta$

Refraktion vaikutuksesta tähti näkyy horisontissa, kun se todellisuudessa on  $36'$  sen alla. Vaikutus nousu- tai laskuhetkeen on:

$$\tau = \frac{2^m 4}{\sin a^\circ \cos \varphi}$$

Jos on kysymyksessä Auringon tai Kuun yläreunan nousu- tai laskuhetki, tulee viimeisen kaavan tilalle:

$$\tau = \frac{3^m 4}{\sin a^\circ \cos \varphi}$$

E s i m. Milloin nousee Aurinko (yläreuna) juhannuksena Helsingissä?

$$\begin{cases} \varphi = 60^\circ 10' \\ \lambda = 1^h 39^m 18 \end{cases} \quad \begin{cases} \delta = + 23^\circ 25' \\ z = - 2^m 2 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{tg } \varphi \dots & 0.2415 & \sin \delta \dots & 9.5992 & \sin t^\circ \dots & 9.816511 \\ \text{tg } \delta \dots & 9.6366 & \cos \varphi \dots & 9.6968 & \cos \delta \dots & 9.7627 \\ \cos t^\circ \dots & 9.87811 & \cos a^\circ \dots & 9.90241 & \sin a^\circ \dots & 9.779211 \\ t^\circ &= 139^\circ 3' & a^\circ &= - 143^\circ 1' & \sin a^\circ \cos \varphi \dots & 9.476111 \\ &= - 9^h 16^m 2 & \sin a^\circ &= 9.77931 & 3.4 \dots & 0.5315 \\ \tau &= - 11.4 & & & \tau \dots & 1.055411 \\ t &= - 9^h 27^m 6 & & & & \end{aligned}$$

Aurinko on meridiaanissa klo  $12^h 2^m 2$  paikallista keskiäikää

Pituusastekorjaus  $+ 20.2$   
 $12 22.4$  virallista aikaa  
 $t = 9 27.6$  \* \* \*  
 Aurinko nousee klo  $2^h 54^m 8$  \* \* \*

*Ensi vertikaalin ohikulku.*

Eräät mittausten menetelmät edellyttävät, että tähti havaitaan suoraan idässä tai lännessä. Tämä hetki ja tähden korkeus on laskettava etukäteen, kun tunnetaan leveysaste  $\varphi$  ja deklinaatio  $\delta$ . Koska atsimut  $a = \pm 90^\circ$ , saadaan:

$$\begin{cases} \cos t = \operatorname{tg} \delta \cot \varphi \\ \sin h = \frac{\sin \delta}{\sin \varphi} \end{cases}$$

Tarkistus:  $\pm \cos h = \cos \delta \sin t$ .

Esim. Milloin Aurinko juhannusaamuna on suoraan idässä Helsingistä nähtynä ja kuinka korkealla?

$\operatorname{tg} \delta \dots 9.6366$	$\sin \delta \dots 9.5992$	$\cos \delta \dots 9.9627$
$\cot \varphi \dots 9.7585$	$\sin \varphi \dots 9.9383$	$\sin t \dots 9.9862n$
$\cos t \dots 9.3951$	$\sin h \dots 9.6609$	$\cos h \dots 9.9489$
$t \dots -75^\circ 37'$	$h = 27^\circ 16'$	
$= -5^h 2^m 5$	$\cos h \dots 9.9488$	Vast. klo $7^h 20^m$

*Napatähden suurin digressio.*

Jos tarkkaa paikallisaikaa ei tunneta radiosignaalien tai pituusasteen puutteessa, atsimutin määräys tehdään Pohjantähdestä tai muusta lähellä napaa olevasta tähdestä silloin, kun se on »suurimmassa digressiossa». Tämä tarkoittaa hetkeä, jolloin atsimutilla on suurin tai pienin mahdollinen arvonsa. Tähti liikkuu pystysuoraan suuntaan ja sivulla 82 mainittu parallaktinen kulma on suora. Siitä saadaan laskukaavat. Etukäteen lasketaan likimäärin havaintohetki tuntikulman kautta:

$$\cos t = \operatorname{tg} \varphi \cot \delta,$$

ja laskettuna aikana seurataan tähden liikettä. Kaukoputken pystylanka pysäytetään kuitenkin äärimmäiseen asentoon, jossa tähti käy. Tämän suunnan atsimut saadaan kaavasta:

$$\sin a = \pm \frac{\cos \delta}{\cos \varphi}$$

*Toinen napakolmio.*

Siirtyminen ekvatoriaalikoordinaateista ekliptikaalisiin tai päinvastoin tapahtuu ratkaisemalla toinen napakolmio, jonka kärkinä ovat ekvaattorin napa  $P$ , ekliptikan napa  $Q$  ja tähti  $T$ . Kolmion sivut ja kulmat ovat:

$$\begin{aligned} PQ &= \varepsilon = 23^\circ 27' & P &= 90^\circ + a \text{ tai } 270^\circ - a \\ PT &= 90^\circ - \delta & Q &= 90^\circ - \lambda \text{ tai } \lambda - 90^\circ \\ QT &= 90^\circ - \beta \end{aligned}$$

Otamme vain yhden sovellutuksen, jonka avulla voimme laskea monissa tehtävissä tarpeellisen Auringon deklinaation. Muistamme, että Auringon  $\beta = 0$  ja  $\lambda$  kasvaa noin asteen päivässä. Jos lisäksi muistamme seuraavat päivämäärät:

Kevätpäiväntasaus	21. 3 ... $\lambda = 0$
Kesäpäivänseisaus	21. 6 ... $\lambda = 90^\circ$
Syyspäiväntasaus	23. 9 ... $\lambda = 180^\circ$
Talvipäivänseisaus	22. 12 ... $\lambda = 270^\circ$

niin voimme päässä laskea asteen tarkkuudella Auringon pituuden minä päivänä tahansa. Sen avulla saadaan Auringon deklinaatio kaavasta:

$$\sin \delta = \sin \varepsilon \cdot \sin \lambda$$

Esim. vappu (1. 5.) on 41 päivää jälkeen kevätpäiväntasauksen. Auringon deklinaatio on siis vappuna:

$$\begin{aligned} \sin \delta &= \sin 23^\circ 27' \sin 41^\circ \\ &= 0.398 \cdot 0.656 = 0.261. \\ \delta &= +15^\circ 1. \end{aligned}$$

Tarkemman arvon voimme laskea tähtiaika- ja ajantasaustaulukkojen avulla. Edellisestä saadaan keskiauringon rektaskensio, jälkimmäisellä se muutetaan todellisen Auringon rektaskensioksi, ja lopuksi lasketaan deklinaatio kaavalla:

$$\operatorname{tg} \delta = \operatorname{tg} \varepsilon \sin a.$$

Esim. 1. 5. 1946 klo 12 Suomen virallista aikaa:

1946	$A = 0^h 1^m 30^s.2$	
toukok.	$B = 14 27 29.9$	
1. pnä	$C = 3 56.6$	
klo 12	$D = 1 58.3$	
	$= -12$	
	$L = 2 34 55.0$	
	$z = -2 53$	
	aberraatio = + 1	
	$a = 2^h 32^m 3^s$	
	$a = 38^\circ 0' 45''$	$\sin a \dots 9.78946$
	$\varepsilon = 23 26 46$	$\operatorname{tg} \varepsilon \dots 9.63718$
	$\delta = 14^\circ 57.2$	$\operatorname{tg} \delta \dots 9.42664$

## 8. PALLOTÄHTITIEEELLISIÄ MITTAUSTEHTÄVIÄ.

### *Atsimutin määräys.*

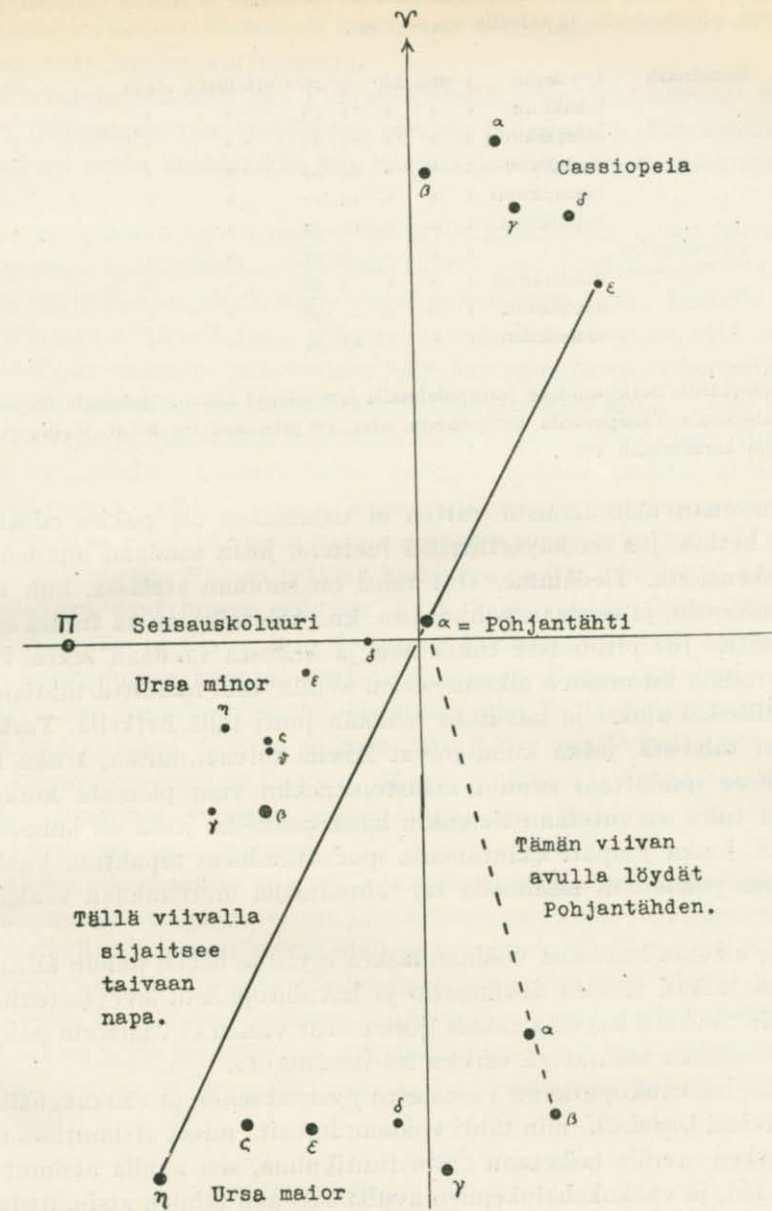
Käytännössä tavallisin pallo­tähtitieteellinen mittaustehtävä on atsimutin­määräys. Tykistössä käytetyt nimitykset tähtimittaus ja aurinkomittaus tarkoittavatkin yksinomaan atsimutin­määräystä. Sen tarkoituksena on maastoon merkityn (esim. kahden kiintopisteen välisen) suoran suunnan määrääminen todelliseen pohjois-eteläsuuntaan nähden, mikä edellyttää kulmanmittauskojeen (teodoliitin) käyttämistä. Mutta yksinkertaisemmilla välineillä työskenneltäessä päämääräksi asetetaan meridiaanimerkin eli miirin kiinnittäminen maastoon havaintopaikasta suoraan pohjoiseen tai etelään. Usein tyydytään vertaamaan tähtitieteellisesti määrättyä atsimutia kompassilla, bussolilla tai suuntakehällä saatuun, jolloin ero, kompassin deklinaatio eli neulaluvunkorjaus merkitsee kompassisuuntien vakiokorjausta havaintopaikalla ja melko laajalla alueella sen ympäristössäkin.

Atsimutin­määräys perustuu siihen, että taivaannapa on suoraan pohjoisessa, Suomesta katsottuna kylläkin epämukavan korkealla. Taivaannapa on helppo löytää Pohjantähden avulla, josta se on nykyisin melko tarkkaan yhden asteen eli kahden täysikuun leveyden päässä, tähteä Benetnash eli  $\eta$  Ursae maioris kohti ja tähdestä  $\epsilon$  Cassiopeiae poispäin. Edellinen on Otavan »hännän huippu», jälkimmäinen tähti taas Cassiopeian W-kirjaimen muotoisen kuvion ensimmäinen tähti vasemmalla ylhäällä, (kuvio 45).

Näiden tietojen avulla on helppo arvioida taivaannapan paikka silmämitalla­kin hyvin suurella tarkkuudella. Seuraavalla järjestelyllä saadaan havainto niin tarkaksi kuin ilman kaukoputkea ylipäänsä on mahdollista.

Valkoiseen ompelulankaan kiinnitetty luoti ripustetaan 4—5 m korkeaan telineeseen, katonräystäääseen tms. kiinteään pisteeseen. Havaintaja asettuu luodin eteläpuolelle parin metrin päähän ja valaisee lankaa taskulampulla. Toinen silmä ummessa toinen hakee sellaisen paikan, että taivaannapa on juuri langan takana, jolloin langan takaa voidaan valita myös sopiva maastopiste pohjois­suunnan pysyväksi merkiksi.

Havainto tehdään joko kello 1<sup>h</sup>46<sup>m</sup> tähtiaikaa, jolloin Benetnash kulkee langan takaa, tai kello 13<sup>h</sup>51<sup>m</sup>, jolloin  $\epsilon$  Cassiopeiae on pohjoisessa. Nämä hetket



Kuvio 45.

lasketaan likimäärin tähtiaikataulukon avulla, joka on sivulla 145, mutta varsinainen havainto tehdään tietenkin juuri sillä sekunnilla, jolloin Pohjantähti ja apitähti yhtäikaa ovat langan takana. Sivutuloksena voidaan saada siis samalla ajanmääräys, kuten seuraavassa luvussa selitetään.



Esimerkkinä likimääräisistä havaintohetkistä esitämme seuraavan taulukon, joka on laskettu Helsingin pituusasteelle ja talvelle 1949—1950:

Benetnash	syyskuun	1 pnä klo	3 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup>	virallista	aikaa
	lokakuun	1 » »	1 28	»	»
	marraskuun	1 » »	23 22	»	»
	joulukuun	1 » »	21 24	»	»
	tammikuun	1 » »	19 22	»	»
	helmikuun	1 » »	17 20	»	»
e Cassiopeiae	»	1 » »	5 28	»	»
	maaliskuun	1 » »	3 38	»	»
	huhtikuun	1 » »	1 36	»	»
	toukokuun	1 » »	23 34	»	»

Muile päivämäärille hetki saadaan interpoloimalla (4<sup>m</sup> päivää kohti). Helsingin itäpuolella tämä hetki on aikaisemmin, länsipuolella myöhemmin, nim. 4<sup>m</sup> pituusastetta kohti. Muina vuosina taulukon virhe on korkeintaan 2<sup>m</sup>.

Pohjoissuunnan määräämistä varten ei tietenkään ole pakko odottaa yllämainittuja hetkiä, jos on käytettävissä luettelo, josta saadaan muidenkin tähtien rektaskensioita. Tiedämme, että tähti on suoraan etelässä, kun tähtiaika on = rektaskensio, ja suoraan pohjoisessa, kun tähtiaika on 12 tuntia enemmän tai vähemmän. Jos pituusaste tunnetaan ja kellosta saadaan oikea virallinen aika esim. radion tai muiden aikamerkkien avulla, niin mainittu tähtiaika muutetaan viralliseksi ajaksi ja havainto tehdään juuri tällä hetkellä. Tarkin tulos saavutetaan tähdistä, jotka kulminoivat lähellä taivaanrantaa, koska luotilangalla tarvitsee »pudottaa» suunta maastomerkkiin vain pienestä korkeudesta.

Tarkempi tulos saavutetaan tietenkin kaukoputkella, jossa on hiusristikko ja vaaka-akseli, jonka ympäri kääntämällä »pudottaminen» tapahtuu. Vaaka-akselin kaltevuus poistetaan tasaimella tai tähtäämällä luotilankaan vaakasuoraan ja vinosti.

Sivulla 84 olevilla kaavoilla voidaan laskea myös se hetki, jolloin tähti on ensi vertikaalissa, mikäli tähden deklinaatio ja havaintopaikan leveysastekin tunnetaan. Tällöin voidaan käyttää tähtiä, jotka ovat vähän ekvaattorin pohjoispuolella. Näin saadaan määrättyä tarkka itä-länsisuunta.

Ja vihdoin, jos kaukoputki on varustettu pystyakselilla ja vaakakehällä, ts. jos on käytettävissä *teodoliitti*, niin tähti voidaan havaita missä atsimutissa tahansa. Havaintohetken avulla lasketaan ensin tuntikulma, sen avulla atsimut (laskukaavat siv. 86), ja vaakakehälukemien avulla saadaan tähden atsimutista minkä maastopisteen atsimut tahansa.

Atsimutinmääräyksen virhelähteistä ovat pahimmat vaaka-akselin kaltevuus ja havaintoajan virhe. Edellisen vaikutus on pienin lähellä horisonttia, jälkimmäisen pienin lähellä napaa olevia tähtiä havaittaessa; varsinkin jos napatähti havaitaan suurimmassa digressiossa (kts. siv. 90). Vaaka-akselin kaltevuuden vaikutus saadaan helposti poistetuksi, jos kojeessa on hyvä akselitasain ja teh-

dään kaksi havaintoa kojeen eri asennoissa, joiden välillä akselin päät vaihtavat paikkaa. Kummassakin koneen asennossa havaitaan ensin tähti tasaimen kupla keskellä ja sitten miiri kuplaa korjaamatta.

Paras atsimuthavainto saadaan siis Pohjantähdestä. Sen rektaskensio saadaan sivulta 172, deklinaatio taas sivulla 173 olevista taulukoista. Päivämäärän avulla interpoloidaan ensin keskipaikka ko. vuonna ja sitten aberratiokorjaus ko. kuukautena.

Atsimutinmääräys tehdään hyvin mielellään myös Auringosta, koska päivänvalolla on mukavampi työskennellä. Okulaari täytyy nyt varustaa pimennyslasilla ja parasta on panna objektiivinkin eteen pahvihattu, jonka keskellä on noin 3 cm läpimittainen aukko. Toinen, ehkä mukavampikin keino on, että okulaarin takana pidellään valkeata pahvipalaa, jolle Auringon kuva tarkennetaan tarkkapiirteiseksi ja okulaaria siirtämällä myös lankaristikon kuva. Tasaimen kupla saatetaan keskelle ja hienoliikuntaruuvilla viedään pystylanka ensin Auringon etureunaan, määrätään kosketushetki kellosta (pitäisi päästä ainakin  $\frac{1}{2}$  sekunnin tarkkuuteen) eikä liikuteta kaukoputkea enää vaakasuunnassa. Parin minuutin kuluttua ehtii Auringon takareuna samaan pystylankaan, ja nyt määrätään sen ohikulkuhetki. Näiden hetkien keskiarvo osoittaa Auringon keskipisteen ohikulkuhetkeä pystylangan suhteen. Vaakakehä voidaan lukea tämän väliajan aikana. Aamulla ja illalla, kun Auringon korkeus muuttuu nopeasti, täytyy tietenkin kaukoputkea kääntää korkeussuunnassa. Kuten mainittu, saadaankin paras tulos, kun Aurinko on mahdollisimman alhaalla, koska silloin tasaimen virhe vaikuttaa vähiten. Tämän jälkeen tähdätään miiriin tai valittuun maanpäälliseen kiintopisteeseen ja luetaan jälleen vaakakehä. Sitten tehdään uudelleen samat havainnot toisessa koneen asennossa. Saadaan siis kaksi havaintosarjaa, jotka lasketaan erikseen.

Laskutyö tapahtuu aikaisemmin esitetyillä tavoilla: keskipisteen ohikulkuhetken virallinen aika muutetaan pituusasteen ja ajantasauksen avulla Auringon tuntikulmaksi kuten sivulla 81, ja tuntikulma edelleen leveysasteen ja Auringon deklinaation avulla atsimutiksi. Deklinaation laskeminen on esitetty sivulla 84, atsimutin laskeminen sivulla 85. Mitatun kulman avulla saadaan sitten miirin atsimut.

Tässä yhteydessä on syytä huomauttaa, että ajantasaus ja Auringon deklinaatio saadaan Valtiokalenterista vähemmällä vaivalla kuin tämän kirjan »ikuisesta» taulukosta laskemalla.

#### Ajanmääräys.

Tähtitieteellinen ajanmääräys tarkoittaa Auringon tai tähden tuntikulman määräämistä, ja kun ajantasaus tai tähden rektaskensio tunnetaan, saadaan keskiaurinkoaika tai tähtiaika, mutta joka tapauksessa vain paikallinen aika. Jos halutaan virallinen aika, on tunnettava lisäksi pituusaste, mutta muihin tähtitieteellisiin mittauksiin, esim. atsimutinmääräykseen riittää paikallinen aika.

Radiolla saadaan aikasignaaleista suoraan virallinen aika. Jos tehdään sekä tähtitieteellinen ajanmääräys että kellon vertaus radiosignaaleihin, saadaan pituusasteen määräys.

Tarkka tähtitieteellinen ajanmääräys vaatii hyviä mittauskoneita, jonka takia seuraavassa voidaan käsitellä vain likimääräisiä menetelmiä, joilla pääsee korkeintaan muutaman aikasekunnin tarkkuuteen.

Ensinnäkin jokaisen tähtitieteen harrastajan täytyy osata laskea päässä tähti-taivaan asennon perusteella, paljonko kello likimäärin on. Ehkä helpoin muistisääntö on seuraava: Vega eli  $\alpha$  Lyrae on suoraan pohjoisessa uudenvuoden yönä kello 0 pituusasteella  $29^\circ$  (linjalla Kuusamo—Suomussalmi—Nurmes—Savonlinna—Vuoksenniska), sen jälkeen joka kuukauden alussa 2 tuntia aikaisemmin ja tästä linjasta länteen joka pituusastetta kohti 4 minuuttia myöhemmin. Jos siis esim. lokakuun puolivälissä arvioi, että Vegan tuntikulma on  $4^h$ , niin lasketaan seuraavasti: Vega on pohjoisessa klo 5 (koska uudenvuodenyöhön on aikaa jäljellä  $2\frac{1}{2}$  kuukautta) ja nyt on kello  $8^h$  vähemmän, siis 21. Jos havainto on tehty Hangossa (pituusaste  $23^\circ$ ), niin on kello vielä  $24^m$  vailla. Menetelmän teoreettinen virhe on korkeintaan  $3^m$ , ja tuntikulman arvioimisen virhe tottuneella havaitsijalla korkeintaan  $15^m$ .

Tuntikulman voi arvioida tarkimmin juuri silloin, kun tähti on pohjoisessa taivaannavan alla. Vegan asemesta voi käyttää mitä tähteä tahansa, jos muistaa vain rektaskensiot. Lähtökohtana on silloin se päivämäärä, jolloin tähti aika ja virallinen aika eroavat tasan 12 tuntia (Helsingin pituusasteella maalisk. 27), koska tällöin virallinen aika on sama kuin sen tähden rektanskensio, joka on suoraan pohjoisessa.

Pohjoissuunnan tarkka määräys edellyttää atsimutinmääräystä, ja siihen sopii sama luotilankakeino Benetnashin tai tähden  $\epsilon$  Cassiopeiae avulla, joka selostettiin edellisessä luvussa. Sen avulla pohjoissuunta merkitään pysyvästi luotilangan ripustuspisteen ja kaukaisen miirin välityksellä maastoon, jolloin ei tarvitse odottaa joka kerta ajanmääräystä tehtäessä Pohjantähden kulminaatia. Havaitaan vain sellaisen aikatähden alakulminaatiohetki, jonka rektanskensio on tiedossa. Luotilankaa käyttäen pitäisi saada muutamien sekuntien tarkkuus.

Erään muunnelman tästä keinosta on prof. YRJÖ VÄISÄLÄ esittänyt (Tiede ja elämä, 13 vihko, tai MELANDERIN muistojulkaisu). Maastoon merkittyä meridiaanin suuntaa ei tarvita, vaan havaitaan se hetki, jolloin aikatähti ja Pohjantähti ovat yhtä aikaa luotilangan takana. Koska tämä ei yleensä tapahdu tarkoin meridiaanissa erikoistapauksia Benetnash ja  $\epsilon$  Cassiopeiae lukuunottamatta, tarvitaan pieni laskutyö, jonka helpottamiseksi näissä VÄISÄLÄN julkaisemissa kirjoituksissa on valmiit taulukot.

Harrastajille erikoisen sopivana harjoitustyönä suosittelemme seuraavaa ajanmääräyskeinoa, jossa luotilangan asemesta käytetään tähden katoamista rakennuksen nurkan taa. Kiinteä havaintopaikka merkitään esim. akkunanpuitteeseen, josta muutamien kymmenien metrien päässä sijaitsee sopiva kor-

kean rakennuksen nurkka, tehtaanpiippu tai tukeva lipputanko. Tähtien katoaminen tällaisen esteen taa, kun silmä on juuri merkin kohdalla, voidaan havaita muutaman sekunnin tarkkuudella. Jos yhtenäkin iltana kellon korjaus tunnetaan radiosignaalien avulla, voidaan se laskea tähtihavainnon perusteella minä muuna iltana tahansa. Sillä katoamishetki siirtyy aikaisemmaksi seuraavan taulukon mukaan:

	$3^m 57^s$	1	vuorokaudessa
$1^h 58$	17	30	»
	2	59	366

Vaikka radiosta saakin kellon korjauksen joka päivä, on silti jännittävää tutkia omaa havaintotarkkuuttaan tällä keinolla. Jos rakennuksen nurkka on tarkoin pystysuora, voidaan tällä keinolla havaita useampiakin tähtiä, ja kun katoamishetkien erot muutetaan tähtiajaksi, saadaan tähtien rektaskensioerot. Jatkamalla havaintoja ympäri vuoden saadaan sarja tähtiä eri puolilta taivasta. Etelässä tulevat kysymykseen tähdet, joiden deklinaatio on  $-20^\circ$  lähellä, pohjoisessa  $+40^\circ$  lähellä, muissa ilmansuunnissa tällä välillä olevat tähdet.

Jos ajanmääräys tehdään Auringosta, jää tähtiajan muuttaminen viralliseksi ajaksi pois, mutta sensijaan on laskettava ajantasaus. Havaintovälineetkin on suunniteltava toisenlaiset. Koska Auringon deklinaatio vaihtelee, ei korkean rakennuksen nurkkaa voi käyttää, ellei se sijaitse tarkalleen meridiaanissa. Luotilankakeino ei kelpaa ollenkaan, koska Aurinkoa ei voi katsoa paljain silmin ja lanka ei näy pimennyslasin läpi. Hyvin tarkkoja aurinkohavaintoja voi suorittaa huoneessa, jonka sisään auringonvalo pääsee vain noin 3—4 mm läpimittaisesta reiästä. Jos varjostin, jolle Auringon kuva lankee, voidaan sijoittaa muutaman metrin päähän reijästä, niin ajanmääräys voidaan suorittaa parin sekunnin tarkkuudella. Likimääräisenä keinona on vanhastaan tunnettu aurinkokello. Se on edullisinta sommitella seuraavasti. Puikko, jonka varjo toimii viisarina, on suunnattava taivaan napaan. Tuntiasteikko piirretään sylinterirenkaan sisäpinnalle ja rengas kiinnitetään ekvaattorin suuntaiseksi, keskipiste tarkoin puikon kohdalla. Aurinkokello näyttää todellista aurinkoaikaa, josta on siis vähennettävä ajantasaus.

Jos on käytettävissä hiusristikolla varustettu kaukoputki, voidaan ajanmääräys suorittaa noin puolen sekunnin tarkkuudella. Tällöin on tähtien koordinaatit tunnettava vastaavalla tarkkuudella, mikä edellyttää tähtitieteellisten vuosikirjojen käyttämistä tai pitkällisiä reduktiolaskuja.

Tarkimmat havainnot suoritetaan joko meridiaanissa tai Pohjantähden vertikaalissa. Molemmat keinot edellyttävät, että varsinaisen aikatähden tai aikatähtien lisäksi havaitaan myös Pohjantähti tai muu lähellä napaa oleva tähti, joten ajanmääräykseen kytkeytyy aina myös atsimutinmääräys. Jos kojeessa on tarkka vaakakehä kuten teodoliitissa, voidaan sekä aikatähti että napatähti havaita myös muissa vertikaalitasoissa, ja siten sama tähti useampaan kertaan.

Vaaka-akselin kaltevuusvirheen välttämiseksi täytyy kojeessa olla hyvä tasain ja sitäpaitsi toinen puoli havainnoista tehdä niin, että vaaka-akselin päät vaihtavat paikkaa. Laskutyöt ovat mutkalliset. Kellon korjaukselle arvioidaan ensin likiarvo, jonka avulla lasketaan napatähden tuntikulma ja atsimut. Siitä saadaan aikatahden atsimut, jolla lasketaan aikatahden tuntikulma ja kellon korjauksen parannettu arvo. Sen avulla suoritetaan koko lasku uudelleen.

Ajanmääräys voidaan suorittaa myös korkeushavainnon avulla. Silloin pitää tähden olla lähellä ensi vertikaalia, ja havaitaan tähden ohikulku vaakasuoran hiuslangan poikki. Koska Suomen leveysasteilla tämä ohikulku tapahtuu verrattain loivaan suuntaan ja koska refraktion määräys on aina epätarkkaa, täytyy käyttää niin korkealla olevia tähtiä kuin mahdollista, siis sellaisia tähtiä, joiden deklinaatio on vain vähän pienempi kuin havaintopaikan leveysaste. Kojessa täytyy olla hyvä pystykehä tai sitten on havaittava sama tähti yhtä korkealla sekä idässä että lännessä, mitä varten tarvitaan hyvä tasain vaaka-akselia vastaan kohtisuorassa tasossa.

#### *Leveysasteen määräys.*

Tiedämme, että havaintopaikan leveysaste on sama kuin taivaannavan korkeus. Kun taivaannava on I<sup>o</sup> Pohjantähdestä Benetnash-tähteen päin, voidaan sen avulla aina leveysaste mitata melko tarkasti ilman mitään koordinaattiluetteloja.

Tarkempi tulos saavutetaan kulmanmittauskojeella, kun tähdätään Pohjantähteen, määrätään sen tuntikulma kellon ja rektaskension avulla, sekä lasketaan korkeuskulmasta  $h$  leveysaste kaavoilla, jotka annettiin sivulla 87.

Pohjantähdellä on oikeastaan vain se etu, että kun se liikkuu hitaasti, ei aikaa tarvitse tuntea kovin tarkkaan. Mutta tämä etu on kaikilla tähdillä silloin, kun ne kulkevat meridiaanin poikki. Jos tähti havaitaan juuri meridiaanissa, minkä ilman kelloakin voi todeta siitä, että se liikkuu vaakasuoraan suuntaan, saavutetaan samalla se etu, että trigonometrisia laskuja ei tarvita. Zenitetäisyys vain mitataan ja korjataan refraktiolla, tähden näennäinen deklinaatio haetaan vuosikirjasta tai lasketaan reduktiokaavoilla, ja leveysaste saadaan jollakin seuraavista kaavoista:

$$\begin{aligned} \text{Tähti zenitin eteläpuolella} & \quad \varphi = \delta + z \\ \text{» zenitin ja navan välissä:} & \quad \varphi = \delta - z \\ \text{» navan pohjoispuolella} & \quad \varphi = 180^\circ - \delta - z \end{aligned}$$

Refraktion virheen eliminoimiseksi havaitaan kaksi tähteä jokseenkin yhtä korkealla, toinen pohjoisessa (esim. Pohjantähti) ja toinen etelässä. Kun leveysaste suunnilleen tunnetaan, voidaan sopiva tähtipari valita etukäteen.

Tarkin mittaus suoritetaan HORREBOW-TALCOTTIN keinolla, jossa valitaan laajan

tähtiluettelon perusteella tällainen tähtipari niin tarkoin, että ne kulminoivat näkökentässä kaukoputken ollessa tarkalleen samassa korkeudessa sekä pohjois- että etelätähteä havaittaessa. Silloin ei tarvita pystykehää lainkaan, vaan kaltevuus tarkistetaan erikoisella tasaimella, joka voidaan asettaa mielivaltaiseen kaltevuuteen kaukoputken suhteen. Sitäpaitsi tarvitaan kaukoputkessa lankatai rengasmikrometri jäljelle jääneen korkeuseron mittaamista varten.

#### *Paikanmääräys merellä.*

Merellä voidaan käyttää vain käsivarassa pidettäviä kulmanmittauskoneita, joista tarkin on sekstantti. Sillä mitataan kahden pisteen välinen kulma, ja kun käytännössä toiseksi pisteeksi otetaan mieluummin meren ja taivaan rajaviiva jonkin taivaankappaleen kohdalla, saadaan mitatuksi sen korkeus. Mittaukseen tehdään ensinnäkin seuraavat korjaukset:

- 1) Jos havaitsijan korkeus meren pinnasta on  $k$  metriä, niin mitattua korkeutta pienennetään määrällä  $1'.78 \cdot \sqrt{k}$ .
- 2) Refraktion takia vähennetään mitattua korkeutta  $h$  edelleen määrällä  $1' \cdot \cot h$ .
- 3) Jos on havaittu Auringon tai Kuun alareuna, lisätään tulokseen säteen näkökulma (noin  $16'$ , tarkka arvo saadaan vuosikirjoista).
- 4) Jos on havaittu Kuuta, lisätään sen parallaksi  $\phi \cdot \cos h$  ( $\phi$  saadaan vuosikirjoista, se vaihtelee  $61'$  ja  $54'$  välillä).

Leveysasteen määräystä varten taivaankappale havaitaan juuri meridiaanissa, kuten edellisessä luvussa selitettiin. Pituusasteenmääräystä varten taivaankappale havaitaan mahdollisimman lähellä ensi vertikaalia, ja lasketaan tuntikulma sivulla 50 esitetyillä kaavoilla.

Yöllä havaitaan siis toinen tähti meridiaanissa ja toinen ensi vertikaalissa. Päivällä voidaan käyttää Aurinkoa ja Kuuta ensimmäisen ja viimeisen neljänneksen aikana, mutta muuna aikana on havaittava Aurinko keskipäivällä leveysastetta varten ja aamulla tai illalla pituusastetta varten. Kun laiva kulkee väliajan, on merkintälaskun avulla molemmat havainnot palautettava samaan pisteeseen. Tähän riittää kaavat ( $s$  kuljettu matka,  $a$  atsimut pohjoisesta lukien):

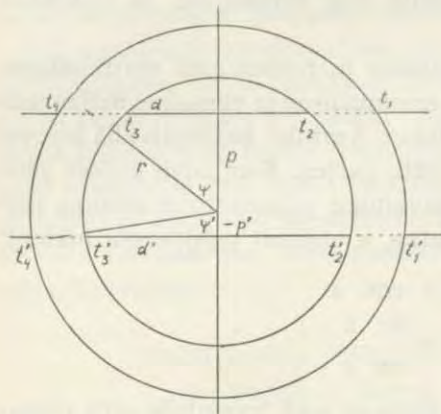
$$\begin{aligned} \text{leveyden muutos} & \quad s \cos a \\ \text{pituuden muutos} & \quad s \frac{\sin a}{\cos \varphi} \end{aligned}$$

Käytännössä tunnetaan aina jonkinlainen likiarvo sekä leveydelle että pituudelle, koska koko matkan ajan pidetään kirjaa kulkunopeudesta ja -suunnasta. Merivirtojen, kompassihäiriöiden ym. sellaisen takia nämä likiarvot tarkistetaan sekstanttihavainnoilla. Jos havainto tehdään meridiaanissa, saadaan tietää leveyspiiri, jolla laiva sijaitsee, jos ensi vertikaalissa, saadaan pituuspiiri. Mutta muutkin havainnot antavat kartalle vinon viivan, asemaviivan, jolla laiva sijait-

see. Lähtien likimääräisestä leveysasteesta, likimääräisen pituusasteen avulla saadusta tuntikulmasta ja taivaankappaleen deklinaatiosta lasketaan siv. 85 esitetyillä menettelytavoilla taivaankappaleen korkeus ja atsimut. Likimääräinen piste merkitään kartalle ja siitä saatuun atsimutiin kulkeva suora. Tästä erotetaan matka, joka vastaa havaitun ja lasketun korkeuden eroa ( $1'$  vastaa yhtä meripeninkulmaa = 1,85 km) niin että jos havaittu korkeus on suurempi, matka piirretään taivaankappaleeseen päin. Saadun pisteen kautta piirretty kohtisuora edellistä viivaa vastaan on haettu asemaviiva. Jos havaitaan useampia taivaankappaleita eri puolilta taivasta, saadaan asemapaikka asemaviivojen leikkauspisteinä, ja samalla käsitys havaintojen tarkkuudesta, sillä asemaviivojenhan täytyisi kulkea saman pisteen kautta. Kulkevalla laivalla täytyy kutakin asemaviivaa siirtää laivan liikkeen mukaan, jos eri havaintojen välillä on kulu- nut runsaammin aikaa.

#### Tähtien koordinaattien määrittäminen.

Kaikkien kiintotähtien koordinaatit, joita harrastaja saattaa tarvita, ja suurempien kiertotähtienkin koordinaatit on jo moneen kertaan määrätty, ja ne ovat saatavissa tähtiluetteloista tai efemerideistä. Vain pikkuplaneettain, pyrstötähtien, meteorien ja joskus uusien tähtien suhteen koordinaattien määritys saattaa tulla kysymykseen. Se tapahtuu suhteellisen paikanmääräyksen avulla lähimpään kiintotähtien koordinaateista. Suhteellista paikanmääräystä tarvitaan myös kaksoistähtitutkimuksissa. Tarkin keino on valokuvaus, koska levyltä on helppo mitata koordinaattieroja mikroskoopin avulla. Harrastaja



Kuvio 46.

käyttää tähän työhön mikrometrejä, joista rengasmikrometri on kaikkein yksinkertaisin (kts. siv. 28). Kaukoputken polttotasoon on kiinnitetty ympyränmuotoinen metallirengas. Kahden tähden annetaan kulkea renkaan halki kaukoputken ollessa liikkumatta. Kun kirjoitetaan muistiin kummankin tähden molemmat peittymis- ja esiintulohetket, saadaan 8 kellonlukemaa, jotka on merkitty kuvioon 46 kirjaimella  $t$ .

Ensimmäinen tehtävä on määrätä kertakaikkiaan mikrometrin vakio  $r$ , joka tarkoittaa renkaan molempien reunojen säteiden keskiarvoa. Sitä varten havai-

taan tähtipari, jonka deklinaatiot tunnetaan ja joka on mahdollisimman lähellä ekvaattoria. Deklinaatioiden eron täytyy olla vähän pienemmän kuin  $r$  ja toinen tähti pannaan kulkemaan keskeltä rengasta. Laskukaavat:

$$\begin{aligned} d &= \frac{15}{4} (t_1 + t_3 - t_2 - t_4) \cos \delta \\ d' &= \frac{15}{4} (t'_1 + t'_3 - t'_2 - t'_4) \cos \delta' \\ p - p' &= \frac{\delta - \delta'}{\delta + \delta'} \\ p + p' &= \frac{(d - d')(d + d')}{\delta - \delta'} \\ \operatorname{tg} \psi &= \frac{d}{p} \\ \operatorname{tg} \psi' &= \frac{d'}{p'} \\ r &= \frac{d}{\sin \psi} = \frac{d'}{\sin \psi'} \end{aligned}$$

Kun  $r$  tunnetaan, voidaan ryhtyä koordinaattierojen määrittämiseen. Sen tähden läheltä, jonka koordinaatit on määrättävä, valitaan tunnettu tähti, niin että deklinaatioero on pienempi kuin  $2r$ . Havainnot suoritetaan samoin kuin yllä, mutta ainakin toisen tähden täytyy kulkea mahdollisimman kaukana renkaan keskipisteen ohi. Laskutyöt: ensin lasketaan  $d$  ja  $d'$  samoin kuin yllä, ja sen jälkeen:

$$\begin{aligned} \sin \psi &= \frac{d}{r} \\ \sin \psi' &= \frac{d'}{r} \\ a' - a &= \frac{1}{4} (t'_1 + t'_3 + t'_2 + t'_4 - t_1 - t_3 - t_2 - t_4) \\ \delta' - \delta &= d' \cot \psi' - d \cot \psi. \end{aligned}$$

Rengasmikrometriä ei voi käyttää, jos tähtipari on lähellä napaa, sillä liike on siellä niin hidasta, ettei ohikulkuhetkiä voi määrätä tarkasti, ja sitä paitsi liikkeen rata on vahvasti kaareva, jota yllä olevien kaavojen johdossa ei ole otettu huomioon.

Renkaan asemesta voidaan käyttää vinoristiä. Sen suunnan määrittämiseksi täytyy käyttää kahta vertaustähteä, mutta muuten laskukaavat olisivat yksinkertaisemmat.

Muuten mitä kaukoputkea tahansa voi käyttää rengasmikrometrinä, jos sen näkökenttä on vain tarkoin pyöreä. Hetket  $t_1$  ja  $t_4$  jäävät silloin pois (laskukaavoissa nimittäjän 4 tilalle tulee 2) ja hetkien  $t_2$  määrittäminen on aluksi vaikeampaa. Etummaisen tähden tulo näkökenttään voidaan järjestää helpoksi suuntaamalla kaukoputki vain hieman tähden eteen, ja se hetki, jolloin jälkimmäistä tähteä voi ruveta odottamaan, määrätään ensin likimääräisesti koesarjan avulla. Tarkkuuden lisäämiseksi tehdään varsinaisia mittaussarjoja sitten useampia.

Tätä keinoa käyttäen voi harrastaja suorittaa hyvin mielenkiintoisia havaintosarjoja esim. kiertotähtien liikkeistä kiintotähtien suhteen.

## 9. MUUTTUVAT TÄHDET.

Kautta aikojen ovat taivaalla näkyvistä ihmeistä *muuttuvat tähdet* muodostaneet oman aivan erikoisen kiinnostavan ilmiöryhmän. Nykyaikaisilla menetelmillä onkin voitu todeta, että muuttuvia tähtiä on taivaalla erittäin runsaasti. Paljain silmin näkyvistä tähdistä on n. 3 % muuttuvia.

Mikäli muuttuva tähti ei ole niin kirkas, että sillä on ollut nimi ennestään (Algol, Mira,  $\epsilon$  Aurigae jne.) annetaan sille nimeksi joku aakkosten suurikirjain tai kirjainpari. Tähdistön kirkkain muuttuva tähti saa nimekseen kirjaimen R, sitten S, T, U, V, W, X, Y ja Z. Tämän jälkeen tulevat kirjainparit RR, RS, RT jne. RZ:aan asti. Sitten SS, ST, . . . ja TT, TU jne. ZZ:n jälkeen tulee AA, AB, . . . AZ, sitten BB, BC jne. Viimeinen merkintä tällä tavoin on QZ. Näin pitkälle ei kuitenkaan missään tähdistössä ole nimetty muuttujia. Huomattava on, ettei kirjainpareissa milloinkaan aakkosten myöhempi kirjain esiinny aikaisemman edessä.

Tuskin missään ilmiöluokassa taivaalla on olemassa niin paljon välimuotoja, siirtymäasteita ja eroavaisuuksia kuin muuttujissa. Niiden valonvaihtelun jakso vaihtelee kolmesta tunnista useihin vuosiin ja itse valonvaihtelun laajuus muutamasta suuruusluokan sadasosasta yhdeksään suuruusluokkaan asti siten, että välillä tavataan kaikki siirtymäasteet. Paitsi valovoimakkuuden vaihtelu herättää muuttujissa myös niitten väri- ja kirjoluokka erikoista mielenkiintoa.

Ominaisuuksiensa perusteella voidaan muuttuvat tähdet jakaa luokkiin. Ensimmäisen luokan muodostavat *uudet tähdet*. On hyvin ymmärrettävissä, että jokainen taivaalle ilmestyvä uusi tähti herättää aina vilkasta huomiota. Oikeastaan ei voida puhua sananmukaisesti uudesta tähdestä, vaan sellaisesta tähdestä, joka aikaisemmin on ollut himmeä ja leimahtaa sitten yht'äkkiä kirkkaaksi tähdeksi. Tällaisia nova-tähtiä havaitaan nykyisin keskimäärin 16 10-vuodessa.

Toisen luokan muodostavat *lyhytjaksoiset muuttujat*, joiden valonvaihtelu tapahtuu hyvin säännöllisesti. Taulukossa 31 C (siv. 189) on lueteltu tämän ryhmän tärkeimmät tähdet. Siellä ne on jaoteltu useaan eri alatyyppeihin. Ne eroavat toisistaan pääasiassa valovoimakkuuden muuttumisen luonteen perusteella.

*Pitkäjaksoisten muuttujien* luokka on suurin. Se käsittää yli neljäosan kaikista muuttujista (taulukko 31 D siv. 190). Niitten jakso on enim-

mäkseen 200 ja 400 vuorokauden välillä. Tunnetuin niistä on Mira-tähti, jonka mukaan niitä usein kutsutaankin. Mira-tähtien valonvoimakkuuden vaihtelu on paljon suurempi kuin edellisen luokan tähtien. Yleisemmin se on 5—6 suuruusluokkaa.

Neljänteen luokkaan olemme yhdistäneet kaikki ne muuttujat, joiden valonvaihtelu on epäsäännöllinen tai tuntematon (taulukko 31 E siv. 192). Nämäkin tähdet voidaan jakaa useampaan alatyyppeihin. Useille tämän ryhmän tähdille on ominaista, että niitten valovoimakkuus voi pysyä pitkiäkin aikoja suhteellisen muuttumattomana ja silloin tällöin joko kirkastua tai himmentyä joksikin aikaa. Vaikkakin näiden tähden asti mainittujen muuttujien vaihteluun väri- ja kirjoitustutkimus on tuonut paljon lisäselvitystä, niin ei niiden vaihtelujen fysikaalisia perusteita ole vielä toistaiseksi voitu selvittää.

Viidennen luokan muuttujien selvitys on sen sijaan päässyt pitemmälle. Tämän luokan muodostavat *pimennysmuuttujat*. Niissä on ainakin kaksi tähteä, jotka kiertävät toinen toisiaan. Kun himmeämpi peittää kirkkaamman, niin havaitaan valovoimakkuuden minimi. Pimennysmuuttujia on jo löydetty yli tuhat ja ne jakaantuvat tasaisesti yli koko taivaan. Kuuluisin niistä on Perseuksen tähdistön Algol. Sen jakso on n.  $2^{vrk} 21^h$ . Taulukossa 32 (siv. 194) on esitetty laskuperusteet Algolin pimennyksien laskuille aina vuoteen 1953 asti. Jos tähdet ovat hyvin lähellä toisiaan, niin niitten muoto muuttuu soikeaksi ja ne kääntävät aina saman puolen toisiaan vastaan. Tämän perusteella onkin pimennysmuuttujat jaettu kahteen alaluokkaan. Ensimmäiseen alaluokkaan kuuluvat pallomaiset tähdet, joita juuri Algol edustaa (taulukko 31 A siv. 187). Toiseen kuuluvat taas soikeat tähdet, joiden tyyppitähtenä on  $\beta$  Lyrae (taulukko 31 B siv. 188).

Tuskin mikään toinen tähtitieteen ala tarjoaa puutteellisin välinein varustetulle harrastajalle niin runsaasti mielenkiintoista ja tieteellisesti arvokasta askartelua kuin muuttuvien tähtien havaitseminen. Niitten havaitsemisessa käytetään melkein yksinomaan *Argelanderin porraskeloa*. Sillä saavutetaan suhteellisen suuri tarkkuus ja tullaan toimeen yksinkertaisin välinein. Välineitä ei välttämättä tarvita lainkaan. Jos havainnot tehdään ilman minkäänlaista kiikaria tai kaukoputkea, niin voidaan päästä vain 5. suuruusluokkaan. Tavallisen teatterikiikarin avulla päästään 8. suuruusluokkaan. Käytettäessä kaukoputkea, jonka objektiivin halkaisija on 8 cm, päästään 10.5 suuruusluokkaan. Halkaisijan ollessa 16 cm päästään 12. suuruusluokkaan. Parasta olisi hankkia muuttuvien tähtien havaitsemista varten parallaktisesti asetettu kaukoputki, jossa olisi lukemispyyrät. Niiden avulla tapahtuisi tähtien etsiminen nopeammin ja mukavammin. Kuitenkin olisi aina käytettävä vain niin suurta suurennusta kuin kulloinkin on tarpeen. Tähdessä kirkkaimmillaan voitaisiin havainnot tehdä paljaalla silmällä, sitten välillä teatterikiikarilla ja vasta tähden himmentyttyä kaukoputkella.

Kun sopiva muuttuva tähti on valittu, niin on ensimmäinen työ hankkia sen

ympäristöstä tähtikartta. Kirjallisuudessa onkin tällaisia karttoja valmiina ole-massa. Mainitsen tässä yhteydessä vain HAGENIN »Atlas stellarum variabilium», jossa niitä on runsaasti. Jos sellaista ei sattuisi olemaan, niin olisi se valmistettava millimetripaperille tähtiluettelon avulla. Muuttuva tähti merkittäisiin keskelle ja muut sitten sen ympärille. Tällöin olisi huomattava, että tähtitieteellinen kaukoputki kääntää kuvan ylösalaisin. Mittakaavassa voisi 1 cm vastata 10':n deklinaatioerotusta.

Vertailutähtien valintaan on kiinnitettävä erikoista huomiota. Useille muuttu-ville tähdille on vertailutähdet valittu jo aikaisemmin ja ne on saatavissa kirjalli-suudesta. Vasta-alkavan on syytä aluksi turvautua niihin. Kuitenkin on myöhem-min pyrittävä myös itse valitsemaan vertailutähtiä. Niitten valinnassa on otet-tava huomioon seuraavat näkökohdat:

1. vertailutähden on oltava muuttuvan tähden lähellä,
2. vertailutähtiä on valittava koko muuttumisasteikolta ja on erään niistä oltava kirkkaampi kuin muuttuva tähti kirkkaimmillaan ja erään vastaavasti himmeämpi kuin muuttuva tähti himmeimmillään,
3. vertailutähtien suuruusluokkien välit on oltava puolta suuruusluokkaa pie-nemmät ja
4. värieroavaisuuksia muuttuvan tähden ja vertailutähden välillä on vältet-tävä.

Muuttuvaa tähteä havaittaessa haetaan vertailutähtien joukosta tähti, jonka suuruusluokka eroaa mahdollisimman vähän muuttuvan tähden hetkellisestä suuruusluokasta. Muuttuva tähti asetetaan ensin näkökentän keskelle ja siirry-tään sitten nopeasti vertailutähteen, joka vuorostaan saatetaan näkökentän keskelle. Näin siirrytään tähdestä toiseen ja takaisin kunnes on syntynyt varma käsitys niitten kirkkauserosta. Muuttuvan tähden  $v$  ja vertailutähden  $a$  kirkkaus-eroa arvostellaan seuraavan porrasteikon mukaan:

- $a 0 v$ : tähdet näyttävät yhtä kirkkailta tai toisinaan toinen ja sitten taas toinen kirkkaammalta.
- $a 1 v$ : vertailutähti näyttää useimmiten hiukan kirkkaammalta.
- $a 2 v$ : suuruusero havaitaan tarkasti katsoen varmuudella.
- $a 3 v$ : kirkkausero huomataan jo ensimmäisellä silmäyksellä.
- $a 4 v$ : huomattavampi ero kirkkauksissa.

Neljännän ja varsinkin sitä suurempien portaitten arvostelu on epävarmaa ja näin ollen tulee niitä käyttää vasta kun kokemusta on kertynyt runsaammin.

Muuttuva tähti pyritään vertailussa saamaan kahden vertailutähden väliin. Esim. merkintä  $a 3 v 1 b$  tarkoittaa, että vertailutähti  $a$  on 3 porrasta kirk-kaampi kuin muuttuva tähti  $v$ , joka puolestaan on 1 portaan toista vertailu-tähteä  $b$ :tä kirkkaampi. Edelleen voidaan laskea, että  $a$ :n ja  $b$ :n välillä on  $3 + 1 = 4$  porrasta.

Olettakaamme lisäksi, että  $a = 2.61$  ja  $b = 3.09$  lausuttuna suuruusluokissa. Silloin on vertailutähtien kirkkausero 0.48 suuruusluokkaa. Nyt on yhden por-

taan arvo  $0.48 : 4 = 0.12$  suuruusluokkaa. Useimmiten tehdään pitempi havainto-sarja ennen laskemista ja näin ollen saadaan tiettyjen vertailutähtien välillä olevalle portaalle useampia arvoja. Lopuksi otetaan kaikkien arvojen keskiarvo, jota sitten käytetään laskuissa. Tällöin on paras laskea muuttuvan tähden suuruusluokka lähtien sitä suuruusluokkansa puolesta lähinnä olevasta tähdestä. Näin ollen saadaan

$$v = 3.09 - 0.12 = 2.97 \approx 3.0.$$

Tulos on paras pyöristää suuruusluokan kymmenesosiin, sillä jo tottuneenkin havainnontekijän keskivirhe on n. 0.1 suuruusluokkaa. Käyttämällä toisia ver-tailutähtiä saadaan yleensä jonkinverran poikkeava arvo muuttuvalle tähdelle. Kokeneempi havainnontekijä voi silloin laskea näiden kaikkien keskiarvon anta-malla kuitenkin luotettavimmille arvoille suuremman painon. Painojen määrää-minen vaatii jo verrattain runsasta kokeneisuutta luonnonopillisten havaintojen teossa.

Kun pitempi havaintosarja on valmiiksi laskettu esitetään se havainnollisen kuvan saamiseksi graafisesti. Tällöin käytetään aikaa abskissana ja muuttuvan tähden suuruusluokkaa ordinaattana. Piirretystä kuvaajasta voidaan päätellä, milloin tähti oli kirkkaimmillaan ja milloin himmeimmillään. Myös mahdollisen jakson pituus saadaan siitä selville.

Edellä kuvatun ARGELANDERIN porrasmenetelmän harjoittelu on parasta alkaa sellaisella muuttuvalla tähdellä, jonka keskimääräinen suuruusluokka on 4—7 ja jonka vaihtelu on suuri (4—6 suuruusluokkaa) ja säännöllinen. Useissa tapauk-sissa on koko vaihtelun seuraaminen ilman kaukoputkea mahdotonta. Silloin voi harjoittelussa hyvin tyytyä tähden seuraamiseen vain sen ollessa teatterikiikari-havainnoille tarpeeksi kirkas. Itse asiassa on jo näilläkin havainnoilla tieteellistä merkitystä mikäli ne on tehty hyvin ja huolellisesti.

Havaintoja tehtäessä on merkittävä muistiin kellon aika minuutin tarkkuu-della ja kaikki muutkin havaintojen myöhempään arvosteluun mahdollisesti vai-kuttavat tekijät. Sellaisia ovat esim. pilvisyys, Kuun läheisyys tai hämäryysaste. Myös käytetty havaintoväline ja silmien mahdollinen väsymys on syytä merkitä muistiin.

Kun pitkäjaksoisten tähtien havaitsemisessa on saavutettu riittävä kokemus, niin voidaan siirtyä lyhytjaksoisten tähtien havaitsemiseen. Niiden vaihteluväli on yleensä pienempi. Harjoitteluasteella on vältettävä kovin kirkkaiden tai him-meiden tähtien valitsemista.

Lopuksi on syytä varoittaa muutamista virhelähteistä. Aloittelija eksyy arvioi-maan kirkkauden vaihteluja etukäteen ja tulee tällöin helposti havainnoissaan vääriin tuloksiin. Tämän psykologisen virhelähteen lisäksi on mainittava lähellä taivaan napaa olevien tähtien keskinäisen asennon vaihtelusta johtuvasta virhe-lähteestä. Kun vuoroin muuttuva ja vertailutähti ovat lähempänä horisonttia, niin seuraa siitä, että tähtien kirkkausero voi vaihdella varsinkin, jos ne ovat

vähänkin kauempana toisistaan. Tästä syystä olisi pyrittävä havaitsemaan tähtien ollessa aina samassa asennossa horisonttiin nähden. Vielä voi tähtien värieroavaisuudesta johtua virheitä. Tämä virhelähde tulee erikoisesti kysymykseen, kun osa havaintosarjasta tehdään paljain silmin ja toinen osa esim. teatterikiikarilla. Säännöllisesti havaitaan keltaiset ja punaiset värivivahteet verrattuna valkoiseen paljaalla silmällä himmeämmiksi kuin teatterikiikarilla tai kaukoputkella. Tästä syystä on suurempia värivivahdusten eroja pyrittävä välttämään.

Havaintoja tehtäessä on silmän annettava ensin tottua pimeyteen ja havaintojen kuluessa ei pidä katsoa kirkkaaseen valoon. Muistiinpanotkin on tehtävä mahdollisimman himmeässä valossa.

## 10. AURINGONPILKKUJEN HAVAITSEMINEN.

Tähtitaivaan nähtävyyksistä ainoastaan oman aurinkokuntamme jäsenet ovat niin lähellä meitä, että niiden pinnan yksityiskohtia voidaan edes suurillakaan kaukoputkilla erottaa; ja harrastajan käytettävänä olevilla kaukoputkilla vain Kuun, Auringon, Jupiterin, Saturnuksen ja mahdollisesti Marsin pinnan ilmiöt ovat nähtävissä. Kuu vuorineen ja laaksoineen on näistä tutkimuskohteena ehdottomasti helpoin: jo prismakiikarilla erottaa sen pinnalta runsaasti yksityiskohtia. Mutta kuten tunnettua Kuu on kuollut, eikä sen pinnalla käytännöllisesti katsoen tapahdu mitään muutoksia. Aina me näemme siellä vain saman muuttumattoman maiseman. Sen sijaan Auringon pinnalla, jonka tutkiminen tosin on vaikeampaa, huomaamme elämää, yksityiskohtain jatkuvaa liikettä ja muuttumista.

Keskikokoisella kaukoputkella erottaa Auringon pinnalla helposti kahdenlaisia ilmiöitä: auringonsoih-  
tuja ja -pilkkuja. Edelliset ovat pieniä, kirkkaita valoläiskä, joita näkyy etupäässä auringonpilkkujen läheisyydessä ja joiden nopea vaihtuminen antaa eloa Auringon pinnalle. Mutta tutkimuskohteita ne eivät ole läheskään niin kiintoisia kuin itse auringonpilkkut, nuo Auringon kirkkaan pinnan pienet tummat tahrat. Niin suuria ne kuitenkin ovat, että ne yleensä näkyvät pienehkölläkin kaukoputkella, jopa suurimmat paljain silminkin, tumman lasin läpi. Kuten tunnettua auringonpilkkut ovat eräänlaisia pyörteitä Auringon kaasumaisella pinnalla; kaasua niissä on ympäristöään huomattavasti kylmempää, minkä vuoksi ne näyttävätkin tummilta, vaikka nekin itse asiassa ovat hyvin kirkkaita. Pilkuissa syöksyy Auringon sisältä pinnan läpi sen ilmakehään sähköhiukkasia, elektroneja, sisältävää kaasua, joka, vaikka alkuaan onkin pinnan kaasuja kuumempaa, pinnalle päästyään yhtäkkiä laajenee ja sen johdosta jäähtyy. Elektronit kiitävät kauvas avaruuteen, ja osa niistä joutuu Maankin ilmakehän yläosiin aiheuttaen maanmagneettisia häiriöitä, revontulia ja jonisoimalla ylimpiä ilmakerroksia muutoksia radioaaltojen heijastumisessa. Auringonpilkkuja esiintyy toisinaan enemmän, toisinaan vähemmän ja niiden lukuisuudella on selvä, noin 11 vuoden jakso. Saman pituinen jaksollisuus on havaittavissa myös



K u v a 4 7. Aurinko pilkkui-  
neen ja soihtuineen.

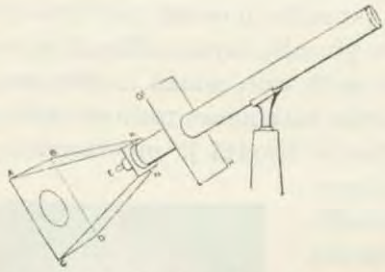
Maan sääoloissa, ja johtuu se ilmeisesti juuri auringonpilkuista. Pilkkuja ei esiinny Auringon ekvaattorin eikä napojen tienoilla; runsaimmin niitä näkyy noin 30°:n leveydellä ekvaattorin molemmin puolin. Niiden ikä on vaihteleva, toiset kestävät vain muutamia päiviä, mutta toiset useita viikkoja. Muodoltaan ne ovat epäsäännöllisiä ja niiden keskustassa näkyy selvästi rajoittuva tummempi täysvarjo, umbra, ja sen ympärillä osittaisvarjo, penumbra.

Mitenkä sitten on näitä Auringon pinnan ilmiöitä kaukoputkella katseltava? On heti alussa pantava tarkoin mieleen, että *Aurinkoa ei missään tapauksessa saa katsella himmentämättömällä kaukoputkella*, ei pienelläkään, muuten silmän näkö on mennyttä. Aurinkohuomioiden tekoon kaukoputkella on kaksi keinoa. Toinen on se, että okulaarin eteen asetetaan sopivan musta lasi, n.s. aurinkolasi, jollainen tavallisesti seuraa tähtitieteellistä kaukoputkea tai voidaan tilata

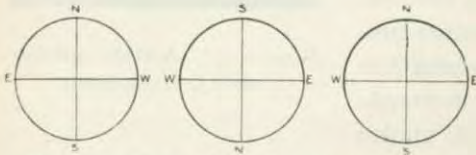
sieltä, mistä okulaaritkin. Se suojaa silmän liialta Auringon kirkkaudelta, mutta ei suojaa okulaaria Auringon kuumuudelta. Kuumuus nim. helposti rikkoo okulaarin. Jos kuitenkin objektiivin halkaisija on enintään 7 cm, ei tätä vaaraa ole, varsinkaan, jollei kaukoputkea pidetä kauvan yhtä mittaa Aurinkoon suunnattuna. Objektiivin ollessa suurempi se on himmennettävä pahvihatulla, jonka keskellä on enintään mainitun suuruinen, mieluummin pienempi pyöreä reikä. Näitä varokeinoja käyttäen voidaan siis Aurinkoa suoranaisesti kaukoputkella katsella.

Toinen, vähemmän tunnettu Auringon tarkastamistapa on seuraava: Aurinkoa ei katsellakaan suoraan, vaan jonkin matkan päähän okulaarista, sen takapuolelle, asetetaan valkoinen pahvilevy (ABCD kuviossa 48), jolle okulaarin synnyttämä Auringon kuva projisioidaan. Levy kiinnitetään nurkistaan esim. paksuhkolla rautalangalla levyyn KN, joka taas pahvirenkaan tai -put-

ken avulla kiinnittyy itse kaukoputkeen. Pahviputki on oleva siksi väljä, että sitä voi siirtää ja siten kuvalevyn etäisyyttä okulaarista muuttaa. Mitä kauempana kuvalevy on, sitä suurempi Auringon kuva syntyy. Okulaaria on siirrettävä ulospäin siitä asennosta, jossa se on oleva kaukoputkella suorastaan katsottaessa, sen verran, että kuva pahvilevyllä tulee selväksi. GH on pahvilevy, joka estää



K u v a 48. Kaukoputkeen kiinnitetty kuvalevy.



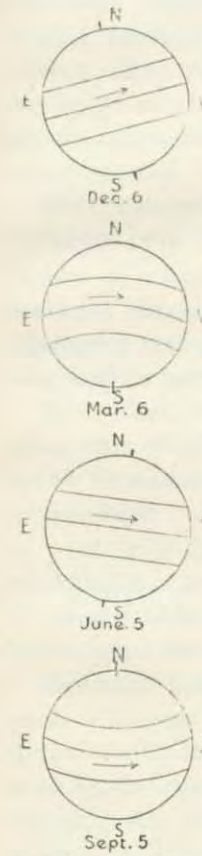
K u v a 49. Auringon ilmansuunnat eri tavoin katseltaessa.

suoranaisen Auringon valon lankeamasta kuvalevyllä. Kuva tulee vielä voimakkaammaksi, jos kuvalevyn kannattimien ABK päälle levitetään musta kangas tai paperi. — Tällä tavalla saadaan myös auringonpilkkut selvästi näkymään, ja niitä voi usea henkilö yhtaikaa katsella. Niiden asema ja muoto havaintohetkellä on myös helppo tästä piirustaa ja siten seurata niiden syntymistä, häviämistä ja kulkua päivästä ja viikosta toiseen.

Pilkkujen liikettä seurattaessa on syytä olla selvillä Auringon ilmansuunnista. Kuvio 49 valaisee tätä seikkaa. Paljain silmin tai prismakiikarilla katsottaessa pohjoinen on yläreunassa ja itä vasemmalla. Tähtitieteellisessä kaukoputkessa kaikki ilmansuunnat näkyvät vastakkaisilla puolilla, koska tällainen kaukoputki näyttää kaikki nurinpäin. Mutta kun kuvalevyllä muodostunutta Auringon kuvaa katsellaan kaukoputken puolelta, ovat ilmansuunnat siten, kuin oikeanpuolinen kuva osoittaa.

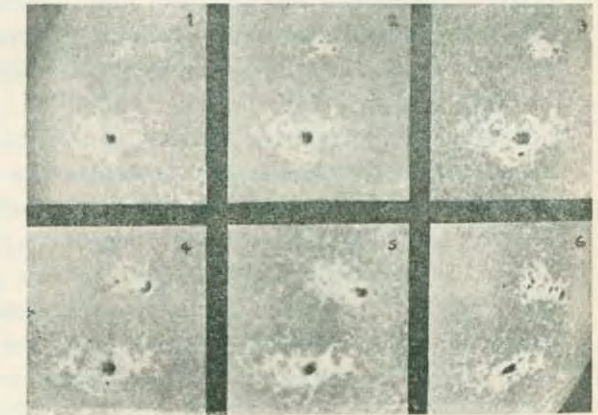
Auringonpilkkuja ei näy joka päivä, varsinkaan niiden lukuisuuden ollessa pienimmillään. Vuoden 1948 tienoilla niitä on odotettavissa runsaasti, silloin on nim. pilkkujen enimmäisiintymisen kausi.

On erittäin mielenkiintoista seurata peräkkäisinä päivinä suuren pilkun siirtymistä Auringon itäreunalta pinnan yli länsireunalle ja näin omin silmin todeta Auringon pyörimisliike. Siirtyminen kestää 13—14 päivää, minkä jälkeen pilkku katoaa ilmaantuakseen taas yhtä pitkän ajan päästä itäreunalle, mikäli se ei sillä välin ole kokonaan hävinnyt. Kun pilkku itse Auringon pinnalla pysyy jokseenkin paikoillaan, niin siirtyminen osottaa, että Auringolla on pyörimisliike ja



K u v a 50.

Pilkkujen radat eri vuodenaikoina: talvella, keväällä, kesällä ja syksyllä.



K u v a 51. Erään pilkkuryhmän kehitys.



että pyörähdysaika on noin 27 päivää. Ekvaattorin tienoilla se on vähän lyhyempi ja navoilla jonkin verran pitempi. Kuvasta 50 selviää, miltä pilkkujen radat ja siis Auringon pyörimisliike Maasta katsoen eri vuodenaikoina näyttävät.

Hauska on myös seurata auringonpilkkun tai pilkkuryhmän syntyä, sen kasvua ja muodon muutoksia. Sellaisesta kehityksestä saa selvän käsityksen kuvan 51 osakuvien yläreunassa syntyvästä pilkkuryhmästä.

## 11. TÄHDENLENTOJEN HAVAITSEMINEN.

Tehokkaammin kuin ehkä millään muulla tähtitieteellisen tutkimuksen työsaralla tavallinen harrastaja voi osallistua todelliseen, arvokkaaseen työhön tieteen palveluksessa, jos hän omistaa harrastuksensa tähdenlentojen eli meteorien jatkuvaan havaitsemiseen. Ammatti-tähtitieteilijät ovat selkeinä öinä sidotut muihin tehtäviin, ja siitä syystä tähdenlentojen tutkimus on jäänyt pahasti jälkeen siinä valtavassa kehityksessä, joka viime vuosikymmeninä on tullut useimpien muiden tähtitieteen työalojen osaksi. Tähdenlentojen tutkimus kärsii havaintoaineiston niukkuudesta, ja sen kartuttamisessa, jos missään, harrastajat voivat auttaa.

Tämä havaintotyö on kuin luotu harrastajia varten, sillä se ei vaadi muita välineitä kuin omat silmät ja kellon. Se kuitenkin kysyy tekijältään paljon muuta, ja ennen kaikkea todellista tutkijan sitkeyttä ja uutteruutta, sellaista kestäväää innostusta tutkimustyöhön, joka itse asiassa on kaiken tieteellisen toiminnan tärkein edellytys. Nopea huomiokyky on meteorien tutkijalle arvokas avu; kaiken muun kokemus kyllä neuvoo aikanaan.

Tähdenlentojen aiheuttajat ovat pienimpiä kaikista varsinaisista taivaankappaleista, niin pieniä, että ne tulevat näkyviin vasta kun ne radoissaan kulkiensa saavat törmäämään Maan ilmakehään, jossa ne syttyvät palamaan. Niitä on avaruudessa — ainakin aurinkokunnan piirissä — tavattoman runsaasti. Miten ne ovat siellä jakaantuneina, mistä ne ovat peräisin, minkä kokoisia ne ovat, minkälaisissa radoissa ne liikkuvat, mitkä luonnonlait niiden kulkua ohjaavat, — siinä joukko kysymyksiä, joihin pätevä vastaus saadaan sitten vasta kun hyvin suuri määrä havaintoja on käytettävissä tilastollista tutkimusta varten.

Tiedetään kyllä, että tähdenlennot — ainakin osa niistä — ovat varsin läheisessä suhteessa pyrstötähtiin; onpa lausuttu sellainenkin otaksuma, etteivät pyrstötähdet itse asiassa olekaan muuta kuin tiheitä meteoriparvia. Ainakin ovat hyvin monet tähdenlennot jonkin parven jäseniä; tiedossamme ei kuitenkaan ole, kuuluvatko kaikki sellaisiin, vai onko joukossa myös yksinäisiä avaruuden vaeltajia. Meteoriparven tunnusmerkkinä on, että sen kaikki osaset kulkevat pitkin samaa rataa — eli, jos niiden havaitut, siis näennäiset radat jatketaan taaksepäin, nämä leikkaavat toisensa samassa taivaanpisteessä, säteilypisteessä eli radiantissa. Yleensä parven pikkuosasia on jakaantuneena pitkin sen rataa, ja niinpä parveen kuuluvia tähdenlentoja voi-

daankin havaita joka vuosi samaan aikaan, runsaimmin kuitenkin aina määrävuosien kuluttua, jolloin parven tihein osa sattuu maanradan leikkauspisteeseen. — Monesti parvet nimetään sen tähdistön mukaan missä säteilypiste sijaitsee; kuuluisimpia ovat Lyridien, Perseidien, Leonidien ja Andromedidien parvet. Sivulla 163 on luettelo, josta tunnetuimpien parvien ilmestymisajat ja säteilypisteet sekä parviin kuuluvien tähdenlentojen tunnusmerkit käyvät selville.

Erikoisen kirkkaat tähdenlennot, tulipallot eli bolidit, jotka toisinaan voivat näkyä päivälläkin, johtuvat (todennäköisesti tavallisia meteoreja suuremmista) kappaleista, jotka ovat päässeet tunkeutumaan paljon lähemmäs maanpintaa kuin tähdenlennot yleensä. Muissa suhteissa ne eivät eroa tavallisista tähdenlennoista.

Mikäli tiedetään, meteoreilla ei mikään liikesuunta ole yleisempi kuin jokin toinenkaan. Tästä johtuen niitä nähdään keskimääräistä runsaammin silloin kun se taivaanpiste, jota kohti Maa radassaan liikkuu, on taivaalla näkyvässä, eli yleensä yön jälkipuoliskolla. Tuon suuntapisteen asema taivaanrannan suhteen muuttuu vuoden kuluessa, ja niinpä tähdenlentojen lukuisuudella on sekä vuorokautinen että vuotuinen vaihtelunsa. Nämä kummatkaan vaihtelut eivät vielä ole tarkemmin tunnettuja.

Tähdenlentojen laskennan kautta saadaan havaintoaineistoa lähinnä juuri äsken mainittua tutkimustyötä varten. Laskenta, joka hyvin soveltuu aloittelevallekin, toimitetaan seuraavasti:

Asunnon läheisyydestä valitaan sellainen paikalta häiritseviltä sivuvaloilta suojattu kohta vakinaiseksi havaintopaikaksi, josta käsin rajoitettu osa taivaasta, suunnilleen neljäsosa taivaankannesta, on näkyvässä. On jokseenkin yhden-tekevää miltä suunnalta tuo taivaanalue otetaan, mutta jos on valinnan varaa havainnot kernaammin tehdään itäiseen suuntaan. Tärkeintä on, että alue pysyy samana koko ajan (siinä olevat tähdet kylläkin vaihtuvat). — Havaintopaikka varustetaan istuimella, josta on mukava tarkkailla tutkittavaa taivaanaluetta kokonaisuudessaan.

Havainnon suoritus on sinänsä hyvin yksinkertainen, mutta se kysyy hellittämätöntä tarkkaavaisuutta. Tehtävänä on laskea, kuinka monta tähdenlentoa tunnin kestäessä (tunti voi alkaa mielivaltaisesta minuutista) näkyy tutkittavassa taivaanalueessa. — Kun havaittaja on saanut jonkin verran tottumusta työssään, kunkin yksityisen meteorin aika ruvetaan kirjoittamaan havaintokirjaan (siinä riittää minuutin tarkkuus). Lisäksi voi mainita tähdenlennon kirkkauden, arvosteltuna tähti-suuruusluokissa (huomautettakoon, että aloittelevat säännöllisesti pyrkivät liioittelemaan meteorien valovoimaa). Vielä voidaan merkitä tähdenlennon nopeus, esim. asteikkoa 1—5 käyttäen (1 = hyvin hidasta, 5 = erittäin nopea) ja väri, — sekä lisähuomautuksia, jos meteorissa havaitaan jotakin erikoista, kuten valaisevan jäljen muodostuminen, räjähdysmäisiä purkauksia tms. Muistiinpanot täytyy osata tehdä hyvin nopeasti, jotta ei jokin tähdenlento jäisi huomaamatta niiden takia. Jos tähdenlentoja on runsaasti, on

tyydyttävä pelkkään laskentaan — tai käytettävä apulaista, joka tekee muistiinpanot, havaittajan tarvitsematta kääntää silmiään taivaalta.

Havaintoihin soveltuvat kaikki sellaiset selkeät yöt, jolloin hämärä tai kuunvalo eivät häiritse. Jos tällaista häiriötä on vaikuttamassa vaikkapa vähäisessäkin määrässä, se on merkittävä muistiin, jotta sen vaikutus voitaisiin ottaa huomioon havaintoja käsiteltäessä. Niinikään havaintokirjaan merkitään pilvisyyden määrä lausuttuna taivaankannen kymmenesosissa. Koska kysymyksessä on vaihteluiden tutkiminen, on välttämätöntä, että sama henkilö tekee kaikki havainnot, sillä muuten epätasaisuudet sarjassa ovat mahdollomat välttää.

Havaintotunteja pitäisi olla vähintään kaksi, mutta kernaammin kolme jokaisena moitteettomana yönä, nimittäin tunti iltayöllä taivaan pimennyttyä ja toinen aamulla ennen hämärän alkua, sekä lisäksi tunti puolenyön seudussa; viime-mainitun pitää aina olla ainakin lähipitään samaan aikaan. Kolme kertaa vuodessa, syksyllä ja keski- sekä kevättälvella, olisi vuorokautisen vaihtelun varmistamiseksi erittäin hyvä tehdä koko yön käsittävä havaintosarja, jossa laskeaminen suoritetaan joka toisena tuntina iltahämärästä aamuhämärään asti. — Vuotuisen vaihtelun selville saamista varten tarvitaan luonnollisesti vuoden kestävä havainnot (ennen kaikkea keskiyöllä tehdyt), ja havaintojen täytyy tällöin olla jokseenkin tasaisesti ja kyllin tiheästi jakaantuneina ympäri vuoden. Tällaisen ihanteellisen havaintosarjan saamiselle yhden vuoden kuluessa sääsuhteet tavallisesti kuitenkin asettavat esteen, ja niinpä havaintoja yleensä täytyy jatkaa kauemmin hyvän tuloksen saavuttamiseksi. Mitä useampien vuosien kuluessa niitä tehdään, sitä arvokkaampi on tulos. Monivuotisen, huolellisesti havaitun sarjan tekijä voi olla varma siitä, että hänen nimensä tulee aina säilymään meteoritutkimuksen aikakirjoissa, sillä pitkät havaintosarjat ovat ylen harvinaisia koko maailmassa. — Olisi kovin suuri vahinko, jos tottunut havaittaja keskeyttäisi sarjansa esim. siitä syystä, että hän on hankkinut tähtikaukoputken, joka innostuttaa hänet muihin tehtäviin.

Suurten tähdenlento-parvien (varsinkin huhtikuun 20:n, elokuun 10:n ja joulukuun 10:n päivän) aikoihin ei juuri kannata tehdä laskentahavaintoja, sillä nämä suuret parvet merkitsevät tavallaan häiriötä tähdenlentojen vuotuisessa vaihtelussa. — Vielä lienee syytä mainita, että jos jonkin havaintotunnin aikana ei ole näkynyt yhtään tähdenlentoa, tämä tulos on yhtä tärkeä kuin mikä muu tahansa.

Tähdenlento-parvien etsintä on toinen kiinnostava havaintotehtävä; kokenut havaittaja saattaa yhdistää sen tähdenlentojen laskentaan. Parvien etsinnässä havainnot kuitenkin voivat käsittää suuremmankin osan taivaasta kuin laskentatyössä, eikä tässä vähäinen kuunvalo tai hämärä tee tuntuvampaa haittaa.

Parvia etsittäessä yksityisten tähdenlentojen radat tähtien suhteen koetetaan määrätä niin tarkoin kuin suinkin. Tämä tapahtuu siten, että havaitaan syttymis- ja sammumispiste (näistä viime mainittu on tärkeämpi) sekä lennon suunta.

Nämä piirretään nopeasti tähtikarttaan, kernaimmin tätä tarkoitusta varten valmistetuille karttalehdille<sup>1</sup>. Kukin rata varustetaan numerolla, joka viittaa havaintokirjaan tehtäviin muistiinpanoihin; viimeainituista ajan merkintä on tärkein. — Myöhemmin sammumis- ja syttymis- (tai jonkin tämän läheisyydessä olevan) pisteen koordinaatit mitataan kartasta ja liitetään havaintokirjaan.

Meteorin radan tarkka havaitseminen ja havainnon nopea ja varma piirtäminen karttaan on vaikea tehtävä, joka vaatii harjaantumista ja perusteellista tähtitaivaan tuntemusta. Näiden havaintojen luonteesta johtuen tottunutkin havaitsija joutuu tekemään varsin eriarvoisia radanmääräyksiä. Tästä syystä, t.s. aineiston lopullisen käytön helpottamiseksi, on suositeltavaa, että kukin havainto varustetaan lisämerkinnällä (esim. numerolla I—III), joka ilmaisee havainnon luotettavuuden.

Hyvin kirkkaiden meteorien, tulipallojen, radat koetetaan havaita aivan erikoisen huolellisesti, sillä niistä voi tulla havaintoja useammiltakin paikkakunnilta, ja sen kautta niiden todelliset lentoradat voidaan saada määrättyiksi. Huomio on tulipalloissa, kuten tavallisissakin tähdenlennoissa, kiinnitettävä ennen kaikkea sammumispisteen (mikäli se on taivaanrannan yläpuolella) sekä radan, varsinkin sen loppuosan, aseman tarkkaan määrittelyyn tähtien suhteen. Myös ajan havaitseminen (sekunnin tarkkuudella) on tärkeä. Tulipallon ilmestymistä seuraa näet usein ukkosenkaltainen (tavallisesti melko heikko) jyrinä, ja jos myös sen aika saadaan havaituksi, tulipallon todellinen etäisyys voidaan laskea valo- ja ääni-ilmiön aikaeron perusteella. Jyrähdystä kannattaa odottaa 10 minuuttiin saakka tulipallon ilmestymisestä. — Toisinaan tulipallo aiheuttaa myös suhinaa tai kahinaa muistuttavan äänen, joka kuuluu jo valo-ilmiön kestäessä, tai jopa ennen kuin valoilmio herättää huomiota.

Tulipallo jättää monesti jälkeensä valaisevan viirun, joka toisinaan saattaa viipyä taivaalla tuntikausia, liikkuen hitaasti tähtien suhteen. On erittäin tärkeätä merkitä muistiin sen asema esim. joka neljännestanti, sillä tällainen viiru on eräs niitä harvoja ilmiöitä, jotka voivat antaa meille tietoja ilmakehän korkeissa kerroksissa tapahtuvista virtauksista. — Tässä, kuten monissa muissakin havainnoissa, muutamien viivoin tehty piirros tai valokuva yhdessä aikamerkinnän kanssa on arvokkaampi tiedonlähde kuin pitkäkin sanallinen kuvaus.

Säteilypisteen selville saamiseksi tarvitaan 40—50 ratahavaintoa. Syksyllä ne kenties voi saada yhden ainoan yön kuluessa, mutta yleensä olisi eduksi tehdä havaintoja viitenä perättäisenä yönä, mikäli sääsuhteet sen sallivat. — On muuten kiinnostavaa uudistaa samat havainnot vuoden kuluttua, jolloin varmaankin löytyy jälleen vanhan tutun parven tähdenlentoja. — Luetteloon (siv. 163) sisältyvät suuret, nimetyt parvet ovat jo siksi tarkoin tunnettuja, ettei niitä kannata havaita muuten kuin harjoituksen vuoksi.

Jos parvien etsintä yhdistetään tähdenlentojen laskentaan, on viimeainittua

<sup>1</sup> Tämän kirjan liitteenä olevan tähtikartan yksivärisiä jäljennöksiä on saatavissa Ursalta.

työtä silmälläpitäen syytä selvittää ja merkitä muistiin, kuinka pitkän ajan havaintotunnista piirtäminen ja muistiinpanojen teko on arviolta vaatinut, jotta havaintoajan lyhentymisen tämän johdosta tulee huomioiduksi lopullisia tuloksia laskettaessa. Tällaisissa yhdistetyissä havainnoissa kaikki epävarmat radat jätetään kokonaan piirtämättä.

Kun havaitsija on saanut hyvän tottumuksen työssään, hän saattaa täydentää tutkimustaan määräämällä myöskin tähdenlentojen kestoajat sekunnin kymmenesosissa. Tällaiset havainnot voivat olla apuna meteorin todellista nopeutta ja lentoradan pituutta laskettaessa. Havainto tehdään kuuntelemalla jonkin riittävän äänekkäästi raksuttavan kellon tikutuksia; tähän tarkoitukseen soveltuvat erinomaisesti kookkaat herätyskellot, jotka tikuttavat 4 kertaa sekunnissa. — Huomautettakoon kuitenkin, että tätä havaintoa ei saa tehdä radan aseman tarkkan määräämisen kustannuksella, ja että muistiinpanoista täytyy myös ilmetä, minkä radanosan tämä aikahavainto käsittää.

T ä h d e n l e n t o j e n r a d a n m ä ä r ä y s on myös varsin hauska tehtävä, mutta se vaatii kaksi tottunutta havaitsijaa, jotka suorittavat työnsä 20—80 km. päässä toisistaan. Kummatkin piirtävät tähdenlentojen ratoja, kiinnittäen nytkin päähuomion sammumispisteitten ja lentoratojen sekä aikojen tarkkaan merkitsemiseen. Jos samasta tähdenlennosta onnistutaan saamaan luotettava rata-piirros kummastakin havaintopaikasta, tähdenlennon todellisen lentoradan asema ja korkeus maanpinnan suhteen sekä säteilypiste voidaan laskea. — On sanomattakin selvää, että kummankin havaitsijan kellon täytyy osoittaa samaa (oikeata) aikaa.

Radanmääräyksessä voi valokuvauksesta olla tuntuva apua. Kahdesta havaintopaikasta, joiden välinen etäisyys on 5—20 km, ja joiden välillä on puhelin-yhteys, suunnataan (kernaimmin samanlainen, laaja-kuvakulmainen, hyvin herkällä levyllä tai filmillä varustettu) kamera samaa taivaanseutua kohti. Jos taivas on täysin tumma, valotusta voidaan jatkaa tunnin verran (kuutamollakin 10—15 min.), ilman että levy hunnuttuu liikaa. Valotus lopetetaan heti, kun jokin niin kirkas meteori lentää näkökentässä, että se kykenee jättämään jälkensä levyyn. Silloin levy tai filmi vaihdetaan, kasetti — ja myös levy ennen kehittämistä — varustetaan muistiinpanoihin viittaavalla numerolla, ja havaintokirjaan merkitään, minkä kellonlyömien välisen ajan valotus kesti ja mitä taivaanpistettä kohti kamera oli suunnattuna. Luonnollisesti näkökentässä lentäneen meteorin tarkka aika pannaan muistiin. — Kahdesta eri paikkakunnilla otetusta valokuvasta, joissa saman tähdenlennon rata ja (viirumaisina kuvautuvat) tähdet ovat näkyvissä, tähdenlennon todellinen rata saadaan määrättyksi suurella tarkkuudella. Niinpä olisi syytä — rinnan suoranaisten havaintojen kanssa — kokeilla myös tätä keinoa, jota tietävästi toistaiseksi on käytetty varsin vähän. — Jos havaintopaikkoja on vain yksi, tämä valokuvauksellinen keino soveltuu parvien etsintään ja säteilypisteitten määräämiseen.

## 12. TÄHTIVALOKUVAUKSESTA.

Valokuvaus on eräs nykyaikaisen tähtitieteellisen tutkimuksen mahtavimmista apuneuvoista. Tämä johtuu ennen kaikkea siitä, että valokuvauksen avulla saadaan näkyviin paljon sellaista, mitä ei muuten voitaisi lainkaan havaita. Tähtitieteilijän tutkimuksen kohteet ovat näet enimmäkseen kovin heikkovaloisia, ja esim. tähtisumuja tai pyrstötähtiä havaittaessa on hyvin pian edessä raja, missä silmän erottamiskyky loppuu jopa kaikkein suurimpiakin kaukoputkia käytettäessä. Tällöin valokuvaus tulee avuksi. Sen teho perustuu valokuvauslevyn erikoiseen toimintatapaan; se pystyy näet keräämään kalvoonsa valon vaikutukset vähitellen, pitkienkin aikojen kuluessa, ja kaikkein heikoinkin valo piirtää merkkinsä siihen, kun sen vain annetaan vaikuttaa kyllin kauan. Silmä sen sijaan näkee ikään kuin välähdyksittäin, eikä se kykene keräämään valoa talteen, nähdäkseen paremmin. Niinpä esim. sellaisia kauniita tähtisumuja, joita saamme ihaila tähtitieteellisissä kirjoissa, ei voida katsella läheskään yhtä komeina edes maailman suurimmallakaan kaukoputkella; mutta ne onkin saatu syntymään jopa monikymmentuntisten valotusten kautta.

Valokuva pystyy myös paljastamaan sellaista näkymätöntä, mitä silmä ei kykene havaitsemaan siitä syystä, että se aiheutuu valonsäteistä, jotka ovat joko niin lyhyitä tai niin pitkiä, ettei silmä ole herkistynyt niitä vastaanottamaan. — Mainittakoon vielä, että jos samasta ilmiöstä on onnistuttu saamaan kaksi samanaikaista valokuvaa, nämä ovat ehdottoman pätevä todistuskappale siitä että ilmiö todellakin oli olemassa, vaikkei sitä olisi millään muulla tavalla havaittuakaan.

Yksinkertaisemmissa muodoissaan tähtitieteellinen valokuvaus soveltuu mainiosti myös harrastajan ohjelmaan. Valitettavasti tällaisesta toiminnassa vain on kovin niukasti kokemukseen perustuvia tietoja saatavissa, mutta toiselta puolen siinä avautuu sitäkin kiintoisampi työkenttä kokeiluille ja sopivien menettelytapojen kehittämiseksi. — Seuraavassa rajoitutaan esittämään vain muutamia osviittoja aloitteleville ja ko. ketellaan vain aivan yksinkertaisin välinein suoritettavaa tähtivalokuvausta.

Aurinko on kaikista taivaankappaleista helpoin valokuvauksen kohde sen tavattoman suuren kirkkauden ansiosta. Tästä helppoudesta huolimatta pitkällä onnistuneitten aurinkokuvien sarjalla on eittämätön tieteellinen arvo.

Auringon valokuvaamiseen riittää mainiosti yksinkertainen neulanreikäkamera.

Se valmistetaan lauta- tai metalliputkesta, joka mustataan sisältä. Etupäähän tulee ohut metallilevy, jonka keskelle on porattu pyöreä, sileäreunainen reikä, ja takapäähän sijoitetaan kasetin kiinnittämiseen tarvittava kappale. Jos reiän halkaisija on 2.0 mm (pienempää ei voida käyttää valon taipumisen vuoksi), levy on asetettava 3.2 metrin etäisyydelle siitä, ja koje antaa 29 mm:n läpimitäisen kuvan Auringosta. Vähän isompia reiänhalkaisijoita käyttäen vastaavat mitat tulevat seuraaviksi: halkaisija 2.2 mm, polttoväli 3.85 m, kuva 36 mm; halk. 2.4 mm, p-v. 4.6 m, kuva 42 mm; halk. 2.6 mm, p-v. 5.4 m, kuva 50 mm; halk. 2.8 mm, p-v. 6.2 m, kuva 57 mm. — Kuten tästä nähdään, reikäkamera tulee valtavan pitkäksi.

Toisenlaisen, niinkään tehokkaan aurinkokameran voi valmistaa käyttämällä objektiivina  $2-2\frac{1}{2}$  metrin polttovälistä silmälasilinssiä. Kameraksi soveltuu esim. sellainen messinkiputki (sisästä mustattuna), joita käytetään ikkunaverhojen kannattimina. Objektiivina on kiinnitettävä siten, että sen synnyttämä Auringon kuva osuu keskelle aukkoa kun putki on suunnattuna suoraan Aurinkoa kohti, ja levyn pitää olla kohtisuorassa putkea vastaan. — Jos polttoväli on  $2\frac{1}{2}$  m, Auringon kuvan läpimitäksi tulee n. 24 mm.

Aurinkokuvat otetaan mahdollisimman epäherkille, hienorakeisille, valopihatomille levyille (tähtitieteilijät käyttävät kernaammin levyjä kuin filmejä). Neulanreikäkameran valotuksen voi toimittaa esim. mustaa pahvinkappaletta apuna käyttäen (kameraan koskematta, jotta ei syntyisi tärinää), mutta silmälasilinssikamera vaatii mekaanisen pikasulkimen. Edullisin valotusaika määrätään kokeellisesti; se on joka tapauksessa vain sekunnin murto-osa.

Aurinkolevyjen kehittäminen tapahtuu joko hienorae- tai seuraavalla erikoiskehittäellä (WINDISCHIN mukaan), jota on hyvällä menestyksellä käytetty myös koronakuviin. Se valmistetaan kahtena varastoliuoksena:

- A 100 cm<sup>3</sup> keitettyä vettä,  
8 g. pyrokatekiinia,  
2.5 » kiteistä natriumsulfiittia;

- B 50 cm<sup>3</sup> 10-prosenttista natriumhydroksidiliuosta.

Käyttöä varten sekoitetaan 20 cm<sup>3</sup> A-liuosta ja 5 cm<sup>3</sup> B-liuosta puoleen litraan vettä (herkemmat levyt vaativat hieman vähemmän A:tä tai hiukan enemmän B:tä). Normaalin kehitysaika on n. neljäntuntinen, ja kehitteen lämpötilan on oltava 18—19°. — A-liuos säilyy melko pitkiäkin aikoja ruskeassa pullossa, jos se on täynnä; B-liuos säilyy täysinäissäkkin pullossa käyttökelpoisena vain parisen kuukautta. (Natriumhydroksidi on syövyttävää ja myrkyllistä.)

Auringon voi myös kuvata tähtikaukoputkella okulaarin läpi, sillä tavoin kuin seuraavassa selitetään Kuun valokuvaamisen yhteydessä. Kaikkein parhaiten tähän tarkoitukseen soveltuu peilikaukoputki, jonka pääpeilistä hopea on pesty

pois (siv. 40). — Saattaa menetellä myös niin, että tähtikaukoputken synnyttämä suurennettu Auringon kuva heijastetaan ohuelle, himmeäpintaiselle, hyvin tasa-aineiselle valkoiselle paperille, joka asetetaan kohtisuoraan kaukoputkea vastaan (kuva 48, siv. 108), ja jonka toiselta puolelta Auringon kuva valokuvataan tavallisella käsikameralla. Jotta paperille ei lankeaisi suoranaista auringonvaloa sivultapäin, kaukoputki varustetaan kookkaalla pahvivarjostimella.

Aurinkokuva on hyvin onnistunut, jos siinä näkyy selvästi valon väheneminen reunoihin päin sekä pilkkujen ja reunamilla olevien soihtujen piirteet terävinä.

Kuuta valokuvattaessa käytetään kamerana tähtikaukoputkea — joko ilman okulaaria, jolloin levy on asetettava polttopisteeseen, kohtisuorasti kaukoputken valo-opillista akselia vastaan, ja Kuusta tulee suunnilleen niin suuri (syttiö-) kuva senttimetreissä lausuttuna kuin kojeen polttoväli on metreissä, — tai okulaarin kanssa, jolloin Kuusta saadaan suorastaan suurennettu kuva. Tässä tapauksessa kaukoputken jatkeeksi kiinnitetään valotiiviisti valokuvauskamera, jonka oma objektiivi on poistettu.

Ennen kuin kaukoputkea voidaan käyttää kamerana, sen valokuvauksellinen polttopiste täytyy määrätä. Linssikaukoputken objektiivi on näet värikorjattu lähinnä vain silmään vahvimmin vaikuttavien eli siis keltaisten ja vihreitten säteitten suhteen, mutta useimpien, ja nimenomaan herkimpien valokuvauslevyjen tehokkain alue on sinisten ja sinipunervien säteitten kohdalla. Nämä säteet yhtyvät ns. valokuvausyksisessä polttopisteessä, joka on hieman lähempänä objektiivia kuin optillinen (mutta kauempana, jos okulaari on mukana). — Peilikaukoputkessa kaiken väriset säteet heijastuvat samaan syttiöön, ja niinpä tällainen koje onkin kaikkein edullisin tähtikamera.

Linssikaukoputken valokuvausyksinen polttopiste määrätään seuraavasti: Valokuvaamiskuntoon saatettu kaukoputki suunnataan jotakin taivaanekvaattorin seudussa olevaa tähteä kohti, jonka suuruusluokka on suunnilleen sama kuin objektiivin halkaisija tuumissa lausuttuna (1 tuuma on n. 27 mm), ja (hienopintaiselle) himmeäläsilille tarkistetaan tähden kuva teräväksi. Taivaanekvaattorilla tähtien näennäinen (Maan pyörimisestä johtuva) liike on suurin, ja niinpä ne nopeasti piirtävätkin levyille viivamaiset kuvansa, kun kaukoputki on liikkumattomana. Samalle levyille kuvataan esim. 5 tähtiviirua perätysten, ja kunkin valotuksen välillä levyä siirretään määrätty aivan pieni matka lähemmäs objektiivia. Valotukset otetaan eri pituisiksi (n. 1/2 ja 1/3 minuutista minuuttiin), jotta pysyisi selvillä, mikä viiru vastaa mitäkin levynasentoa. Nyt levy kehitetään ja sitä tutkitaan suurennuslasilla valoa vasten sekä todetaan, mikä viiruista on terävin (ohuin). Olettakaamme, että viiva 3 oli paras. Sama tähti valokuvataan nyt uudelleen samalla tavoin, alkaen tällä kertaa asennosta 2 ja päättyen asentoon 4, mutta siirtämällä nyt levyä vain puolet edellisestä määrästä kerrallaan objektiivia kohti valotusten välillä. Tästä levystä lopullinen polttopisteen paikka tulee määrättyksi. — On edullisinta, jos suurin terävyys on n. 1/6 matkan päässä levyn keskipisteestä lähintä reunaa kohti, sillä siten mahdollisimman suurelle

osalle levyn pinnasta tulee teräväpiirteinen kuva. Lisäksi on huomattava, että täten määrätty valokuvausyksinen polttopiste pitää paikkansa vain samalle levy-laadulle; jollekin toisenlaatuiselle levyille se saattaa olla eri paikassa.

Hyvin tehokas ja suositeltava keino linssikaukoputken värivirheen pienentämiseksi on värisuotimien käyttäminen varsinkin Aurinkoa ja Kuuta valokuvattaessa (keltalasi tavalliselle, oranssilasi ortokromaattiselle levyille). Väri-lasi pannaan okulaarin, tai jos se on mukana, aurinkolasin paikalle. Se luonnollisesti pidentää valotusaikaa jonkin verran — ja siirtää valokuvausyksisen polttopisteen toiseen paikkaan, joka on määrättävä äsken selostetulla tavalla.

Aurinkoon verrattuna Kuu on kovin heikkovaloinen taivaankappale. Se vaatisi siis runsaan valotuksen, mutta taivaankannen nopean kiertymisen takia myös Kuu liikkuu siksi nopeasti, että jo kahden cm:n läpimittainen Kuun syttiökuva tulee epätarkaksi, jos sitä valotetaan kauemmin kuin sekunti, mikäli kaukoputki on liikkumattomana. Kuun kuvaamiseen on syytä käyttää kaikkein herkimpiä saatavissa olevia levyjä. Sellaiselle voi okulaarin avulla objektiiviaukon kokoon suurennettuna täysikuun kuvan saada syntymään sekunnin valotuksella, mutta kuvat Kuun välivaiheista vaativat pitempää valottamista. Parhaat kuunkuvat saadaan, kun levyä valotetaan runsaasti ja se kehitetään jollakin hitaasti toimivalla hienorakekehittellä (tai esim. Neolilla, johon on lisätty bromkaliumia). Muuten lyhyempi valotus tuo selvimmin esiin meret ja kirkaat pintajuovat (täydessäkuussa), pitkä taas valorajan yksityiskohdat (välivaiheissa).

Tarkkapiirteisten ja samalla riittävän pitkään valotettujen, okulaarin kautta suurennettujen valokuvien saaminen Kuun välivaiheista vaatii kaukoputken liikkuttamista Kuun näennäistä kulkua seuraten, ja hienorakeisen (siis hitaan) levyn käyttämistä. Tätä varten kaukoputken täytyy olla asennettuna parallaktisesti (siv. 25). Valokuvausputken kiinnitetään samansuuntaisesti toinen, esim. silmälasilinssiä objektiivina käyttäen valmistettu kaukoputki, joka varustetaan vahvasti suurentavalla okulaarilla. Tämän ns. ohjausputken läpi katsomalla koje koko valotuksen ajan pidetään tarkasti suunnattuna samaa Kuun pistettä kohti. Ilman aiheuttaman värinän vuoksi kuvat harvoin onnistuvat, jos Kuu on alempana kuin 30° taivaanrannasta.

Kiertotähtien pinnan valokuvaaminen on eräs tähtikuvauksen kaikkein vaikeimmista tehtävistä, eikä sitä juuri kannattane yrittää harrastajan vaatimattomin välinein.

Tähtitaivaan valokuvaaminen sitä vastoin on hauska ja hyvän onnen sattuessa varsin antoisakin tehtävä. Tässä työssä kaukoputki toimii pelkästään ohjausputkena, ja kuvaaminen toimitetaan valokuvauskameralla, joka kiinnitetään joko itse kaukoputken tai kernaammin vastapainon paikalle deklinaatio-akselin päähän.

Koska kaukoputki tähtitaivaan valokuvauksessa on vain välillinen apuneuvo, sen laatu ei merkitse kovinkaan suuria. Okulaarin tulee olla verrattain vahvasti suurentava ja se varustetaan polttotasoon asetetulla lankaristikolla tai jollakin

muulla merkillä, jonka avulla kaukoputki kameroineen saadaan pidetyksi suunnattuna tarkalleen jotakin kuvattavan taivaanalueen keskustassa olevaa tähteä kohti koko valotuksen ajan. Jos tämä ohjaustähti on kyllin kirkas, okulaaria on hyvä kiertää hiukan tarkasta asennosta ulos- tai sisäänpäin, jolloin tähden kuva muuttuu pieneksi pyöreäksi (ekstrafokaaliseksi) levyksi, mikä on helppo pysyttää paikoillaan näkökentässä lankaristin neljään osaan jakamana valolaikkana. Ristin voi saada näkymään myös siten, että objektiivin tai sumuputken reunaan kiinnitetään taskulampun polttimo, joka peitetään mustasta paperista valmistetulla tupella, mistä valo pääsee kaukoputken sisään vain pienen reiän lävitse.

Tärkeämpi tekijä tähtikuvauksen onnistumiseksi kuin kaukoputken laatu on sen jalusta. Sen tulee olla tukevaa, raskaanlaista tekoa eikä turhan korkea. Koska tämänlaatuisessa valokuvauksessa pitkät valotusajat ovat välttämättömiä, kaukoputken akseleitten pitää olla asetettuina varsin tarkoin parallaktisesti (sivulta 26 nähdään millä tavoin tämä suoritetaan). Jos näet akseleitten suunta on virheellinen, vain kuvan keskustassa olevien tähtien kuvat tulevat pistemäisiksi, mutta muut tähdet piirtävät kaarimaisen jäljen — sitä pitemmän, mitä lähempänä kuvan reunaa ne ovat. Tähdien tulee pysyä lankaristin keskellä liikkuttamalla kaukoputkea pelkän tuntiakselin ympäri; jos myös deklinaatiota täytyy muuttaa, ei akseleitten asento ole oikea. — Kaukoputken liikkuttamisessa taivaan vuorokautisen kierron mukaan kellokoneisto tietysti on suureksi avuksi, mutta ei korvaamaton. Jotta vältettäisiin tärinä niin hyvin kuin suinkin, tunti-liikuntaa kierretään joustavan letkun välityksellä. Samasta syystä on tärkeää suojata kaukoputki tuulelta.

Tähtikameraksi soveltuu mikä tavallinen valokuvauskone tahansa, mutta parhain koje tässä suhteessa on kuitenkin lyhytpolttovälinen, valovoimainen peilikaukoputki. Mitä parempi ja virheettömämpi kameran objektiivi on, sitä terävämpinä pisteinä tähtien kuvat esiintyvät, ja sitä enemmän niitä myös tulee levyille. Mutta vanhemmanmallisella, yksinkertaisemmalla muotokuvaobjektii-villa on myös omat etunsa hienoon anastigmaattiin verrattuna, sillä tällainen objektiivi tekee kirkkaampien tähtien kuvat selvästi suuremmiksi kuin himmeämpien, joten kuvasta tulee enemmän »oikean näköinen»; sitä paitsi tällainen objektiivi voi olla valovoimaisempi kuin anastigmaatti, syystä että siinä on vähemmän linsejä ja siis vähemmän heijastavia pintoja sekä pienempi lyhyiden, kemiallisesti vaikuttavien valonsäteitten häviö kuin anastigmatissa.

Valotusajasta on sanottava, että kuvaan saa yleensä sitä enemmän mitä kauemmin valottaa. Paitsi kuvaajan omaa kestävyyttä itse taivaankannen tila voi asettaa valotusajalle rajan. Taivaan täytyy näet olla täysin tumma, sillä vähäinen kuun-, hämärän- tai jopa revontulten valo tummentaa levyn nopeasti. Suuren kaupungin välittömässä läheisyydessä katuvalaistuskin saattaa haitata. Yleensä ei kannata suorittaa valokuvausta taivaankohdista, jotka ovat alempana kuin noin 30° taivaanrannasta.

Negatiiviaineeksena käytetään hyvin herkkiä, kernaasti pankromaattisia levyjä

(tai filmejä). Tähtikuvien kehitteeksi suositellaan Rodinalia, laimennettuna suhteessa 1 : 75—100, ja kehittämistä pitkitetään siksi kunnes levy uhkaa huntuuttua. — Levyn tai filmin herkkyyttä voidaan lisätä melkoisesti, jos sitä pidetään valottamisen jälkeen, ennen kehittämistä, kaksi vuorokautta umpinaisessa (valolta suojatussa) lasiastiassa, jonka pohjalla — levyyn koskettamatta — on pari tippaa elohopeata.

Jos kuvaajaa seuraa hyvä onni, hän voi joskus löytää tällaiselta levyiltä vaikkapa tuntemattoman pyrstötähden, kadoksiin joutuneen pikkuplaneetan tai vasta syttyneen uuden tähden. — Jos muuten valokuvauksen kohteena on pyrstötähti, sitä itseään (ts. sen päätä) on käytettävä ohjaustähdenä, sillä useinkin pyrstötähti liikkuu siksi nopeasti kiintotähtiin nähden, että se ennättää muuttaa asemaansa valotuksen kestäessä. — Kahdesta sopivalla väliajalla perätysten otetusta pyrstötähden, planeetan tai Kuun kuvasta saadaan hauska stereoskooppi-kuvapari.

Tähtien lentojen valokuvaamisesta puhutaan jo edellisessä luvussa, siv. 115.

Jokainen tähtilevy varustetaan ennen kehittämistä numerolla (on varminta numeroida jo kasetit), ja kaikki kuvaamista koskevat tiedot, ennen kaikkea päivämäärä ja valotuksen kellonlyömät, tähtäyspisteenä ollut tähti sekä käytetyn levyn laatu, merkitään muistikirjaan.

Koska harrastajien kokemuksista tähtitieteellisen valokuvauksen piirissä tietoja, kuten sanottu, on kovin vähän, Ursa ottaa kiitollisuudella vastaan vähäisimmätkin kokemuseräiset tiedonannot, jotka siten voidaan saattaa toisten tämän alan harrastajien hyödyksi.

### 13. LYHYITÄ VIITTEITÄ ERILAISIIIN HARRASTAJATEHTÄVIIN.

Edellä on eri artikkeleissa käsitelty useita tähtitieteen harrastajan kannalta kiintoisia tarkastelu- ja havaintokohteita. Tässä luvussa on tarkoituksena kosketella lyhyesti muutamia muita havaintotehtäviä, sellaisia, jotka ehkä useimmista harrastelijoista tuntuvat vähemmän tärkeiltä, ja myöskin sellaisia, joita niiden harvinaisuuden vuoksi on vähemmän tilaisuutta havaita. Toivottavasti aina joku harrastaja on näistäkin kiinnostunut.

#### *Tähtenpeitot eli okkultaatiot.*

Kiertomatallaan Maan ympäri Kuu kulkee ratansa kiintotähtitaivaan ympäri kerran kuukaudessa (sideerisessä k:ssa). Matkallaan se kulkee Maasta katsoen usein jonkin kiintotähden yli, joskus, joskin harvemmin, planeetankin yli estäen sen näkymästä. Näitä tapauksia nimitetään tähtenpeitoiksi eli okkultaatioiksi. Niitä voi silloin tällöin havaita paljain silminkin, mutta kaukoputkella havaittavia okkultaatioita sattuu Kuun joka kierroksella. Kun Kuussa ei ole ilmakehää, tapahtuu sekä tähden häviäminen Kuun taakse että sen esiintulo aivan silmänräpäyksellisesti. Okkultaatio tapahtuu välistä Kuun kirkkaan reunan taakse tai takaa, ja välistä taas sen pimeän reunan taa tai takaa. Häviämishetkeä, varsinkin kirkkaan reunan taakse, voi seurata ilman muuta joko kaukoputkella tai ilman. Mutta esilletulon havaitseminen ei ole juuri mahdollista, ellei suorita tähtitieteellisten vuosikirjojen mukaan ensin ennakkolaskua siitä, milloin esiintulo on odotettavissa. Kun Kuu on siksi lähellä Maata, riippuu okkultaation aika paljon siitä paikasta, mistä havainto suoritetaan, joten siis laskut on suoritettava kullekin havaintopaikalle erikseen.

Aikaisemmin okkultaatioita havaittiin ajan määrittämiseksi. Kun tämä on tullut tarpeettomaksi radioaikasignaalien käyttöntulon vuoksi, havaitaan niitä nyt Kuun liikkeen tarkkaa määrittämistä varten. Havaittaessa täytyy ajankohdat määrätä sekundometrillä tai muulla tarkalla tavalla ja käytettävän kellon korjaus määrätä tarkkojen radioaikamerkkien avulla.

Okkultaatioita odotellessa on hyvä muistaa, että Kuu liikkuu tähtien joukossa oman halkaisijansa pituisen matkan tunnissa.

Kuun kulkiessa planeetan editse on havaittava kaikki neljä kontaktaikaa, koska planeetta näkyy levynä, eikä siis pimene, eikä tule esiin yhtäkkisesti.

Joskus, hyvin harvoin, kiertotähtikin, esim. Mars tai Jupiter, aiheuttaa okkultaation kulkien kiintotähden yli.

#### *Kuunpimennykset.*

Kuunpimennyksiä voi nähdä melkein joka vuosi tarvitsematta matkustella niiden havaitsemista varten. Siinä mielessä ne siis ovat tähtitieteen harrastelijallekin sopivia tarkasteltaviksi, vaikkakaan niiden tieteellinen arvo ei nykyään olekaan huomattava.

Almanakasta saadaan tietää hetket, milloin Maan täysvarjo kohtaa Kuun reunan (osittaisen pimennyksen alku), milloin Kuu joutuu kokonaan täysvarjoon (täydellisen pimennyksen alku) ja näiden loppumiset. Maan osi taisvarjo on siksi epämääräinen ja vaikeasti havaittavissa, ettei siitä lasketa koskaan mitään.

Harrastajan havaittaviksi sopivat Kuun pimennyksestä seuraavat seikat:

1. Näkykö osittaisvarjo ennen kuin täysvarjo kohtaa Kuun reunan tai näkykö se osittaisen pimennyksen aikana.
2. Pimennyksen alku- ja loppuhetkien havaitseminen.
3. Millä kellonlyönnillä pimennys on edistynyt Kuun pinnan eri kohtiin.
4. Kuun pinnan väri täysvarjon kohdalla. Punertavan värin ilmestymisen ja häviämisen ajat.
5. Mitä tähtiä ja millä kellonlyönnillä ilmestyy näkyviin tai katoaa.

Tähtitieteilijät mittaavat Kuun pinnan lämpötilavaihteluita täydellisen kuunpimennyksen aikana.

Erittäin harvoin voidaan nähdä sellainen ilmiö, että pimentynyt Kuu nousee samaan aikaan kuin Aurinko laskee, tai pimentynyt Kuu laskee samaan aikaan kuin Aurinko nousee, niin että molemmat ovat näkyvissä yht'aikaa. Tällaisen tapahtuman mahdollisuus johtuu valonsäteiden taittumisesta ilmakehässä.

#### *Auringonpimennykset.*

Määrätyllä paikalla näkyvät auringonpimennykset ovat paljon harvinaisempia kuin kuunpimennykset. Varsinkin täydelliset auringonpimennykset ovat peräti harvinaisia. Niinpä maassamme heinäkuun 9 p:nä 1945 näkyneen täydellisen auringonpimennyksen jälkeen seuraava sattuu vasta v. 1990.

Kun Kuun varjo liikkuu pitkin maanpintaa, tulee se eri aikoina eri paikkakunnille. Auringonpimennyksen eri vaiheiden ajat täytyy siis laskea erikseen jokaista havaintopaikkaa varten. Asianlaita on tässä siis päinvastainen kuin kuunpimennyksessä.

Seuraavassa muutamia viitteitä havainnoista, joita harrastaja voi suorittaa täydellisen auringonpimennyksen ja soveltaen myöskin osittaisen auringonpimennyksen aikana.

Kontaktihetken havaitseminen. Ensimmäisen kontaktin, jolloin siis pimeä Kuu koskettaa ulkopuolelta Auringon reunaa, aika täytyy olla melko tarkoin

tiedossa, koska havaitsija ei muuten jaksa tarkkaavaisena odottaa kontakti-hetkeä. Muut kontaktit näkee ennakolta. Jos on kysymyksessä osittainen auringonpimennys, tapahtuu vain alku- ja loppukontakti. Jos pimennys on täydellinen, voi juuri ennen täydellisen vaiheen alkamista tarkata »helminauhan» esiintymistä ja muotoa. Helminauha syntyy, kun vuorisen Kuun reunahuiput peittävät jo Auringon reunan, mutta laaksoista tunkeutuu vielä valoa. Protuberansseja voi punasuotimella havaita Auringon reunalla ennen täydellistä pimenystä.

Täydellisen pimennyksen aikana esiintyy suurenmoisena nähtävyytenä korona, jonka muoto- ja kirkkaussuhteita on tarkattava. Korona on erinomainen kohde valokuvaukseen innostuneelle harrastelijalle. Varsin kiintoisia kuvia voi saada värivalokuvauksella, vaikka asiassa on tietenkin vaikeutensa. Valokuvauskone kiinnitetään sopivaan kaukoputkeen, koska ilman kaukoputkea tai kauko-objektiveja valokuvattaessa Auringon kuvasta tulee mitättömän pieni.

Koko pimennyksen ajan, olipa se täydellinen tai osittainen, on kiintoisa tehdä havaintoja ilmatieteellisistä ilmiöistä ja luonnosta. Lämpötilan lasku on täydellisen pimennyksen aikana useita asteita, osittaisen vähemmän. Täydellisen pimennyksen aikana esiintyy pimennystuuli. Kuinka voimakkaana ja mihin suuntaan se kulkee? Näkyykö lentäviä varjoja? Mikä on niiden suunta ja nopeus? Ne näkyvät parhaiten maahan asetetulla valkealla vaatteella.

Vielä voi tehdä havaintoja kotieläinten, lintujen ja hyönteisten käyttäytymisestä. Lopettavatko linnut laulunsa ja menevät yöpuulle? Sulkeutuvatko kukat kuten yöksi j.n.e.

#### *Merkuriuksen ja Venuksen ohikulut.*

Sisäplaneettojen kulku Auringon pinnan editse on harvinainen tähtitieteellinen tapahtuma. Periaatteellisesti katsoen tapahtuu silloin oikeastaan rengasmainen auringonpimennys, mutta kun pimentävä kappale on tällöin niin kovin kaukana, ei pimennystä voi huomata, ellei sitä nimenomaan tarkata.

Aikoinaan Merkuriuksen ja varsinkin Venuksen ohikulut olivat tähtitieteilijöiden jännityksellä odottamia ilmiöitä, sillä niiden avulla voitiin määrätä Maan etäisyys Auringosta. Kun nyt on kehitetty siihen tarkoitukseen sopivampia keinoja, ovat nämä menettäneet suurimman osan mielenkiintoaan.

On hyvin vaikeata määrätä havainnolla tarkkaa aikaa, jolloin planeetta tulee Auringon pinnalle ja erkanee siitä. Varsinkin n.s. sisäpuolisten kontaktien, toisin sanoen niiden hetkien havaitseminen, jolloin planeetta sivuaa Aurinkoa sisäpuolisesti, on hyvin vaikeata n.s. pisaranmuodostuksen takia. Kun planeetta on jo (tai vielä) aivan pyöreänä ja mustana, näkyy Auringon reunan sisäpuolella selvä musta silta, pisara, joka yhdistää sen Auringon reunaan. Tämä johtuu valon taipumisilmästä ja tulee sitä vähemmän haitalliseksi, mitä suurempia kaukoputkea käytetään.

Ohikulut voivat sattua vain silloin, kun kysymyksessä olevan planeetan radan

solmu on Maasta katsoen Auringon suunnassa ja lisäksi planeetta on tällä kohdalla rataansa. Ensinmainittu ehto on kumpaankin planeettaan nähden täytetty määräpäivinä kaksi kertaa vuodessa. Näin ollen voikin Merkuriuksen ohikulkuja sattua vain toukokuun 12 p:n ja marraskuun 10 p:n tienoilla ja Venuksen ohikulkuja vain kesäkuun ja joulukuun 6 p:n tienoilla.

Allaolevasta selviävät Merkuriuksen ohikulut vv. 1920—2000 ja Venuksen ohikulut vv. 1600—2100.

Merkurius		Venus
8. 5. 1924	9. 5. 1970	6. 12. 1631
8. 11. 1927	9. 11. 1973	4. 12. 1639
12. 11. 1940	8. 5. 1983	3. 6. 1769
13. 11. 1953	12. 5. 1986	9. 12. 1874
6. 11. 1960	24. 5. 1999	6. 12. 1882
		8. 6. 2004
		6. 6. 2012

#### *Merkuriuksen havaitseminen.*

Aurinkokuntamme sisin planeetta, Merkurius, on kirkas tähti. Kirkkaimmillaan ollen se loistaa  $-1.2$  suuruusluokan tähtenä ja himmeimmilläänkin ollen se on vielä ensiluokan tähti, suuruusluokka  $+1.2$ . Se, ettei se koskaan etene kauemaksi Auringosta kuin korkeintaan  $28^\circ$  etäisyyteen, tekee sen varsin vaikeasti havaittavaksi taivaankappaleeksi. Kun Merkuriuksen kiertoaika on 88 vuorokautta, on se näennäisessä ääri-asennossaan joko Auringon vasemmalla puolella, iltatähtenä, tai oikealla puolella, aamutähtenä, keskimäärin joka 58:s vuorokausi. Päivantasajaan tienoilla, jossa Merkuriuksen rata on Auringon laskiessa ja noustessa melko kohtisuoraan taivaanrantaan vastaan, se näkyykin helposti juuri ennen Auringon nousua tai heti Auringon laskun jälkeen. Mutta meillä, täällä pohjoisilla leveysasteilla se ei näy edes läheskään kaikissa ääri-asennoissaan. Vain silloin, kun Maa on sellaisella puolella Merkuriuksen rataa, että rata leikkaa mahdollisimman jyrkästi taivaanrannan ja Merkurius on samalla ääri-asennossa radassaan, se voidaan nähdä muutaman viikon aikana. Tuollaisia tilaisuuksia on kahdesti vuodessa: maaliskuussa Merkuriuksen ollessa Auringon itäpuolella ratansa »ylimmässä» kohdassa (ajattelemme siis Maan pohjoisnavan puolen »ylemmäksi» puoleksi), ja syys—lokakuussa Merkuriuksen ollessa samassa kohdassa rataansa ja näkyessä siis Auringon länsipuolella eli aamutähtenä.

Kun haluaa nähdä Merkuriuksen, on siis katsottava almanakasta, onko siellä maaliskuussa merkintää: ☿ itäis. ☉ tai syys—lokakuussa: ☿ länt. ☉ ja jos on, tarkattava keväällä, Merkuriuksen ollessa itäisimpänä, länsitaivasta Auringon laskettua, tai syksyllä, Merkuriuksen ollessa läntisimpänä, itätaivasta ennen Auringon nousua. Parhaimmassa tapauksessa voi sattua, että Merkurius laskee vasta n. 2 t. Auringon laskun jälkeen tai nousee jo 2 t. ennen Aurinkoa. Hyvällä kaukoputkella voi selvästi havaita Merkuriuksen vaiheet.



Mainittakoon, että KOPPERNIKUS valitti kuolinvuoteellaan, ettei hän koskaan ollut tullut nähneeksi Merkuriusta.

#### Jupiterin kuut.

Jupiterin neljän suurimman kuun suuruusluokat ovat 5.5, 5.7, 5.1 ja 6.3. Ne ovat siis niin kirkkaita, että kolme niistä näkyisi paljain silminkin, ellei Jupiterin läheisyys aiheuttaisi häikäisyä. Jo pienelläkin tähtikaukoputkella kuut eroittaa. Kuiden asemat eri iltoina saadaan tietää etukäteen tähtitieteellisistä vuosikirjoista, mutta niiden kiertoa voi tarkastella mainiosti ilman kirjojakin ja se onkin hyvin kiintoisaa puuhaa harrastelijalle.

Kuut aiheuttavat monenlaisia ilmiöitä. Kuunpimennys sattuu kuun mennessä Jupiterin taakse heittämään varjoon. Okkultaatioon verrattava tapahtuma sattuu, kun kuu peittyy Jupiterin taa, hikulku taas, jos kuu kulkee Jupiterin editse. Tällöin sattuu tavallisesti, että kuun varjo liikkuu mustana täplänä poikki Jupiterin pinnan. Jupiterissa on silloin auringonpimennys. Tätä ilmiötä tuskin näkee pienemmällä kaukoputkella kuin sellaisella, jossa on 7 cm objektiivi. Vielä voi sattua, että kaksi kuuta aiheuttaa keskenään okkultaation tai pimenyksen. Tällöin täytyy Jupiterin rektaskension olla lähellä 8 tai 20<sup>h</sup>.

Kun kuulla on selvästi näkyvä pinta, voivat kaikki ylläselitetyt ilmiöt näkyä myöskin osittaisina.

#### Saturnuksen rengas.

Saturnus kiertää Aurinkoa kuten Maakin pitäen akselinsa suunnan muuttamattomana. Kun akseli on kallellaan Saturnuksen rataa vastaan, näkyy Saturnuksen rengas, samoin kuin itse planeettakin, eri puolilta eri kohdissa rataansa.



1936	1938	1940	1942	1943	1944	1946	1948
1966	1968	1970	1972	1973	1974	1976	1978



1950	1952	1954	1956	1958	1960	1962	1964
1980	1981	1983	1985	1987	1989	1991	1993

K u v a 5 2. Saturnuksen renkaiden vaihtelut vuosina 1936—1993. Pöyhjoissuunta alaspäin, kuten tähtikiikarilla katsottaessa.

Ylläolevista kuvista näemme suurin piirtein, miltä rengas näyttää eri vuosina. Vuonna 1950 katselemme rengasta aivan sen tason suunnasta. Silloin se hetkeksi häviää vallan näkyvistä ja erääseen aikaan näkyy vain renkaan varjo planeetan pinnalla mustana viivana. Sen jälkeen Saturnus kääntää pohjoisen puoliskonsa

Aurinkoon ja Maahan päin. Rengas avautuu enemmän ja enemmän. Muutaman vuoden perästä renkaiden muoto Cassinin leikkauksineen näkyy selvänä ja vuosien 1958—1960 paikkeilla rengas näkyy niin avonaisena, että se peittää koko Saturnuksen eteläpuoliskon näkyvistä.

#### Pyrstötähdet.

Useat tähtitornit maapallolla suorittavat jatkuvaa taivaanvalvontaa valokuvaamalla yö yön perästä kukin aina määräkohdat taivaasta. Näin keksitään tai voidaan ainakin jälestäpäin todeta levyiltä monet uudet tähdet. Pyrstötähdet ja myöskin suurin osa pikkuplaneetoista keksitään joko näin tai systemaattisen etsinnän tietä. Tästä huolimatta sattuu vieläkin, että joku innostunut harrastaja löytää pyrstötähden.

Pyrstötähteä etsittäessä, haetaanpa sitten uutta tai ennen keksittyä, kaukoputken valovoiman tulee olla mahdollisimman suuri ja näkökentän mahdollisimman laaja. Varsinaisten komeetaetsijöiden näkökenttä voi olla jopa 5°:kin. Sensijaan käytetään niin komeettaa etsittäessä kuin sitä tarkasteltaessa mieluummin verrattain vähän suurentavaa okulaaria, koska suurta suurennusta käytettäessä komeetan ennestäänkin vähäinen valomäärä jakautuu yhä laajemmalle ja esiintyy sitä vähemmän silmiinpistävä. Pientä suurennusta käyttäen valo sensijaan tulee paremmin koottuna. Jos pyrstötähden kokonaiskirkkaus on 5—8 suuruusluokkaa, on prismakiikari jo hyvin sovelias väline sen tarkkaamiseen. Useimmat pyrstötähdet löydetään 11—13 suuruusluokan tähtinä, mutta sattuipa vielä niin myöhään kuin v. 1910, että eräs pyrstötähti, 1910 a, keksittiin paljain silmin.

Erään tärkeän osan pyrstötähtihavainnoista muodostaa sen paikanmääräys. Luotettavimmin se tapahtuu tietenkin valokuvauksellisesti, mutta myös mikrometrijavainnot antavat tarkkoja tuloksia. Ja ensi arviointeihin riittää tietenkin kaukoputkella pelkän silmän avulla suoritettu paikan määrittely lähitähtiin nähden. Tällä tavoin on kiintoisaa piirtää tähtikarttaansa komeetan rata.

Toisen puolen pyrstötähtihavainnoista muodostaa sen kirkkauden arvioiminen. Sen suuruusluokka määritellään siten, kuin koko sen valovoima olisi koottuna yhteen pisteeseen. Jos pyrstötähti on 5<sup>m</sup> kirkkaampi, on paras suorittaa arvioinnit lähitähtiin vertaamalla paljain silmin. Himmeämpiä kaukoputkella tarkasteltaessa menetellään usein niin, että kaukoputken okulaaria siirretään oikeasta asennostaan niin, että kuva ei tule polttotasoon, vaan kiintotähdetkin näkyvät suurina läiskinä. Tällöin on helpompi suorittaa vertaus kiintotähtiin. On vain aina muistettava, että näin menetettäessä silmän tulee aina olla yhtä etäällä okulaarista, koska muuten systemaattisten virheiden vaara on suuri. Pyrstötähden kirkkaushavainnoja tehtäessä on käytettävä niin pientä kaukoputkea ja niin pientä suurennusta kuin mahdollista. Jos havaitsija vaihtaa kaukoputkea, on useana peräkkäisenä iltana suoritettava havainnoja kummallakin kaukoputkella systemaattisten virheiden toteamiseksi. Havainnoja ilmoitettaessa on mainittava

myös vertailutähdet ja niiden suuruusluokat samoin kuin myös tiedot käytetystä kaukoputkesta, suurennuksesta, menetelmästä ja ilmastollisista olosuhteista. On huomattava, että kuutamo aiheuttaa merkittävän systemaattisen virhelähteen pyrstötähden kirkkauden arvioimiselle valaisemalla taivaanpohjan. On vältettävä kirkkausarvioiteja kuutamoina, ellei samana yönä voi myös kuuttomana aikana suorittaa vertaushavaintoa.

Pyrstötähden muodon selvittämiseksi on syytä tehdä siitä piirros silloin tällöin. Piirroksessa esitetään sydämen, hunnun ja pyrstön suhteelliset koot ja kirkkaudet. Eikä piirroksesta tietenkään saa unohtaa lähistöllä näkyviä kiintotähtiä.

#### *Auringon ja Kuun näennäiset liikkeet.*

Jokainen vasta-alkajakin voi helposti suorittaa seuraavat havaintosarjat. Parallaktisesti asetetulla kulmanmittauskojeella voidaan seurata Auringon ja Kuun vuorokautista liikettä. Auringon liikettä seurattaessa merkitään päivän kuluessa ainakin kerran tunnissa havaintokirjaan päiväys, paikallinen aika, tuntikulma ja napaetäisyys. Havainnoista voidaan laskea, että Auringon tuntikulma muuttuu  $15^\circ$  tunnissa ja että sen napaetäisyys ei juuri muutu.

Kuun liikettä seurataan parin kuukauden ajan mittaamalla sen tuntikulma ja napaetäisyys muutaman päivän väliajoin. Havaintokirjaan merkitään päiväys, ajankohta, Auringon laskettu tuntikulma, Kuun tuntikulma, tuntikulmien erotus, Kuun napaetäisyys ja Kuun vaihe, joka piirretään havaintokirjaan. Havaintojen perusteella tutkitaan tuntikulmien erotuksen muuttumista ja Kuun napaetäisyyden vaihtelua.

Auringon vuotuisen liikkeen tarkastelua varten seurataan vuoden ajan esim. kiintotähteä Altair. Muutaman viikon väliajoin mitataan sen tuntikulma. Havaintokirjaan merkitään päiväys, ajankohta, Auringon napaetäisyys, joka on lähipäivinä mitattu, Auringon laskettu tuntikulma, Altair'in tuntikulma ja tuntikulmien erotus. Mittaustulosten perusteella merkitään Auringon asema tähtikarttaan.

#### *Tähtijono.*

Etsittäessä jotain heikosti näkyvää tai vaikeasti löydettävää kohdetta tähti-  
taivaalta on käytännöllistä suunnitella ns. tähtijono tuon kohteen löytämisen helpottamiseksi. Tähtijono on ikäänkuin polku, jota myöten kulkiessa ei pääse eksymään. Aloitetaan kirkkaista tai muuten helposti löydettävistä tähdistä ja piirretään paperille ja painetaan mieleen kuinka pitkiä matkoja ja mihin suuntaan kulloinkin on siirrettävä katsetta ja suunnattava kaukoputkea, jotta päästäisiin tähtijonon merkkipisteestä toiseen. Kaukoputkea käytettäessä voidaan näkökentän näennäistä halkaisijaa pitää sopivana mittayksikkönä välimatkoja arvioitaessa. Viitteeksi selitettäköön yksinkertainen tähtijono Andromedan suuren tähtisumun löytämiseksi taivasta paljain silmin tarkkailtaessa.

Pegasusneliön löytää taivaalta helposti. Neliön ylimmän sivun oikeassa päässä on Scheat, vasemmassa Sirrah. Sirrahin vasemmalla puolella, yhtä kaukana kuin Scheat on oikealla, on Mirach vasemmalla. Tiemme, tähtijonomme, kaartuu hieman oikealle tultaessa Scheatista Sirrahin kautta Mirachiin. Nämä kolme ovat kirkkaita 2 luokan tähtiä. Mirachin kohdalla teemme käännöksen oikeaan. Kulma on vielä vähän terävämpikin kuin suora kulma. Kun kuljemme uutta suuntaa neljäosan siitä matkasta, mikä oli Sirrahin ja Mirachin välillä, pääsemme tähden  $\mu$  Andromedae. Suunnilleen yhtä pitkän matkan päässä  $\mu$ :stä eteenpäin, hieman vasemmalle kaartuen on  $\nu$  Andromedae, edellistä vielä hieman himmeämpi tähti. Suunnasta  $\mu-\nu$  etuviistoon oikealle, tämän välin kolmanneksen pituisen matkan päässä häämöittää pitkulainen Andromedan tähtisumu, kuten jokainen voi itse kuuttomana tähtiyönä helposti todeta.

#### *Ajan määräys radion avulla.*

Aikana ennen sähkölennättimen ja radion keksimistä oli tarkan ajan selville saamiseksi suoritettava joko tähtitieteellinen ajanmääräys tai kuljetettava aika kellolla tai kronometrillä sellaisesta keskuspaikasta, jossa tarkka aika oli tunnettu. Helposti voi ymmärtää, kuinka vaikeata oli silloin saada tarkkaa aikaa syrjäseuduille, jopa maaseutukaupunkeihin.

Sähkölennättimen keksimisen jälkeen tilanne tällä alalla helpottui huomattavasti. Keskuspaikan kanssa sähkölennätinyhteydessä olevat paikkakunnat, kuten juuri maaseutukaupungit ja rautatieasemat, saivat helposti ainakin sekunnin tarkkuudella oikean ajan keskuspaikasta, ja niin tieto oikeasta ajasta pääsi jo paljon helpommin leviämään syrjäisemmillekin seuduille. Mutta vasta radion keksiminen ja sen leviäminen yleiseen käyttöön tekivät mahdolliseksi käytännöllisesti katsoen jokaiselle ottaa vastaan oikea aika kelloonsa, jopa melkein joka tunti.

Radion avulla annetaan nykyään kolmenlaisia aikamerkkejä, nimittäin

1. suurelle yleisölle tarkoitettuja yleisradion kuuluttajien antamia aikamerkkejä,
2. jo vaativammatkin tarpeet tyydyttäviä, aikamerkkiasemien antamia n.s. onogo-merkkejä ja
3. tieteellisiin tarkoituksiin käytettäviä n.s. rytmillisiä aikamerkkejä.

Yleisradioitten aikamerkit ovat nykyään jo melko luotettavia ja täsmällisiä. Virhe pysyttelee yleensä alle puolen sekunnin. Harvoin tapaa pariin sekuntiin nousevaa virhettä. Tuollainen tarkkuus riittääkin sekä käytännöllisen elämän että myös melko vaativan tähtitieteenharrastajankin tarpeisiin. Meidän yleisradiomme aikamerkkiä annettaessa kuuluttaja kytkee aikamerkkilaitteen kelloon ja ilmoittaa samalla kellon lähinnä seuraavan puoliminuutin. Laitte lyö automaattisesti, kuuluttajasta riippumatta, lyönnin aikanaan. Kuuluttaja ei siis voi tehdä muunlaisia kuin kokonaisia tai puolen minuutin virheitä. Kaikki muu riippuu kellosta. Aikamerkkiasemien antamien aikamerkkien avulla kello taas pidetään jatkuvasti mahdollisimman tarkkaan oikeassa ajassa.

Ruotsin yleisradiossa kuuluttaja kytkee lähetykseen »Neiti Ajan», joka ilmoittaa ajan lausumalla tunnin, minuutin ja kymmensekunnin.

Englannin yleisradio antaa jokseenkin kaikkien BBC-yhtiön asemien kautta päiväsaikana jokaisen tunnin lopussa kuusi terävää pistettä. Nämä tulevat tasan sekunnin väliajoin, siis sekunteina  $59^m 55^s$ ,  $56^s$ ,  $57^s$ ,  $58^s$ ,  $59^s$  ja  $60^s$ .

Onogo-merkit olivat alkuperäisessä muodossaan seuraavanlaisia. Minuuttina  $56-57$  lähetettiin Morsen aakkosten v-kirjainta . . . —. Seuraavana minuuttina lähetettiin x-kirjainta — . . —, tämän merkin päättyessä lähetettiin o-kirjain — — — niin, että kukin viiva kesti tasan sekunnin, kumpikin väli myös sekunnin ja viimeinen viiva päättyi kellon ollessa tasan  $58^m$ . Seuraavana minuuttina lähetettiin Morsen n-kirjainta — ., niin että piste sattui aina täydelle 10-sekunnille ja minuutin lopussa tuli jälleen o-kirjain kuten edellä. Viimeisenä minuuttina ennen tunnin loppua annettiin g-kirjainta — — ., jälleen niin, että piste sattui täysille 10-sekunneille ja lopuksi tuli taas o-kirjain, niin että viimeinen viiva päättyi tunnin viimeisen sekunnin päättyessä. Kirjaimista o, n, o, g, o signaalit saivat nimensä onogo-signaalit.

Tällä hetkellä ei mikään asema lähetä onogo-signaaleja niiden alkuperäisessä muodossa. Tavallisin muutos on, että o-kirjaimet on korvattu kuudella, sekunnin väliajoin lähetettävällä pisteellä. Amerikkalaisissa signaaleissa lähetetään viiden minuutin ajan pisteitä joka sekuntilyönnillä muuten, mutta orientoinnin vuoksi ensinnä joka minuutista jätetään sekuntien 29, 56, 57, 58 ja 59 pisteet pois, lisäksi minuuttien eroittamiseksi toisistaan minuutista 55 jää sekuntimerkki 51 pois, minuutista 56 sekuntimerkki 52, minuutista 57 sekuntimerkki 53, minuutista 58 sekuntimerkki 54 ja minuutista 59 kaikki sekuntimerkit 51—59, ja tunnin täytyessä lähetetään pitkä ääni, viiva, joka alkaa kellon osoittaessa täydet 60 sekuntia.

Venäläisissä signaaleissa lähetetään alussa valmistavia signaaleja ja tähtiaikasekunteja. Minuuttien 58 ja 59 lopussa, sekunteina 55—60, tulee joka sekuntilyönnillä pisteet. Näiden pistesarjojen välillä, siis minuuttien 58 ja 59 alkupuolella tulee edellisellä m-kirjainta — — ja jälkimmäisellä o-kirjainta — — —.

Seuraavassa onogo-merkkien taulukossa on uudenlaisia onogo-merkkejä merkitty kirjaimella O, amerikkalaisia kirjaimella A ja venäläisiä kirjaimella V.

Tieteellisiä tarkoituksia varten lähetettävänä rytmillisinä aikamerkkeinä lähetetään 300 sekunnin kuluessa 306 merkkiä. Muut näistä ovat lyhyitä pisteitä, mutta minuuttimerkit, jotka sattuvat yhtä aikaa kuin virallisen ajan minuuttihetketkin, ovat noin puolen sekunnin pituisia viivoja. Kun rytmillisiä merkkejä tulee minuutissa yksi enemmän kuin sekuntilyöntejä, niiden väli on 60/61 sekuntia. Niinsanotulla kohdistumakeinolla on tällöin mahdollista verrata kronometrin aika signaaliaikaan jopa muutaman tuhannesosasekunnin tarkkuudella.

Vaikkakin sekä onogo- että rytmilliset signaalit ovat hyvin tarkkoja, eivät nekään ole virheettömiä. Lukuisat aikapalveluksissa olevat asemat eri puolilla maapalloa ottavat vastaan lähetettäviä signaaleja ja Ranskassa sijaitseva keskus-

virasto muokkaa havaintotulokset sekä ilmoittaa kiertokirjeissään noin 8 kuukautta myöhemmin, kuinka paljon virhettä kussakin signaalilähetyksessä oli. Näin päästään myöhemmin todella muutaman tuhannesosasekunnin tarkkuuteen ajanmääräyksessä.

Tärkeimmät ja meillä paraiten kuuluvat onogo- ja rytmilliset aikasignaalit selviävät seuraavista taulukoista. Sarakkeessa »Aika» on annettu lähetyksen l o p p u h e t k i Suomen virallisessa ajassa.

*Tärkeimmät onogo-signaalit.*

Aika	Aseman nimi ja merkki	Aallon pituus	Tyyppi	
4 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup>	Moskova	RZJ <sub>1</sub>	29.85	V
		RZJ <sub>2</sub>	55.76	V
6 o	Moskova	RZJ <sub>1</sub>	29.85	V
		RZJ <sub>2</sub>	55.76	V
6 o	Washington	NSS	1	A
8 o	Moskova	RZJ <sub>1</sub>	29.85	V
10 o	Pariisi	FYP	3308	O
		TMA	29.94	O
12 o	Washington	NSS	1	A
13 45	Moskova	RZJ <sub>1</sub>	29.85	V
		RZJ <sub>2</sub>	55.76	V
16 o	Moskova	RZJ <sub>1</sub>	29.85	V
		RZJ <sub>2</sub>	55.76	V
18 o	Moskova	RZJ <sub>1</sub>	29.85	V
		RZJ <sub>2</sub>	55.76	V
18 o	Washington	NSS	1	A
21 45	Moskova	RZJ <sub>2</sub>	55.76	V
22 o	Pariisi	FYP	3307.6	O
		XWX	45.75	O
24 o	Moskova	RZJ <sub>2</sub>	55.76	V
24 o	Washington	NSS	1	A

<sup>1</sup> Washington lähettää aallonpituuksilla 2443, 68.3, 31.8 ja 23.8 metriä.

## Tärkeimmät rytmilliset aikamerkit.

Aika	Aseman nimi ja merkki		
0 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>	Pariisi	FYP	XWX
4 6	Moskova	RZJ <sub>1</sub>	RZJ <sub>2</sub>
6 6	Moskova	RZJ <sub>1</sub>	RZJ <sub>2</sub>
8 6	Moskova	RZJ <sub>1</sub>	RZJ <sub>2</sub>
10 6	Pariisi	FYP	TMA <sub>2</sub>
12 0	Rugby <sup>1</sup>	GBR	GJH
13 51	Moskova	RZJ <sub>1</sub>	RZJ <sub>2</sub>
16 6	Moskova	RZJ <sub>1</sub>	RZJ <sub>2</sub>
18 6	Moskova	RZJ <sub>1</sub>	RZJ <sub>2</sub>
20 0	Rugby	GBR	GJH
21 51	Moskova	RZJ <sub>2</sub>	
22 6	Pariisi	FYP	XWX
24 6	Moskova	RZJ <sub>2</sub>	

<sup>1</sup> Rugbyn aallonpituudet ovat GBR 18740 ja GJH 28.2 m.

Aallonpituudet saadaan onogo-signaalien taulukosta aseman merkin avulla.

## 14. TÄHTITIEEELLINEN KIRJALLISUUS JA AIKAKAUSLEHDET.

Tähtitieteellisen kirjallisuuden joukko on melko runsas. Vieläpä suomenkielilläkin on saatavissa koko paljon kansantajuisia tähtitieteellisiä kirjoja ja kirjasia.

Systemaattisista, koko tähtitieteen käsittävistä esityksistä mainittakoon prof. ERNST BONSDORFFIN vuosisadan vaihteen tienoilla kirjoittama *Tähtitieteen alkeet* (153 siv.), jonka viimeinen painos ilmestyi v. 1927. Professori ILMARI BONSDORFFIN kuuluisan NEWCOMBIN *Popular Astronomy* mukaan suomeksi sovitama *Tähtitiede*, joka ilmestyi v. 1913, on laajempi, mutta ei tietenkään vielä sisällä nykyään eniten kiinnostavia kiintotähtitieteen saavutuksia. V. 1915 julkaisi leht. KAHLUS suppean kirjasen *Tähtitieteen alkeet* (80 siv.). V. 1929 prof. V. A. HEISKANEN toimitti NEWCOMBIN saman alkuteoksen laajemman saksankielisen painoksen, NEWCOMB-ENGELMANN *Populäre Astronomie* mukaan laajan, 1011 sivuisen suomenkielisen laitoksen nimellä *Tähtimaailma*. Tämä teos, jota voi nimittää jokaisen tähtitieteenharrastajan kirjahyllyn pääkirjaksi, on ollut jo kauan loppuunmyyty, mutta uutta ja uusittua painosta valmistetaan parhaillaan. Suppea, vaikkakin samalla hyvin sisältörikas ja tällä hetkellä ehkä parhaiten ajan tasalla oleva esitys tähtitieteestä sisältyy kuuden, tohtori SUCKSDORFFIN kirjoittaman artikkelin muodossa *Tietojen kirjaan* (I osa 1941, VI osa 1947). Myös *Tietosanakirjan* monet täsmälliset tähtitieteelliset artikkelit ovat tähtitieteenharrastajalle alituisiksi avuksi.

Muusta vanhemmasta suomenkielisestä tähtitieteellisestä kirjallisuudesta mainittakoon seuraavat: SCHEINER, *Maailman avaruus ja sen rakenne* (154 siv. 1904), JOHAN JÄRNEFELT, *Tähtien valossa* (175 siv. 1904), SVANTE ARRHENIUS, *Maailmojen kehitys* (262 siv. 1907), saman tekijän *Maailman arvoitusta ratkaisemassa* (198 siv. 1908) ja *Tähtien kohtalot* (170 siv. 1916), BOHLIN, *Maa ja aurinkokunta* (69 siv. 1908), BRUNO BÜRGELE, *Sinä ja maailmankaikkeus* (80 siv. 1921), AGNES GIBERNE, *Aurinko, kuu ja tähdet* (316 siv. 1921), E. BECKER, *Maailman rakenne ja luonnon voimat* (292 siv. 1922) ja ELIS STRÖMGREN, *Kaikkeuden tähtitarhat* (102 siv. 1926). Tähtitieteen valtavan edistymisen vuoksi viime vuosikymmeninä nämä kirjat ovat menettäneet suurimmaksi osaksi ajankohtaisuutensa, mutta sopivat tietenkin hyvin luettavaksi aloittelijalle ja sille, joka haluaa tutustua tähtitieteen kehitystasoon muutamia kymmeniä vuosia sitten.

Viimeaikaisiin tähtitieteellisiin kirjasiin suomenkielillä kuuluvat viehättävät,

mainiosti kirjoitetut A. S. EDDINGTONin ja JAMES JEANSin kirjoittamat kansantajuiset kirjat EDDINGTON, *Tähdet ja atomit* (144 siv. 1933) ja JEANS, *Maailmankaikkeus* (361 siv. 1935), *Maailmankaikkeuden arvoitus*, (151 siv. 1937) ja *Halki aikojen ja avaruuksien* (211 siv. 1940). Pitää paikkansa, että jos yhden näistä on lukenut, ei toista malta olla hankkimatta.

Varsinaisia oppikirjoja tähtitieteen alalla ei suomeksi ole ilmestynyt, ellemmesellaisiksi halua lukea ensiksi mainittua ERNST BONSDORFFin kirjasta ja V. A. HEISKASEN kirjaa *Pallotähtitieteen perusteet* (183 siv. 1937). Aivan lyhyitä oppikirjamaisia esityksiä on kyllä eri luonnonoppien oppikirjoissa.

Tähtitieteellistä aihetta, vaikkakin täysin filologisessa valossa käsittelee prof. KNUT TALLQVISTIN tutkimus *Eläinrata* (117 siv. 1943).

Suomenkielisistä yleistajuisista kirjasista mainittakoon lopuksi Ursan julkaisemat albumit *Tähtitiedettä harrastajille* I (87 siv. 1926) ja II (122 siv. 1938). Kolmas albumi on suunnitteilla.

Kielitaitoiselle tähtitieteenharrastajalle avautuu luonnollisestikin paljon runsaamman kirjallisuuden varasto käytettäväksi. Ruotsiksi on käännetty yksi JEANSin kirja enemmän kuin suomeksi, nimittäin *Stjärnorna i deras lopp* (171 siv. 1932). Tanskankielellä on ilmestynyt mainio, yliopistollisena kurssikirjanakin käytetty GEELMUYDEN-STRÖMGREN *Laerebog i Astronomi* (347 siv. 1931). Pieni, mutta harrastajille hyvin kiintoisa ruotsinkielinen kirjanen on NILS TAMM'in ja ÅKE WALLENQUISTIN kirjoittama *Amatörastronomen* (126 siv. 1942). Ruotsinkielisessä kirjasarjassa *Verdandis Småskrifter* on ilmestynyt toistakymmentä pikkukirjasta, joissa käsitellään tähtitieteellisiä kysymyksiä. Sekä tanskaksi että ruotsiksi on julkaistu suosituksen arvoinen kirja BENGT STRÖMGREN, *Universets Udforskning* (200 siv. 1940).

Saksankielellä on harrastajakirjoja runsaasti. Niistä mainittakoon seuraavat: ROBERT HENSELING y.m. *Astronomisches Handbuch* (287 siv. 1921), (J. PLASSMANNin julkaisema) HEVELIUS, *Handbuch für Freunde der Astronomie und kosmischen Physik* (675 siv. 1922). Nämä kaksi kirjaa ovat jo neljännesvuosisadan ikäisiä, mutta hyvin käyttökelpoisia. Sisältävät m.m. havaintojen teoriaa ja virheteorian matemaattisia alkeita. Edelleen: LIETZMANN, *Anleitung zur Himmelsbeobachtung* (60 siv. 1922), GRAMATZKI, *Leitfaden der astronomischen Beobachtung* (111 siv. 1928), KLEIN, *Astronomische Abende* (118 siv. 1930), MC KREADY, (saksaksi kääntänyt englanninkielisestä alkuteoksesta IKLÉ) *Sternbuch für Anfänger* (150 siv. 1933), FR. BECKER, *Am Fernrohr* (83 siv. 1936). Tämä kirjanen, joka on eripainos aikakauslehden *Die Himmelswelt* vuosikerran 1936 numeroista 11 ja 12, sisältää erinomaisen keskitetyssä muodossa hyvän katsauksen siitä, mitä taivaalla on harrastajalle nähtävissä. Sama tekijä oli laatinut jo v. 1924 samannimisen, mutta sisällöltään toisenlaisen kirjasen (83 siv. 1924). Nuorimpina tähän ryhmään kuuluvina kirjasina mainittakoon MÜLLER, *Astronomisches ABC für Jedermann* (158 siv. 1938) ja BRANDT, *Himmelswunder im Feldstecher* (96 siv. 1941).

Useat edellämämainituista kirjoista sisältävät hyviä selityksiä ja neuvoja kaukoputkien rakentamiseenkin. Varsinaisesti ja yksinomaisesti tätä asiaa käsittelevät kirjat KRUDY-BRUNN, *Das Spiegelteleskop in Astronomie* (118 siv. 1930), INGALLS, *Amateur Telescope Making* (500 siv. 1933) ja saman tekijän kirjoittama jatko *Amateur Telescope Making, Advanced* (650 siv. 1937). Pitemmille ehtineille harrastajille soveliaista kirjoista mainittakoon W. BECKERIN *Sterne und Sternsysteme* (394 siv. 1942), EDVIN HUBBLÉN *Das Reich der Nebel* (192 siv. 1938) ja GEORG GAMOWIN *Solens födelse och död* (221 siv. 1942). Pelkästään jo erikoisaloihin kohdistuvat kirjat WATERS, *Astronomical Photography* ja SCHILLER, *Einführung in das Studium der Veränderliche Sterne*.

Saksankielisiä teoksia ei nykyään ole juuri saatavissa kirjakaupoista. Ursan kirjastosta voidaan lainata useimpia tässä mainituista. Uusimmista englanninkielisistä, harrastajalle sopivista kirjoista mainittakoon seuraavat: GOLDBERG and ALLER: *Atoms, Stars and Nebulae*, BURNS: *First steps in Astronomy without a Telescope*, WHIPPLE: *Earth, Moon and Planets* ja WATSON: *Between the Planets*. Kaksi viimeksimainittua kuuluu harrastajalle mainioon kirjasarjaan *The Harvard Books on Astronomy*, jota on ilmestynyt ainakin kahdeksan nidettä.

Eri maissa julkaistaan tähtitieteellisiä vuosikirjoja, joista sekä tiedemiehet ja merenkulkijat että harrastajat saavat kaikki tarpeelliset tiedot taivaankappaleitten liikkeistä. Ne sisältävät kiertotähtien asemat ja liikkeet päivästä päivään ja käytännössä tärkeimpien tähtien paikat joka 10 vuorokautena. Lisäksi niissä on runsaasti laskuissa tarvittavia aputaulukoita jne. Meillä tunnetuin näistä vuosikirjoista oli saksalainen *Berliner Astronomisches Jahrbuch*, jonka viimeinen nide oli vuoden 1945 vuosikirja. Tärkein nyt saatavista on englantilainen *Nautical Almanac* ja siihen liittyvä kiintotähtiä koskeva *Apparent Places*. Myös Ranskassa Neuvostoliitossa ja Yhdysvalloissa ilmestyy tällaiset vuosikirjat.

Puhtaasti tieteellisistä yleisteoksista, joista tähtitieteen harrastajakin saa täsmällisiä tieteellisiä tietoja mainittakoon seuraavat. Erinomainen tähtiluettelo B. BOSS, *General Catalogue of 33342 Stars for the Epoch 1950.0*. Teos käsittää viisi nidettä ja on ilmestynyt v. 1934. J. H. MOOREN v. 1932 ilmestynyt *A General Catalogue of the Radial Velocities of Stars, Nebulae and Clusters* sisältää 6739 tähden, sumun ja tähtijoukon säteisnopeudet. AIRKENIN julkaisema *New General Catalogue of Double Stars*, joka käsittää kaksi osaa ja ilmestyi v. 1932, sisältää tiedot 17180 kaksoistähdestä, sekä mm. rata-alkiot niille kaksoistähdille, joiden rata on voitu määrätä. Noin puolen miljoonan tähden kirjoluokkamääräykset sisältyvät 9 osaa käsittävään, vuosina 1918—1924 ilmestyneeseen tähtiluetteloon *The Henry Draper Catalogue*, jonka ovat toimittaneet ANNIE CANNON ja EDWARD PICKERING.

Tähtitieteellisistä kuvateoksista mainittakoon vain ranskalainen, ALPHONSE BERGET'n *Le Ciel* (310 siv. 1923), joka sisältää myös melko laajan tekstipuolen, sekä ROBERT HENSELINGIN *Der neu entdeckte Himmel* (124 siv. 1930).

Tähän teokseen liittyy uusi, harrastajalle sopiva tähtikartta, jossa on

merkitty tähdet 5:een suuruusluokkaan saakka. Tätä karttaa saa kirjakaupoista ja Ursalta ostaa erillisenäkin. Pienempi ja vähäpätöisempi, mutta nimenomaan harrastajalle hänen ulkona tähtiä tarkastellessaan on sopiva esimerkiksi Frankh'sche Verlagshandlung'in v. 1941 julkaisema kierrettävä *Neue Sternkarte*. Aivan erinomainen harrastajan tähtikartta on SCHURIG-GÖTZ: *Tabulae caelestes* (6 painos 1933), joka sisältää tähdet 6:een suuruusluokkaan saakka ja DELPORTE: *Atlas celeste*, jossa on uudet, Kansainvälisen tähtitieteellisen unionin hyväksymät tähtikuvioiden rajat. Muista tähtikartoista mainittakoon vanhempi ja laajempi KLEININ *Stern-Atlas* (1888), FR. BECKERIN *Sternatlas* (Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin u. Bonn) ja P. STUKERIN *Sternatlas für Freunde der Astronomie* (Frankhsche Verlagshandlung, Stuttgart). Täydellisimmät tähtikartat ovat *Bonner-Durchmusterungin kartat*, (1863 ja 1887), jotka sisältävät tähdet 9.2 suuruusluokkaan saakka taivaan pohjoisnavasta deklinatioon — 23° asti. Sen jatkona ilmestyi v. 1893 *Cordoba-Durchmusterungin tähtikartat* taivaan etelänapaan saakka. FRANKLIN ja ADAM ovat julkaisseet 17 suuruusluokan tähtiin saakka ulottuvan karttateoksen koko tähtitaivaasta. Se on valmistettu valokuvauksellista tietä ja käsittää 206 karttalehteä.

Tätä kirjoitettaessa on vielä tuntematonta, mitkä tähtitieteellisten ja tähtitieteenharrastajain lehtien monipäisestä sisarusparvesta ovat säilyneet tai kyenneet aloittamaan ilmestymisensä uudelleen sodan myrskyn mentyä ohi, mutta harrastajille viitteeksi lueteltakoon tässä lopuksi ne tunnetuimmat lehdet, jotka ennen sotaa olivat tilattavissa. Luettelo on peräisin vuodelta 1939 ja siinä mainittu vuosikerran numero tarkoittaa kunkin lehden vuosikertaa v. 1939.

- Astronomia*, (Kobe, Japani) 2. vsk.  
*L'Astronomie*, (Pariisi) 53. vsk.  
*Bulletin de l'Association astronomique du Nord*, (Lille) 12. vsk.  
*Bulletin mensuel de la Société d'Astronomie populaire*, (Toulouse) 30. vsk.  
*Bulletin mensuel, Société Astronomique de Liege*, (Liege, Belgia) 1. vsk.  
*Cassiopeja*, (Lund) 1. vsk. Etelä-ruotsalaisen tähtitieteellisen yhdistyksen *Tycho Brahe*-seuran vuosikirja.  
*Ciel et Terre*, (Brüssel), 55. vsk.  
*Coelum*, (Bologna) 9. vsk.  
*Gazette Astronomique*, (Antwerpen) 26. vsk.  
*Die Himmelswelt*<sup>2</sup>, (Bonn ja Berlin) 50. vsk.  
*Hemel en Dampkring*, (Groningen, Hollanti) 37. vsk.  
*The Journal of the British Astronomical Association*, (Lontoo) 49. vsk.  
*Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, (Toronto) 33. vsk.  
*Journal of the Astronomical Society of South Africa*, (Kapkaupunki) 4. vsk.  
*Nordisk Astronomisk Tidsskrift*<sup>1</sup>, (Kööpenhamina) 20. vsk.  
*Observatory*<sup>1</sup> (Lontoo 63. vsk.)  
*Popular Astronomy*<sup>1</sup>, (Northfield) 47. vsk.  
*Populär Astronomisk Tidsskrift*<sup>1</sup>, (Tukholma) 20. vsk.  
*Revista Astronomica*, (Buenos Aires) 11. vsk.  
*Rise Hvezd*, (Prag) 20. vsk.

- Saturn*, (Belgrad) 5. vsk.  
*Sky and Telescope*<sup>1</sup> (Cambridge) alkanut v. 1941.  
*Die Sterne*<sup>2</sup>, (Leipzig) 19. vsk.  
*Tähtitaivas*<sup>1</sup>, (Turku) Turun Ursan epäsäännöllisin väliajoin ilmestyvä suppea tiedotuslehtinen, joka on lähetetty m.m. Ursan jäsenille ilman tilausta.  
*Urania*, (Barcelona) 28. vsk.

<sup>1</sup> Ilmestyy nykyäänkin varmasti.

<sup>2</sup> Tietävästi lakannut.

## 15. TÄHTITIETEELLINEN YHDISTYS URSA.

Ursa perustettiin alkujaan vuonna 1917. Se toimi aluksi pienissä ja niinsanoaksemme yksityisissä puitteissa. Syksyllä 1921 Ursa päätettiin muodostaa julkiseksi yhdistykseksi ja nykyisen Ursan perustamispäivänä on pidettävä »vanhan Ursan» vuosikokousta 2. 11. 1921, jolloin sääntöjenmukaiset toimihenkilöt valittiin ensimmäisen kerran ja toiminnan katsottiin muuttuneen julkiseksi.

Tähtitieteellisen yhdistyksen Ursan (ennen Tähtitieteenharrastajain yhdistys Ursa) tarkoituksena on olla yhdyssiteenä tähtitiedettä harrastavien Suomen kansalaisten välillä ja levittää tähtitieteen harrastusta laajempiinkin piireihin maassamme.

Toiminta on kohdistunut pääasiassa seuraaviin seikkoihin.

Vuosittain pidetään Helsingissä kolme tai neljä Ursan kokousta, joissa käsitellään tähtitieteellisiä tai tähtitieteen lähitieteisiin kuuluvia kysymyksiä kansantajuisessa tai puolitieteellisessä muodossa. Kokouskutsut lähetetään jäsenille postitse. Samalla tavoin lähetetään muutkin tiedotukset jäsenille.

Ursalla on Helsingissä Kaivopuistossa pieni tähtitorni, jossa jäsenet ovat maksuttomasti oikeutetut käymään tähtinäytännöissä. Innostuneet ursalaiset voivat myös omin päin saada työskennellä tähtitornissa, jos yhdistyksen hallitus katsoo olevan mahdollista tällaisen luvan myöntämiseen.

Yllämainituista kahdesta edusta Ursan maaseutujäsenet eivät juuri hyödy, sillä vain harvinaisen sattuman kauttahan maaseutujäsen voi sovittaa Helsingin matkansa esim. juuri kokousajaksi. Sen sijaan myöskin maaseutujäsentemme tähtitieteen harrastusta voimme edistää melko runsaan kirjastomme avulla. Kirjastomme käsittää runsaasti suomen-, ruotsin-, tanskan- ja saksankielistä kansantajuista ja puolitieteellistä tähtit. kirjallisuutta. Lainaaminen on kaikille jäsenille maksutonta, kuitenkin, jos kirjat tilataan postitse, täytyy lainaajan maksaa postikulut molempiin suuntiin.

Ursan jäsenille on annettu ilmaiseksi Ursan silloin tällöin, tosin aika harvoin, ilmestyvä albumi *Tähtitiedettä harrastajille* aina sen ilmestyessä. Turun Ursan toimesta silloin tällöin ilmestyvä vihkonen *Tähtitaivas* on lähetetty myös kaikille Ursan jäsenille ilmaiseksi.

Ursa on omistanut kaksi elokuvaa, Einsteinin teoriaa käsittelevän elokuvan ja »Luomakunnan ihmeet»-nimisen tähtitiedettä yleensä käsittelevän elokuvan. Näytäntöjä on pidetty runsaasti sekä Helsingissä että maaseudulla. Ursan toimesta järjestettyihin näytäntöihin Ursan jäsenet ovat päässeet ilmaiseksi. Nyt filmit alkavat olla loppuunkuluneita.

Edelleen Ursa välittää vointinsa mukaan kaukoputkia ja muita havaintovälineitä jäsenilleen. Samoin se antaa pyydettyä saatavissa olevia tietoja ja neuvoja tähtitieteellisissä asioissa. Ursan hallituksen jäsenet ovat usein pitäneet radiossa tähtitieteellisiä esitelmiä kansantajuuden tähtitieteen levittämiseksi.

Yhdistyksen toimivuosi kestää syyskuun alusta elokuun loppuun. Syys- tai lokakuussa pidettävä vuosikokous päättää alkavan toimintavuoden vuosimaksun suuruudesta. Tätä nykyä vuosimaksu on 100: —. Jäsen voi maksaa myös kertakaikkisen jäsenmaksun, joka on 15-kertainen vuosimaksu, siis tätä nykyä 1500: —.

Jäseneksi hyväksyy Ursan hallitus jokaisen hyvämaineisen Suomen kansalaisen, joka tahtoo edistää yhdistyksen tarkoituksia ja ilmoittaa hallitukselle haluavansa päästä jäseneksi. Muita vaatimuksia ei ole, ei myöskään mitään ikärajaa. Jos jäsen lyö laimin jäsenmaksun maksamisen, katsoo hallitus hänen luopuneen yhdistyksen jäsenyydestä.

Yhdistyksemme osoite on Helsinki, (Geodeettinen laitos), Itämerenk. 51.

## 16. LUONTO-LIITTO.

*Luonto-liitto* toimii koulujen luonnontieteellisten seurojen ja yksityisten luonnontieteiden harrastajain yhdyssiteenä. Jokainen liiton jäsen voi eri tieteiden piirissä suorittaa ensin hopeisen ja sitten, jos intoa riittää, kultaisen harrastusmerkin.

Tähtitieteen merkkivaatimukset ovat seuraavat:

### *Hopeinen harrastusmerkki.*

A. Tähtitaivaan hyvä tuntemus. Tunnettava pohjoisen tähtitaivaan tähdistöt ja tärkeimmät kiintotähdet. Piirrettävä vihkoon kymmenestä tähdistöstä tähtikartat, joissa on tärkeimmät tähdet. Karttoihin on merkittävä myös sillä hetkellä näkyvät kiertotähdet. Samoin piirrettävä n.s. tähtijono, jonka avulla voidaan lähtemällä helposti löydettävästä tähdestä löytää jokin muuten vaikeasti löydettävä tähti tai esim. tähtisumut

B. Yksinkertaisia tähtitieteellisiä tehtäviä 5 kpl. Sopivia tehtäviä ohjeineen sisältyy tähän julkaisuun. Tehtävistä on kirjoitettava suppea selostus vihkoon.

C. Tehtävä kaksi havaintosarjaa esim. niiden ohjeiden mukaan, jotka sisältyvät tähän julkaisuun.

D. Laskettava vähintään 20 laskutehtävää valittuina tähtitieteen ja valoopin alalta. Tähtitieteen laskut voidaan saada tästä julkaisusta ja valoopin tehtävät URPO KUUSKOSKEN kirjasta: Fysiikan tehtäviä.

E. Keskikoulun tähtitieteen kurssi.

### *Kultainen harrastusmerkki.*

A. Vaihtoehtoisesti

a. Kaukoputken rakentaminen sekä sen suurennuksen, näkökentän ja valo-voiman määrittäminen. Ohjeet voidaan osittain saada esim. ILMARI JÄÄMAAN: Nuorten kokeilijain ja keksijäin kirjasta ja osittain tästä julkaisusta.

b. Muuttuvan tähden havainnoiminen niiden ohjeitten mukaan, jotka on saatavissa tästä julkaisusta.

B. Vaativampia tähtitieteellisiä tehtäviä 5 kpl. Sopivia tehtäviä ohjeineen sisältyy tähän julkaisuun. Tehtävistä on kirjoitettava täydellinen selostus vihkoon.

- C. Laskettava 25 vaikeampaa laskutehtävää tähtitieteen ja valo-opin aloilta, joista sovittava tenttijän kanssa.
- D. Luettava uudemman tähtitieteen alalta jokin sopiva kirja esim. A. S. ED-  
DINGTON: Tähdet ja atomit tai JAMES JEANS: Maailmankaikkeus.

Suorituksia seuraa tentti, jossa tenttijä varmistautuu siitä, että suorittaja tuntee tähtitaivaan, hallitsee keskikoulun tähtitieteen kurssin ja suorittamansa tehtävät, osaa suorittaa hänen kehitystasolleen sopivat laskutehtävät ja on perehtynyt sovittuun uudemman tähtitieteen alalta valittuun kirjaan.

Hopeisen harrastusmerkin saa suorittaa jokainen liiton jäsen iästä ja luokasta riippumatta. Kultaisen harrastusmerkin saavat suorittaa vasta lukioluokilla olevat liittoon kuuluvat oppilaat tai koulua käymättömät liiton jäsenet aikaisintaan sinä vuonna, kun he täyttävät 15 vuotta. Tentissä on arvostelu ankaraa. Tentissä reuttanut saa uusia aikaisintaan kahden kuukauden kuluttua. Jos hän tällöinkään ei vielä läpäise, niin hän menettää mahdollisuutensa tentin suorittamiseen. Toistaiseksi tentti voidaan suorittaa ainoastaan Helsingissä. Tentit suoritetaan jaoston kuraattorille tai hänen avukseen kutsumalleen henkilölle. Tutkintoon ilmoittautuminen tapahtuu kirjeellisesti liiton kautta. Ilmoituksesta on selvittävä ilmoittautujan täydellinen nimi, syntymäaika, koulu, luokka, osoite ja ilmoitus (tarkka) missä aineessa haluaa tenttiä. Ylemmästä tutkinnosta annetaan tietoja suoritettaessa alempaa tenttiä. Alemmasta tutkinnosta ei anneta arvosanoja, mutta ylemmästä jokin seuraavista arvosanoista: approbatur, cum laude approbatur ja laudatur. Arvosana merkitään diplomiin.

Liiton postiosoite on Helsinki, postilokero 252.

## TAULUKOITA JA NUMEROTIETOJA.



17. AJANLASKUTAULUKOITA.

1. Päivämäärän muuttaminen vuoden desimaaleiksi.

Taulukon luvut tarkoittavat k.o. vuorokauden alkuhetkeä.

Pvm	Tamm	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Pvm
1	0.000	0.085	0.162	0.246	0.329	0.413	0.496	0.580	0.665	0.747	0.832	0.914	1
2	.003	.088	.164	.249	.331	.416	.498	.583	.668	.750	.835	.917	2
3	.005	.090	.167	.252	.334	.419	.501	.586	.671	.753	.838	.920	3
4	.008	.093	.170	.255	.337	.422	.504	.589	.674	.756	.841	.923	4
5	.011	.096	.173	.257	.340	.424	.507	.591	.676	.758	.843	.925	5
6	.014	.099	.175	.260	.342	.427	.509	.594	.679	.761	.846	.928	6
7	.016	.101	.178	.263	.345	.430	.512	.597	.682	.764	.849	.931	7
8	.019	.104	.181	.266	.348	.433	.515	.600	.684	.767	.851	.934	8
9	.022	.107	.183	.268	.351	.435	.517	.602	.687	.769	.854	.936	9
10	.025	.110	.186	.271	.353	.438	.520	.605	.690	.772	.857	.939	10
11	.027	.112	.189	.274	.356	.441	.523	.608	.693	.775	.860	.942	11
12	.030	.115	.192	.277	.359	.444	.526	.611	.695	.778	.862	.945	12
13	.033	.118	.194	.279	.361	.446	.528	.613	.698	.780	.865	.947	13
14	.036	.121	.197	.282	.364	.449	.531	.616	.701	.783	.868	.950	14
15	.038	.123	.200	.285	.367	.452	.534	.619	.704	.786	.871	.953	15
16	.041	.126	.203	.288	.370	.454	.537	.622	.706	.789	.873	.956	16
17	.044	.129	.205	.290	.372	.457	.539	.624	.709	.791	.876	.958	17
18	.047	.131	.208	.293	.375	.460	.542	.627	.712	.794	.879	.961	18
19	.049	.134	.211	.296	.378	.463	.545	.630	.715	.797	.882	.964	19
20	.052	.137	.214	.298	.381	.465	.548	.632	.717	.799	.884	.966	20
21	.055	.140	.216	.301	.383	.468	.550	.635	.720	.802	.887	.969	21
22	.058	.142	.219	.304	.386	.471	.553	.638	.723	.805	.890	.972	22
23	.060	.145	.222	.307	.389	.474	.556	.641	.726	.808	.893	.975	23
24	.063	.148	.225	.309	.392	.476	.559	.643	.728	.810	.895	.977	24
25	.066	.151	.227	.312	.394	.479	.561	.646	.731	.813	.898	.980	25
26	.068	.153	.230	.315	.397	.482	.564	.649	.734	.816	.901	.983	26
27	.071	.156	.233	.318	.400	.485	.567	.652	.736	.819	.904	.986	27
28	.074	.159	.236	.320	.403	.487	.569	.654	.739	.821	.906	.988	28
29	.077	—	.238	.223	.405	.490	.572	.657	.742	.824	.909	.991	29
30	.079	—	.241	.326	.408	.493	.575	.660	.745	.827	.912	.994	30
31	.082	—	.244	—	.411	—	.578	.663	—	.830	—	.997	31

Karkausvuosina käytetään:

- 1. 1 — 28. 2 samaa arvoa kuin tavallisinakin vuosina vastaavana päivänä,
- 29. 2 " " " tavallisinakin vuosina 1. 3.,
- 1. 3 — 3. 6 " " " tavallisinakin vuosina vastaavana päivänä + 0.002,
- 4. 6 — 26.10 " " " " " " " " " + 0.001,
- 27.10 — 31.12 " " " " " " " " " " " " " " "

2. Aikamitan muuttaminen vuorokauden desimaaleiksi.

Vrk	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.	2 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	4 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	7 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	9 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	12 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	14 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	16 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	19 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	21 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>
0.0	14 24	28 48	43 12	57 36	1 12 00	1 26 24	1 40 48	1 55 12	2 9 36
0.00	1 26	2 53	4 19	5 46	7 12	8 38	10 5	11 31	12 58
0.000	9	17	26	35	43	52	1 0	1 9	1 18
0.0000	1	2	3	3	4	5	6	7	8

Esimerkki 1. 0.27941 vrk on muutettava tunneiksi, minuuteiksi ja sekunneiksi. Poimimalla taulukosta saamme ilman mitään laskuja

$$\begin{aligned} 0.2 &= 4^h 48^m 00^s \\ 0.07 &= 1 40 48 \\ 0.009 &= 12 58 \\ 0.0004 &= 35 \\ 0.00001 &= 1 \\ \hline 0.27941 &= 6^h 42^m 22^s \end{aligned}$$

Esimerkki 2. 18<sup>h</sup>42<sup>m</sup>19<sup>s</sup> on muutettava vuorokauden desimaaliosiksi.

Taulukosta saamme: 16<sup>h</sup>48<sup>m</sup>00<sup>s</sup> = 0<sup>vrk</sup>7, muuttamatta jää 1<sup>h</sup>54<sup>m</sup>19<sup>s</sup>;  
 1 40 48 = 0.07, " " " 13 31;  
 12 58 = 0.009, " " " 33;  
 26 = 0.0003, " " " 7;  
 7 = 0.00008,

Yhteenlaskemalla tulee 18<sup>h</sup>42<sup>m</sup>19<sup>s</sup> = 0<sup>vrk</sup>77938

3. Juliaanisen jakson päivämäärätaulukko.

Juliaaninen jakso on ajanlaskussa käytetty jakso, joka sisältää niin sanotut Aurinko-, Kuu- ja indiktiojaksot. Aurinkojakson, jonka kuluttua (juliaanisen kalenterin käytössä ollessa) viikonpäivät uusiutuvat samoina kuukaudenpäivinä, pituus on 28 vuotta. Kuujakson pituus on 19 vuotta. Sen kuluttua uudetkuut sattuvat (miltei) samoina kuukaudenpäivinä. Indiktiojaksoa käytettiin keski-aikana ajankohtia määrättäessä. Sen pituus on 15 vuotta. Juliaanisen jakson pituus on näinollen 28 × 19 × 15 = 7980 vuotta. Se laskettiin alkavaksi 1 p:nä tammikuuta v. 4713 e.Kr. juliaanisen kalenterin mukaan.

Juliaanisen jakson päivienlaskutapaa käytetään vielä nykyäänkin muutamien tähtitieteellisten ilmiöiden ja tapahtumien ajankohtia ilmoitettaessa. Esimerkiksi muuttuvien tähtien maksimien ja minimien ajankohdat ilmoitetaan tavallisesti mainitsemalla se juliaanisen jakson päivä, jolloin tähti on kirkkaimmillaan tai himmeimmillään. Näin sen vuoksi, että täten on helpompi laskea pitkiäkin ajanjaksoja kuin jos aika ilmoitetaan vuosissa, kuukausissa ja päivissä, kun sekä vuodet että kuukaudet ovat keskenään eripituisia.

Huomautettakoon, että juliaanisen jakson päivä alkaa klo 12 Greenwichin aikaa kysymyksenä olevana kalenteripäivänä.

Juliaanisen jakson päivätaulukon käyttö on perin vaivatonta ja selviää seuraavista esimerkeistä. Joka tarvitsee taulukkoa vuotta 1945 aikaisemmalta tai vuotta 1969 myöhemmältä ajalta, voi itse helposti laskea lisäyksen tässä annettuun taulukkoon.

**Esimerkki 1.** Mikä juliaanisen jakson päivä on heinäkuun 9 p. 1945, jolloin sattui Suomessa näkyvä täydellinen auringonpimennys?

Taulukosta näemme, että heinäkuun 1945 0 päivä on 2 431 637. Siihen lisäämme 9, jolloin saamme vastauksen: 9. 7. 1945 on juliaanisen jakson päivä 2 431 646.

**Huom.** Tähti päiväluvun edessä merkitsee, että on siirryttävä seuraavaan tuhatlukuun kuin mikä on saman rivin tammikuun sarakeessa. Esimerkiksi 1946 elok. 0 on luettava 2 432 033 eikä 2 431 033.

**Esimerkki 2.** Mikä päivä on juliaanisen jakson päivä 2 437 836? Lähin tätä pienempi luku taulukossa on 2 437 816, joka on 1962, kesäk. 0 päivä. Koska annettu luku on tätä 20 suurempi, on kysymyksessä päivä 1962, kesäk. 20.

### 3. Juliaanisen jakson päivämäärätaulukko.

Vuosi	Tammik. 0	Helmik. 0	Maalisk. 0	Huhtik. 0	Toukok. 0	Kesäk. 0	Heinäk. 0	Elok. 0	Syysk. 0	Lokak. 0	Marrask. 0	Jouluk. 0
1945	2 431 456	487	515	546	576	607	637	668	699	729	760	790
1946	821	852	880	911	941	972	*002	*033	*064	*094	*125	*155
1947	2 432 186	217	245	276	306	337	367	398	429	459	490	520
1948	551	582	611	642	672	703	733	764	795	825	856	886
1949	917	948	976	*007	*037	*068	*098	*129	*160	*190	*221	*251
1950	2 433 282	313	341	372	402	433	463	494	525	555	586	616
1951	647	678	706	737	767	798	828	859	890	920	951	981
1952	2 434 012	043	072	103	133	164	194	225	256	286	317	347
1953	378	409	437	468	498	529	559	590	621	651	682	712
1954	743	774	802	833	863	894	924	955	986	*016	*047	*077
1955	2 435 108	139	167	198	228	259	289	320	351	381	412	442
1956	473	504	533	564	594	625	655	686	717	747	778	808
1957	839	870	898	929	959	990	*020	*051	*082	*112	*143	*173
1958	2 436 204	235	263	294	324	355	385	416	447	477	508	538
1959	569	600	628	659	689	720	750	781	812	842	873	903
1960	934	965	994	*025	*055	*086	*116	*147	*178	*208	*239	*269
1961	2 437 300	331	359	390	420	451	481	512	543	573	604	634
1962	665	696	724	755	785	816	846	877	908	938	969	999
1963	2 438 030	061	089	120	150	181	211	242	273	303	334	364
1964	395	426	455	486	516	547	577	608	639	669	700	730
1965	761	792	820	851	881	912	942	973	*004	*034	*065	*095
1966	2 439 126	157	185	216	246	277	307	338	369	399	430	460
1967	491	522	550	581	611	642	672	703	734	764	795	825
1968	856	887	916	947	977	*008	*038	*069	*100	*130	*161	*191
1969	2 440 222	253	281	312	342	373	403	434	465	495	526	556

### 4. Taulukot tähtiajan laskemiseksi.

$\Theta$  = Tähtiaika  
 $K$  = Virallinen aika  
 $K'$  = Tähtiaika alkaen hetkestä  $K = 0$

$L = I$  keskiauringon pituus  
 $L = II$  » rektaskensio  
 $\lambda$  = Maantieteellinen pituus aika-

mitassa

$$\Theta = K + A + B + C + D + \lambda - 2^h$$

$$K' = \Theta - A - B - C - \lambda + 2^h$$

$$K = K' - E$$

$$L = A + B + C + D \pm 12^h$$

Vuosi	A	Kuukausi	B	K	D	K'	E
1946	1 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> .2	Tammi	9 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> .2	1 <sup>h</sup>	9 <sup>s</sup> .9	1 <sup>h</sup>	9 <sup>s</sup> .8
1947	0 33.0	Tammi*)	6 30 26.7	2	19.7	2	19.7
1948	3 32.5	Helmi	8 36 36.4	3	29.6	3	29.5
1949	2 35.5	Helmi*)	8 32 39.9	4	39.4	4	39.3
1950	1 38.6	Maalis	10 27 0.0	5	49.3	5	49.1
1951	0 41.6	Huhti	12 29 13.2	6	59.1	6	59.0
1952	3 41.2	Touko	14 27 29.9	7	1 <sup>m</sup> 9.0	7	1 <sup>m</sup> 8.8
1953	2 44.2	Kesä	16 29 43.1	8	1 18.9	8	1 18.6
1954	1 47.0	Heinä	18 27 59.8	9	1 28.7	9	1 28.5
1955	0 49.8	Elo	20 30 13.0	10	1 38.6	10	1 38.3
1956	3 48.9	Syys	22 32 26.2	11	1 48.4	11	1 48.1
1957	2 51.5	Loka	0 30 42.8	12	1 58.3	12	1 58.0
1958	1 53.9	Marras	2 32 56.1	13	2 8.1	13	2 7.8
1959	0 56.3	Joulu	4 31 12.7	14	2 18.0	14	2 17.6
1960	3 55.2	*) Karkausvuosina		15	2 27.8	15	2 27.4
1961	2 57.5			16	2 37.7	16	2 37.3
1962	2 0.0			17	2 47.6	17	2 47.1
1963	1 2.5	Päivä	C	18	2 57.4	18	2 56.9
1964	4 1.7			19	3 7.3	19	3 6.8
1965	3 4.5			20	3 17.1	20	3 16.6
1966	2 7.5	1	3 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup> .6	21	3 27.0	21	3 26.4
1967	1 10.3	2	7 53.1	22	3 36.8	22	3 36.2
1968	4 9.9	3	11 49.7	23	3 46.7	23	3 46.1
1969	3 12.9	4	15 46.2	24		24	3 55.9
1970	2 16.0	5	19 42.8	25		25	4 5.7
1971	1 19.0	6	23 39.3				
1972	4 18.6	7	27 35.9				
1973	3 21.3	8	31 32.4	10 <sup>m</sup>	1 <sup>s</sup> .6	10 <sup>m</sup>	1 <sup>s</sup> .6
1974	2 24.0	9	35 29.0	20	3.3	20	3.3
1975	1 26.5	10	39 25.6	30	4.9	30	4.9
1976	4 25.6	20	1 <sup>h</sup> 18 51.1	40	6.6	40	6.6
		30	1 58 16.7	50	8.2	50	8.2

## 5. Ajantasaustaulukko.

Ensin haetaan tähtiaikataulukoista suure  $L$ . Sen avulla interpooidaan seuraavasta taulukosta  $z$ .

Tammikuu		Helmikuu		Maaliskuu		Huhtikuu	
$L$	$z$	$L$	$z$	$L$	$z$	$L$	$z$
18 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	- 3 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup>	20 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	- 13 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup>	22 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	- 12 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup>	0 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	- 3 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup>
44	- 3 41	44	- 13 38	44	- 12 4	44	- 3 32
48	- 4 10	48	- 13 46	48	- 11 50	48	- 3 14
52	- 4 38	52	- 13 53	52	- 11 37	52	- 2 56
56	- 5 6	56	- 13 59	56	- 11 23	56	- 2 38
19 0	- 5 33	21 0	- 14 5	23 0	- 11 8	1 0	- 2 21
4	- 6 0	4	- 14 10	4	- 10 54	4	- 2 4
8	- 6 26	8	- 14 13	8	- 10 38	8	- 1 46
12	- 6 52	12	- 14 16	12	- 10 23	12	- 1 30
16	- 7 18	16	- 14 19	16	- 10 7	16	- 1 13
19 20	- 7 42	21 20	- 14 20	23 20	- 9 50	1 20	- 0 57
24	- 8 7	24	- 14 21	24	- 9 34	24	- 4 1
28	- 8 30	28	- 14 21	28	- 9 17	28	- 26
32	- 8 53	32	- 14 20	32	- 9 0	32	- 10
36	- 9 15	36	- 14 18	36	- 8 42	36	+ 5
19 40	- 9 37	21 40	- 14 15	23 40	- 8 25	1 40	+ 19
44	- 9 58	44	- 14 12	44	- 8 7	44	+ 33
48	- 10 18	48	- 14 8	48	- 7 49	48	+ 47
52	- 10 37	52	- 14 3	52	- 7 31	52	+ 1 0
56	- 10 56	56	- 13 58	56	- 7 13	56	+ 1 13
20 0	- 11 14	22 0	- 13 52	0 0	- 6 54	2 0	+ 1 25
4	- 11 31	4	- 13 45	4	- 6 36	4	+ 1 37
8	- 11 47	8	- 13 38	8	- 6 18	8	+ 1 49
12	- 12 3	12	- 13 30	12	- 5 59	12	+ 2 0
16	- 12 18	16	- 13 21	16	- 5 40	16	+ 2 10
20 20	- 12 32	22 20	- 13 11	0 20	- 5 22	2 20	+ 2 20
24	- 12 45	24	- 13 2	24	- 5 3	24	+ 2 30
28	- 12 57	28	- 12 51	28	- 4 45	28	+ 2 39
32	- 13 8	32	- 12 40	32	- 4 26	32	+ 2 47
36	- 13 19	36	- 12 28	36	- 4 8	36	+ 2 55

Taulukko laskettu vuodelle 1950.o. Muutos sadassa vuodessa:

19 <sup>h</sup>	+ 16 <sup>s</sup>	21 <sup>h</sup>	+ 13 <sup>s</sup>	23 <sup>h</sup>	+ 7 <sup>s</sup>	1 <sup>h</sup>	0 <sup>s</sup>
20	+ 15	22	+ 10	0	+ 3	0	- 4

## 5. Ajantasaustaulukko, jatk.

Toukokuu		Kesäkuu		Heinäkuu		Elokuu	
$L$	$z$	$L$	$z$	$L$	$z$	$L$	$z$
2 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	+ 3 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup>	4 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	+ 2 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup>	6 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	- 3 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup>	8 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	- 6 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup>
44	+ 3 9	44	+ 2 8	44	- 4 0	44	- 6 9
48	+ 3 15	48	+ 1 58	48	- 4 11	48	- 6 4
52	+ 3 21	52	+ 1 48	52	- 4 22	52	- 5 59
56	+ 3 26	56	+ 1 37	56	- 4 33	56	- 5 53
3 0	+ 3 30	5 0	+ 1 26	7 0	- 4 43	9 0	- 5 46
4	+ 3 34	4	+ 1 15	4	- 4 52	4	- 5 39
8	+ 3 38	8	+ 1 3	8	- 5 2	8	- 5 32
12	+ 3 40	12	+ 0 51	12	- 5 11	12	- 5 23
16	+ 3 42	16	+ 39	16	- 5 19	16	- 5 14
3 20	+ 3 44	5 20	+ 27	7 20	- 5 27	9 20	- 5 5
24	+ 3 45	24	+ 15	24	- 5 35	24	- 4 55
28	+ 3 45	28	+ 2	28	- 5 42	28	- 4 44
32	+ 3 45	32	- 11	32	- 5 48	32	- 4 33
36	+ 3 44	36	- 24	36	- 5 54	36	- 4 21
3 40	+ 3 43	5 40	- 37	7 40	- 6 0	9 40	- 4 9
44	+ 3 41	44	- 50	44	- 6 5	44	- 3 56
48	+ 3 38	48	- 1 3	48	- 6 9	48	- 3 43
52	+ 3 35	52	- 1 16	52	- 6 13	52	- 3 29
56	+ 3 32	56	- 1 30	56	- 6 16	56	- 3 14
4 0	+ 3 27	6 0	- 1 43	8 0	- 6 19	10 0	- 2 59
4	+ 3 22	4	- 1 56	4	- 6 21	4	- 2 44
8	+ 3 17	8	- 2 9	8	- 6 23	8	- 2 28
12	+ 3 11	12	- 2 22	12	- 6 24	12	- 2 12
16	+ 3 5	16	- 2 35	16	- 6 24	16	- 1 55
4 20	+ 2 58	6 20	- 2 48	8 20	- 6 24	10 20	- 1 38
24	+ 2 51	24	- 3 0	24	- 6 23	24	- 1 21
28	+ 2 43	28	- 3 13	28	- 6 21	28	- 1 3
32	+ 2 35	32	- 3 25	32	- 6 19	32	- 0 45
36	+ 2 26	36	- 3 37	36	- 6 16	36	- 26

Taulukko laskettu vuodelle 1950.o. Muutos sadassa vuodessa:

3 <sup>h</sup>	- 7 <sup>s</sup>	5 <sup>h</sup>	- 13 <sup>s</sup>	7 <sup>h</sup>	- 14 <sup>s</sup>	9 <sup>h</sup>	- 11 <sup>s</sup>
4	- 11	6	- 14	8	- 13	10	- 9

## 5. Ajantasaustaulukko, jatk.

Syyskuu		Lokakuu		Marraskuu		Joulukuu	
L	z	L	z	L	z	L	z
10 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	— 0 <sup>m</sup> 7 <sup>s</sup>	12 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	+ 10 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup>	14 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	+ 16 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup>	16 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	+ 10 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup>
44	+ 12	44	+ 10 37	44	+ 16 22	44	+ 10 36
48	+ 31	48	+ 10 56	48	+ 16 23	48	+ 10 12
52	+ 51	52	+ 11 15	52	+ 16 23	52	+ 9 47
56	+ 1 11	56	+ 11 33	56	+ 16 22	56	+ 9 23
11 0	+ 1 31	13 0	+ 11 51	15 0	+ 16 20	17 0	+ 8 57
4	+ 1 52	4	+ 12 9	4	+ 16 17	4	+ 8 31
8	+ 2 13	8	+ 12 26	8	+ 16 14	8	+ 8 5
12	+ 2 33	12	+ 12 43	12	+ 16 10	12	+ 7 38
16	+ 2 55	16	+ 12 59	16	+ 16 4	16	+ 7 10
11 20	+ 3 16	13 20	+ 13 15	15 20	+ 15 58	17 20	+ 6 42
24	+ 3 37	24	+ 13 30	24	+ 15 51	24	+ 6 14
28	+ 3 58	28	+ 13 45	28	+ 15 43	28	+ 5 45
32	+ 4 20	32	+ 13 59	32	+ 15 35	32	+ 5 16
36	+ 4 41	36	+ 14 13	36	+ 15 25	36	+ 4 47
11 40	+ 5 3	13 40	+ 14 26	15 40	+ 15 15	17 40	+ 4 17
44	+ 5 25	44	+ 15 38	44	+ 15 3	44	+ 3 48
48	+ 5 46	48	+ 14 50	48	+ 14 51	48	+ 3 18
52	+ 6 8	52	+ 15 1	52	+ 14 38	52	+ 2 48
56	+ 6 29	56	+ 15 12	56	+ 14 24	56	+ 2 17
12 0	+ 6 51	14 0	+ 15 22	16 0	+ 14 9	18 0	+ 1 47
4	+ 7 12	4	+ 15 31	4	+ 13 54	4	+ 1 17
8	+ 7 34	8	+ 15 39	8	+ 13 37	8	+ 0 46
12	+ 7 55	12	+ 15 47	12	+ 13 20	12	+ 16
16	+ 8 16	16	+ 15 54	16	+ 13 2	16	— 14
12 20	+ 8 37	14 20	+ 16 1	16 20	+ 12 43	18 20	— 44
24	+ 8 57	24	+ 16 6	24	+ 12 24	24	— 1 14
28	+ 9 18	28	+ 16 11	28	+ 12 4	28	— 1 44
32	+ 9 38	32	+ 16 15	32	+ 11 43	32	— 2 14
36	+ 9 58	36	+ 16 18	36	+ 11 21	36	— 2 43

Taulukko laskettu vuodelle 1950.0. Muutos sadassa vuodessa:

11 <sup>h</sup>	— 7 <sup>s</sup>	13 <sup>h</sup>	— 1 <sup>s</sup>	15 <sup>h</sup>	+ 6 <sup>s</sup>	17 <sup>h</sup>	+ 13 <sup>s</sup>
12	— 4	14	+ 2	16	+ 9	18	+ 15

## 6. Pääsiäistaulukko.

Pääsiäisen aika määräytyy seuraavan säännön mukaan: Ensimmäinen pääsiäispäivä on kevättasauspäivän jälkeisen lähimmän täydenkuun hetkeä lähinnä seuraavana sunnuntaina. Kuten tunnettua, määräytyvät useat muut kirkolliset juhlapäivät taas pääsiäisen mukaan. Pääsiäisen ajankohtaa ei kuitenkaan lasketa todellisesta kevättasauspäivästä, eikä todellisesta täydestä kuusta, vaan melko monimutkaisten määräysten perusteella, jotka mm. olettavat kuun liikkeen tasaiseksi. Täten pääsiäinen sattuu kyllä yleensä samaan sunnuntaihin, kuin aluksi sanotun säännönkin mukaan, mutta joskus voi sattua viikon, ja joskus jopa lähes kuukauden poikkeuksia. Viimeksimainittunlainen poikkeus sattui v. 1943, jolloin pääsiäinen oli vasta huhtik. 25 p. vaikka sen olisi pääsäännön mukaan pitänyt olla jo maalisk. 28 p.

Matemaatikko GAUSS on johtanut seuraavan pääsiäispäivän laskutavan, joka antaa voimassa olevien määräysten mukaisen pääsiäispäivän päivämäärän gregoriaanista kalenteria käytettäessä.

Merkitään:  $T$  = kysymyksessä olevan vuoden vuosiluku,

$a$  = jakolaskun  $T$ : 19 jakojäännös,

$b$  = jakolaskun  $T$ : 4 jakojäännös,

$c$  = jakolaskun  $T$ : 7 jakojäännös,

$d$  = jakolaskun  $(19a + M)$ : 30 jakojäännös ja

$e$  = jakolaskun  $(2b + 4c + 6d + N)$ : 7 jakojäännös.

Jos jako menee tasan, on jakojäännös tietenkin = 0. Vuosina 1800—1899 on  $M = 23$  ja  $N = 4$  ja vuosina 1900—2099 on  $M = 24$  ja  $N = 5$ .

Tällöin ensimmäinen pääsiäispäivä on joko maaliskuun  $(22 + d + e)$  päivänä tai huhtikuun  $(d + e - 9)$  päivänä, paitsi jos  $d = 29$  ja  $e = 6$ , ei pääsiäinen ole huhtik. 26, vaan 19 päivänä ja jos  $d = 28$  ja  $e = 6$  sekä  $a > 10$ , ei pääsiäinen ole huhtik. 25 vaan 18 päivänä.

## Pääsiäistaulukko 1901—2000.

1. pääsiäispäivän päivämäärä.

1901 huhtik. 7	1926 huhtik. 4	1951 maalisk. 25	1976 huhtik. 18
1902 maalisk. 30	1927 » 17	1952 huhtik. 13	1977 » 10
1903 huhtik. 12	1928 » 8	1953 » 5	1978 maalisk. 26
1904 » 3	1929 maalisk. 31	1954 » 18	1979 huhtik. 15
1905 » 23	1930 huhtik. 20	1955 » 10	1980 » 6
1906 » 15	1931 » 5	1956 » 1	1981 » 19
1907 maalisk. 31	1932 maalisk. 27	1957 » 21	1982 » 11
1908 huhtik. 19	1933 huhtik. 16	1958 » 6	1983 » 3
1909 » 11	1934 » 1	1959 maalisk. 29	1984 » 22
1910 maalisk. 27	1935 » 21	1960 huhtik. 17	1985 » 7
1911 huhtik. 16	1936 » 12	1961 » 2	1986 maalisk. 30
1912 » 7	1937 maalisk. 28	1962 » 22	1987 huhtik. 19
1913 maalisk. 23	1938 huhtik. 17	1963 » 14	1988 » 3
1914 huhtik. 12	1939 » 9	1964 maalisk. 29	1989 maalisk. 26
1915 » 4	1940 maalisk. 24	1965 huhtik. 18	1990 huhtik. 15
1916 » 23	1941 huhtik. 13	1966 » 10	1991 maalisk. 31
1917 » 8	1942 » 5	1967 maalisk. 26	1992 huhtik. 19
1918 maalisk. 31	1943 » 25	1968 huhtik. 14	1993 » 11
1919 huhtik. 20	1944 » 9	1969 » 6	1994 » 3
1920 » 4	1945 » 1	1970 maalisk. 29	1995 » 16
1921 maalisk. 27	1946 » 21	1971 huhtik. 11	1996 » 7
1922 huhtik. 16	1947 » 6	1972 » 2	1997 maalisk. 30
1923 » 1	1948 maalisk. 28	1973 » 22	1998 huhtik. 12
1924 » 20	1949 huhtik. 17	1974 » 14	1999 » 4
1925 » 12	1950 » 9	1975 maalisk. 30	2000 » 23

## 18. PALLOTÄHTITIEEEN APUTAULUKOITA.

7. Vuotuinen prekessio rektaskensiossa.

$\alpha \backslash \delta$	$-30^\circ$	$-20^\circ$	$-10^\circ$	$0^\circ$	$+10^\circ$	$+20^\circ$	$+30^\circ$	$+40^\circ$	$+50^\circ$	$+60^\circ$	$+70^\circ$	$+80^\circ$
h 0	3 <sup>s</sup> .07	3 <sup>s</sup> .07	3 <sup>s</sup> .07	3 <sup>s</sup> .07	3 <sup>s</sup> .07	3 <sup>s</sup> .07	3 <sup>s</sup> .07	3 <sup>s</sup> .07	3 <sup>s</sup> .07	3 <sup>s</sup> .07	3 <sup>s</sup> .1	3 <sup>s</sup> .1
1	2.87	2.95	3.01	3.07	3.13	3.20	3.27	3.36	3.48	3.67	4.0	5.0
2	2.69	2.83	2.95	3.07	3.19	3.32	3.46	3.63	3.87	4.23	4.9	6.9
3	2.53	2.73	2.91	3.07	3.24	3.42	3.62	3.87	4.20	4.71	5.7	8.4
4	2.40	2.65	2.87	3.07	3.28	3.49	3.74	4.04	4.45	5.08	6.3	9.6
5	2.33	2.60	2.84	3.07	3.30	3.54	3.82	4.16	4.61	5.31	6.6	10.4
6	2.30	2.59	2.84	3.07	3.31	3.56	3.84	4.19	4.67	5.39	6.7	10.6
7	2.33	2.60	2.84	3.07	3.30	3.54	3.82	4.16	4.61	5.31	6.6	10.4
8	2.40	2.65	2.87	3.07	3.28	3.49	3.74	4.04	4.45	5.08	6.3	9.6
9	2.53	2.73	2.91	3.07	3.24	3.42	3.62	3.87	4.20	4.71	5.7	8.4
10	2.69	2.83	2.95	3.07	3.19	3.32	3.46	3.63	3.87	4.23	4.9	6.9
11	2.87	2.95	3.01	3.07	3.13	3.20	3.27	3.36	3.48	3.67	4.0	5.0
12	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.1	3.1
13	3.27	3.20	3.13	3.07	3.01	2.95	2.87	2.78	2.66	2.47	2.1	+1.1
14	3.46	3.32	3.19	3.07	2.95	2.83	2.69	2.51	2.28	1.91	1.2	-0.7
15	3.62	3.42	3.24	3.07	2.91	2.73	2.53	2.28	1.95	1.44	+0.5	-2.3
16	3.74	3.49	3.28	3.07	2.87	2.65	2.40	2.10	1.69	1.07	-0.1	-3.5
17	3.82	3.54	3.30	3.07	2.84	2.60	2.33	1.99	1.53	0.84	-0.5	-4.2
18	3.84	3.56	3.31	3.07	2.84	2.59	2.30	1.95	1.48	0.76	-0.6	-4.5
19	3.82	3.54	3.30	3.07	2.84	2.60	2.33	1.99	1.53	0.84	-0.5	-4.2
20	3.74	3.49	3.28	3.07	2.87	2.65	2.40	2.10	1.69	1.07	-0.1	-3.5
21	3.62	3.42	3.24	3.07	2.91	2.73	2.53	2.28	1.95	1.44	+0.5	-2.3
22	3.46	3.32	3.19	3.07	2.95	2.83	2.69	2.51	2.28	1.91	1.2	-0.7
23	3.27	3.20	3.13	3.07	3.01	2.95	2.87	2.78	2.66	2.47	2.1	+1.1
24	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.1	+3.1

## 8. Vuotuinen prekessio deklinaatiossa.

$\alpha$	0 <sup>m</sup>	10 <sup>m</sup>	20 <sup>m</sup>	30 <sup>m</sup>	40 <sup>m</sup>	50 <sup>m</sup>	60 <sup>m</sup>
0 <sup>h</sup>	+20.0	+20.0	+20.0	+19.9	+19.7	+19.6	+19.4
1	+19.4	+19.1	+18.8	+18.5	+18.2	+17.8	+17.4
2	+17.4	+16.9	+16.4	+15.9	+15.4	+14.8	+14.2
3	+14.2	+13.5	+12.9	+12.2	+11.5	+10.8	+10.0
4	+10.0	+9.3	+8.5	+7.7	+6.9	+6.0	+5.2
5	+5.2	+4.3	+3.5	+2.6	+1.7	+0.9	0.0
6	0.0	-0.9	-1.7	-2.6	-3.5	-4.3	-5.2
7	-5.2	-6.0	-6.9	-7.7	-8.5	-9.3	-10.0
8	-10.0	-10.8	-11.5	-12.2	-12.9	-13.5	-14.2
9	-14.2	-14.8	-15.4	-15.9	-16.4	-16.9	-17.4
10	-17.4	-17.8	-18.2	-18.5	-18.8	-19.1	-19.4
11	-19.4	-19.6	-19.7	-19.9	-20.0	-20.0	-20.0
12	-20.0	-20.0	-20.0	-19.9	-19.7	-19.6	-19.4
13	-19.4	-19.1	-18.8	-18.5	-18.2	-17.8	-17.4
14	-17.4	-16.9	-16.4	-15.9	-15.4	-14.8	-14.2
15	-14.2	-13.5	-12.9	-12.2	-11.5	-10.8	-10.0
16	-10.0	-9.3	-8.5	-7.7	-6.9	-6.0	-5.2
17	-5.2	-4.3	-3.5	-2.6	-1.7	-0.9	0.0
18	0.0	+0.9	+1.7	+2.6	+3.5	+4.3	+5.2
19	+5.2	+6.0	+6.9	+7.7	+8.5	+9.3	+10.0
20	+10.0	+10.8	+11.5	+12.2	+12.9	+13.5	+14.2
21	+14.2	+14.8	+15.4	+15.9	+16.4	+16.9	+17.4
22	+17.4	+17.8	+18.2	+18.5	+18.8	+19.1	+19.4
23	+19.4	+19.6	+19.7	+19.9	+20.0	+20.0	+20.0
24	+20.0						

Esimerkki. Erään tähden koordinaatit olivat v. 1925  $\alpha = 3^{\text{h}}46^{\text{m}}12^{\text{s}}$  ja  $\delta = +12^{\circ}15'.5$ . On laskettava tähden koordinaatit v. 1946.

Prekession rektaskensiotaulukosta saamme  $+10^{\circ}$  sarakkeesta 3<sup>h</sup> riviltä arvon  $+3^{\text{s}}24$  ja 4<sup>h</sup> riviltä sarvon  $+3^{\text{s}}28$ . Rektaskensiota  $3^{\text{h}}46^{\text{m}}12^{\text{s}}$  vastaa siis tässä deklinaatiosarakkeessa arvo  $+3^{\text{s}}27$ , kuten saamme helpolla interpoloinnilla. Vastaavasti saamme  $+20^{\circ}$  sarakkeesta interpoloimalla lukujen  $+3^{\text{s}}42$  ja  $+3^{\text{s}}49$  välillä tähden rektaskensiota vastaavaksi prekession arvoksi  $+3^{\text{s}}47$ . Tämän jälkeen interpoloidaan tähden oikeaa deklinaatiota vastaava arvo lukujen  $+3.27$  ja  $+3.47$  välillä. Interpolaatioyhtälöksi tulee:

$$2^{\circ}19'.3 : 10^{\circ} = x : 0^{\circ}20, \text{ josta } x = +0^{\circ}05.$$

Rektaskension vuotuinen muutos on siis  $+3^{\text{s}}27 + 0^{\circ}05 = +3^{\text{s}}32$ . Koska vuosia on kulunut 21, saadaan kertomalla 21:llä rektaskension koko muutokseksi  $+1^{\text{m}}10^{\text{s}}$ .

Prekession deklinaatiotaulukosta riittää yksisuuntainen interpolaatio. Siitä näkyy, että rektasken-

siota  $3^{\text{h}}40^{\text{m}}$  vastaa muutos  $+11''.5$  ja rektaskensiota  $3^{\text{h}}50^{\text{m}}$  muutos  $+10''.8$ . Tästä saadaan interpolaatioyhtälö:

$6^{\text{m}}12^{\text{s}} : 10^{\text{m}} = x'' : -0''.7$ , josta  $x = -0''.43$ . Vuotuinen deklinaatiomuutos on siis  $11''.5 - 0''.4 = 11''.1$  ja 21 vuotta vastaava muutos  $+3'53''$ .

Siis

$$\begin{aligned} \alpha_{1946} &= 3^{\text{h}}46^{\text{m}}12^{\text{s}} + 1^{\text{m}}10^{\text{s}} = 3^{\text{h}}47^{\text{m}}22^{\text{s}} \\ \delta_{1946} &= 12^{\circ}15'.5 + 3'.5 = 12^{\circ}19'.4. \end{aligned}$$

## 9. Yleisen refraktion taulukko.

lämpötilan ollessa  $0^{\circ}\text{C}$  ja ilmanpaineen 760 Hg-mm.  $z'$  = näennäinen zenit-etäisyys.

$z'$	Refr.	$z'$	Refr.	$z'$	Refr.	$z'$	Refr.
0°	0".0	20°	21".9	40°	0'50".2	60°	1'44".0
2	2.1	22	24.3	42	0'54.2	61	1'48.3
4	4.2	24	26.8	44	0'58.1	62	1'52.8
6	6.3	26	29.4	46	1'2.3	63	1'57.7
8	8.5	28	32.0	48	1'6.8	64	2'2.9
10	10.6	30	34.8	50	1'11.7	65	2'8.5
12	12.8	32	37.6	52	1'17.0	66	2'14.5
14	15.0	34	40.6	54	1'22.7	67	2'21.0
16	17.3	36	43.8	56	1'29.1	68	2'28.1
18	19.6	38	47.0	58	1'36.1	69	2'35.8
20	21.9	40	50.5	60	1'44.0	70	2'44.1

$z'$	Refr.	$z'$	Refr.	$z'$	Refr.
70°	0' 2'44".1	75°	0' 3'41".5	78°	20' 4'44".6
70 30	2'48.6	75 20	3'46.6	78 40	4'52.8
71 0	2'53.3	75 40	3'51.9	79 0	5'1.5
71 30	2'58.3	76 0	3'57.5	79 20	5'10.6
72 0	3'3.5	76 20	4'3.3	79 40	5'20.3
72 30	3'9.0	76 40	4'9.4	80 0	5'30.5
73 0	3'14.8	77 0	4'15.8	80 20	5'41.4
73 30	3'20.9	77 20	4'22.5	80 40	5'53.0
74 0	3'27.3	77 40	4'29.5	81 0	6'5.3
74 30	3'34.2	78 0	4'36.9	81 20	6'18.4
75 0	3'41.5	78 20	4'44.6	81 40	6'32.5

## 10. Refraktiion lämpötila- ja ilmanpainekorjausten taulukko.

Refraktiotaulukon luvut ovat voimassa vain, jos lämpötila on  $0^\circ$  ja ilmanpaine 760 Hg-mm. Jos lämpötila on suurempi kuin  $0^\circ$ , on ilma harvempaa ja taittaa siis vähemmän. Korjaus yhtä astetta kohti ilmenee korjaustaulukosta. Se on kerrottava luvulla, joka ilmoittaa, montako astetta havaintolämpötila poikkeaa  $0^\circ$ :sta. Korjaus vähennetään normaalirefraktion arvosta jos ilma on lämpimämpää ja lisätään jos se on kylmempää kuin  $0^\circ$ .

Jos ilmanpaine on suurempi kuin 760 Hg-mm, on ilma tiheämpää ja taittaa enemmän kuin normaalirefraktion vallitessa. Korjaus saadaan kertomalla korjaustaulukosta saatava luku niiden millimetrien lukumäärällä, jonka verran ilmanpaine eroaa 760:stä. Korjaus on siis lisättävä normaalirefraktioon, jos ilmanpaine on suurempi, ja vähennettävä, jos se on pienempi kuin 760.

$z'$	$\Delta t$ °:tta kohti — jos $t > 0^\circ$ + jos $t < 0^\circ$	$\Delta B$ ilmapaineen mm kohti + jos $B > 760$ — jos $B < 760$
10°	0.04	0.01
20	0.08	0.03
30	0.13	0.05
40	0.18	0.07
50	0.26	0.09
60	0.40	0.14
70	0.58	0.22
80	1.22	0.44

Esimerkki. Tähtien näennäinen korkeus on  $24^\circ 0'.0$ . Lämpötila on  $+18^\circ$  ja ilmanpaine 775 Hg-mm. Mikä on tähden todellinen korkeus?

Tähden näennäinen zenitetsäisyys on  $90^\circ 0'.0 - 24^\circ 0'.0 = 66^\circ 0'.0$ . Päätaulukosta saamme normaalirefraktion arvoksi  $2' 14''.5$ .  $z$ :n arvoa  $66^\circ$  vastaa  $\Delta t$ :n arvo  $0''.51$  ja  $\Delta B$ :n arvo  $0''.19$ . Koska ilma on lämpimämpää kuin  $0^\circ$ , se pienentää refraktiota ja pienenemisen määrä on  $0''.51 \times 18 = 9''.2$ . Koska ilmanpaine on suurempi kuin 760 Hg-mm, se suurentaa refraktiota ja lisäyksen suuruus on  $0''.19 \times 15 = 2''.8$ .

Todellinen refraktio on siis  $2' 14''.5 - 9''.2 + 2''.8 = 2' 8''.1$ .

Tähden todellinen korkeus on  $24^\circ 0'.0 - 2'.1 = 23^\circ 57'.9$ .

Koska korjaustaulukko on likimääräinen, ja  $\Delta t$ :n ja  $\Delta B$ :n suoraviivainen interpolatio ei ole aivan oikea tapa, ei näin suurilla  $z$ :n arvoilla refraktiion suuruutta saada näistä taulukoista muuta kuin  $1''$  tarkkuudella varmasti oikeaksi.

## 11. Ekstinktio.

Ekstinktiolla ymmärretään ilmakehän aiheuttamaa tähden näennäisen kirkkauden alenemista verrattuna sen kirkkauteen zenitissä. Se ilmoitetaan suuruusluokissa. Mitä lähempänä taivaanranta tähti on, sitä pitemmän matkan sen

lähettämä valonsäde joutuu kulkemaan Maan ilmakehässä ja erikoisesti sen alemmissa, tiheämmissä kerroksissa, ja sitä suurempi on myös ekstinktio. Koska ilmakehä imee voimakkaammin sinisiä ja sinipunaisia kuin punaisia ja keltaisia säteitä riippuu ekstinktion suuruus myös tähden väristä. Samoin se on paljon suurempi valokuvattaessa tavallisilla valokuvauslevyillä kuin paljain silmin, visuaalisesti.

Seuraavassa taulukossa annetaan ekstinktion arvo eri korkeuksilla sekä visuaalihavaintoa käytettäessä että valokuvauksellisesti havaittaessa.

Jos ilmanpaine ei ole 760 Hg-mm vaan  $B$  Hg-mm, ekstinktion suuruus saadaan kertomalla taulukosta saatu luku luvulla

$$\frac{B}{760}, \quad \text{siis } E_B = \frac{B}{760} E_{760}$$

Korkeus	Ekstinktio	
	visuaali- havainnoissa	valoku- vauksessa
	m	m
90°	0.00	0.00
80	0.00	0.01
70	0.01	0.02
60	0.03	0.06
50	0.06	0.12
40	0.11	0.24
30	0.19	0.46
25	0.27	0.65
20	0.37	0.90
15	0.55	
10	0.90	

19. AURINKOKUNTA.

12. Maapallon vakioita.

Ekvaattorisäde  $a = 6\,378\,388$  m (HAYFORDIN mukaan).  
 Napasäde  $b = 6\,356\,912$  m ( » » ).  
 Litistyminen  $\frac{a-b}{a} = 1 : 297$  ( » » ).

Meridiaanikaaren pituus (navalta navalle) on  $20\,004\,576$  m (HAYFORDIN mukaan).  
 Maan massa on  $5.974 \cdot 10^{27}$  g  $\simeq 6$  kvadriljoonaa kiloa.  
 Keskietäisyys Maasta Aurinkoon on  $149\,670\,000$  km.  
 Valoaika Maasta Aurinkoon on keskietäisyydellä  $495.28$  (valon nopeus  $299\,774$  km/s).

13. Muita tähtitieteellisiä vakioita ja suureita.

Troopillisen vuoden pituus  $365^{\text{vrk}} 242\,195\,72 - 0^{\text{vrk}} 000\,000\,061\,4$  ( $T-1950$ )  
 Sideerisen vuoden pituus  $365 \cdot 256\,360\,48 + 0 \cdot 000\,000\,001\,1$  ( $T-1950$ )  
 Anomalistisen vuoden pituus  $365 \cdot 259\,642\,86 + 0 \cdot 000\,000\,030\,4$  ( $T-1950$ )  
 Synodisen kuukauden pituus  $29 \cdot 530\,588$   
 Troopillisen kuukauden pituus  $27 \cdot 321\,582$   
 Sideerisen kuukauden pituus  $27 \cdot 321\,661$   
 Anomalistisen kuukauden pituus  $27 \cdot 554\,550$   
 Tähtivuorokausi =  $23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 4^{\text{s}} 091$  keskiaurinkoaikaa.  
 Keskiaurinkovuorokausi =  $24^{\text{h}} 3^{\text{m}} 56^{\text{s}} 555$  tähtiaikaa.  
 Ekliptikan kaltevuus  $\varepsilon = 23^{\circ} 26' 44.84 - 0.4684$  ( $T-1950$ )  
 Nutaatiosta johtuva korjaus ekliptikan kaltevuuteen  $\Delta\varepsilon$  saadaan kaavasta

$$\Delta\varepsilon = 9.21 \cos \mathcal{Q} + 0.55 \cos 2L,$$

jossa  $\mathcal{Q}$  on Kuun radan nousevan solmun pituus ja  $L$  Auringon pituus radassaan.  
 Kuun radan nousevan solmun pituus saadaan kaavasta

$$\mathcal{Q} = 12^{\circ} 106 - 19^{\circ} 3415$$
 ( $T-1950$ ).

Auringon pituus radassaan  $L$  saadaan taulukosta 4. Nutaatiosta johtuva korjaus Auringon pituuteen saadaan kaavasta

$$\Delta L = -17.224 \sin \mathcal{Q} - 1.271 \sin 2L$$

Aberraatiovakio on  $20.47$ .

Prekessiosta johtuvat vuotuiset muutokset tähtien rektaskensiossa ja deklinaatiossa on laskettavissa kaavoilla

$$\Delta\alpha = m^s + n^s \sin \alpha \operatorname{tg} \delta,$$

$$\Delta\delta = n'' \cos \alpha,$$

joissa

$$m^s = 3^s 073\,27 + 0^s 000\,018\,6$$
 ( $T-1950$ ) ja  
 $n^s = 20.046\,8 - 0^s 000\,085$  ( $T-1950$ ) sekä

$$n^s = \frac{1}{15} n''.$$

Jos kysymyksessä on pitkät ajanjaksot käytetään keskiarvoisia  $m$ :n ja  $n$ :n arvoja. Mikäli ei tarvita erikoisen suurta tarkkuutta, prekession suuruus saadaan taulukoista 7 ja 8.

1 valovuosi =  $63275 \times$  Maan radan säde =  $0.3068$  tähtiväliä (parsek) =  $9.460 \times 10^{12}$  km.

1 tähtiväli (parsek) =  $206265 \times$  Maan radan säde =  $3.2598$  valovuotta =  $30.84 \times 10^{12}$  km.

Auringon massa on  $1.983 \times 10^{33}$  g =  $331\,900$  Maan massaa =  $2$  kvintiljoonaa kg. Edellä olevissa kaavoissa  $T$  tarkoittaa vuosilukua.

14. Kiertotähtien radat 1950.0

Nimi ja merkki	Etäisyys auringosta		Kiertoaika auringon ympäri	Radan epäkeskisyyttä	Radan kaltevuus	Nousevan solmun pituus	Perihelin pituus
	Maan etäisyys yksikkönä	Milj. km					
			v vrk				
Merkurius ♀	0.387 099	57.9	0 87.9693	0.205 624	7.004	47.738	76.678
Venus ♀	0.723 332	108.1	0 224.7008	0.006 796	3.394	76.230	130.867
Maa ☉	1.000 000	149.7	1 0.0142	0.016 730	—	—	102.081
Mars ♂	1.523 688	227.8	1 321.7375	0.093 358	1.850	49.171	335.139
Jupiter ♃	5.202 561	777.8	11 314.925	0.048 418	1.306	99.940	13.527
Saturnus ♄	9.554 747	1 428.5	29 167.21	0.055 720	2.491	113.226	92.078
Uranus ♅	19.218 14	2 873.2	84 8.11	0.046 330	0.773	73.727	172.292
Neptunus ♆	30.109 57	4 501.5	164 281.6	0.009 000	1.775	131.231	47.441
Pluto ♇	39.517 74	5 908.1	248 157	0.248 644	17.144	109.633	223.175



## 15. Aurinko ja kiertotähdet.

Nimi	Päiväntasaajan läpimitta			Litistyminen	Tiheys		Massa	Painovoima pinnalla	Pyörähdysaika	Albedo	Päivälämpötila
	km	$\delta = 1$	Näennäisesti		$\delta = 1$	Vesi = 1					
Aurinko	1391 500	109.0	31' 31" — 32' 36"	0	0.26	1.4	331 900	27.9	25—27 <sup>vrk</sup>	—	6 000°
Merkurius	4 130	0.324	4" — 12"	0	1.68	9.3	0.05	0.41	?	0.07	+300° — +400°
Venus...	12 400	0.974	10" — 66"	0	0.88	4.9	0.81	0.88	?	0.59	+50° — +100°
Maa...	12 757	1	—	1:297	1	5.52	1	1	23 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 4 <sup>s</sup>	0.45	—20° — +50°
Mars...	6 650	0.520	6" — 26"	1:93	0.65	3.6	0.11	0.36	24 37 23	0.15	—60° — +20°
Jupiter	145 000	11.4	32" — 48"	1:16	0.23	1.3	318	2.53	9 50	0.56	—100° — —150°
Saturnus	123 000	9.6	16" — 20"	1:11	0.13	0.7	95	1.06	10 14	0.63	
Uranus..	58 000	4.52	4"	1:12	0.23	1.3	14.5	0.92	10 49	0.63	
Neptunus	53 000	4.15	3"	?	0.24	1.3	17.3	0.95	15 8	0.73	
Pluto...	?	?	< 0.3	?	?	?	1.1	?	?	?	

## 16. Kuut.

Planeetta	Kuu	Halkaisija km	Keskietäisyys planeetasta km	Radan epäkäsiksi	Sideerinen kiertoaika vrk	Radan kaltevuus °)	Näenn. suuruus maasta	Keksimisvuosi
$\delta$	Kuu .....	3 476	384 400	0.0549	27.32166	5.15	— 12.5	—
$\delta$	Phobos .....	58	9 300	0.0	0.319	2.0	+ 10	1877
	Deimos .....	16	23 200	0.0	1.262	2.0	12	1877
$\mathcal{J}$	V .....	160	180 000	0.01	0.498	0.0	13	1892
	I Io .....	3 050	428 000	0.00	1.769	0	5.4	1610
	II Europa ..	3 290	682 000	0.00	3.551	0	5.6	1610
	III Ganymedes	5 730	1 087 000	0.00	7.155	0	5.0	1610
	IV Callisto ..	5 390	1 907 000	0.01	16.689	0	6.1	1610
	VI .....		11 600 000	0.16	251	31	14	1904
	VII .....		11 900 000	0.21	260	30	16	1905
	VIII .....		23 800 000	0.38	739	145	17	1908
	IX .....		25 400 000	0.16	804	154	19	1914
	X .....							1938
	XI .....							1938
$\mathcal{H}$	Mimas .....		189 000	0.019	0.942	2.0	12.1	1789
	Enceladus .....		242 000	0.005	1.370	0	11.6	1789
	Tethys .....		300 000	0.000	1.888	1	10.7	1684
	Dione .....		384 000	0.002	2.737	0	10.7	1684
	Rhea .....		536 000	0.001	4.517	0	10.1	1672
	Titan .....	4 370	1 240 000	0.029	15.95	0	8.6	1655
	Themis .....		1 480 000	0.23	20.85	11	17.5	1905
	Hyperion .....	310?	1 510 000	0.104	21.28	1	12.9	1848
	Japetus .....		3 620 000	0.029	79.33	14	10.8	1671
	Phoebe .....		13 400 000	0.166	550.47	149	16.5	1898
$\delta$	Ariel .....		224 000	0.0	2.520	98°	17?	1851
	Umbriel .....		312 000	0.0	4.144	98	17?	1851
	Titania .....	940	512 000	0.0	8.706	98	15	1787
	Oberon .....	870	682 000	0.0	13.463	98	15	1787
$\Psi$	Triton .....	3 600	353 000	0.0	5.877	139°	14	1846

\*) Maan, Uranuksen ja Neptunuksen kuiden ratojen kaltevuudet merkitsevät kaltevuutta ekliptikaan nähden, muiden planeettojen kuiden ratojen kaltevuudet kaltevuutta planeettansa ekvaattoritason nähden.

Maapallon Kuun massa on 0.0123 kertaa Maan massa, eli noin  $7 \times 10^{22}$  kiloa. Sen tiheys on  $3.5 \times$  veden tiheys. Kuu heilahtelee hieman puoleen ja toiseen, joten näemme sen pinnasta 59.0%. Kuun vuorista ovat korkeimmat Curtius 8800 m, Dörfel 7600 m ja Leibniz 7600 m.

## 17. Eräiden pikkuplaneettojen alkioita.

Taulukoiden otsakkeissa  $m_0$  = keskimääräinen oppositiosuuruusluokka,  $a$  = planetoidin radan isosäde, Maan keskietäisyys Auringosta yksikkönä,  $\mu$  = planetoidin keskimääräinen liike vuorokaudessa (Auringosta katsottuna),  $i$  = radan kaltevuus ja  $e$  = radan eksentrisyys.

N:o	Nimi	$m_0$	$a$	$\mu$	$i$	$e$
1	Ceres	7 <sup>m</sup> 4	2.77	771 <sup>"</sup>	10.6	0.08
2	Pallas	8.0	2.77	770	34.8	0.23
3	Juno	8.7	2.67	814	13.0	0.26
4	Vesta	6.5	2.36	978	7.1	0.09
5	Astraea	9.9	2.58	858	5.3	0.19
6	Hebe	8.5	2.42	940	14.8	0.20
7	Iris	8.4	2.39	963	5.5	0.23
8	Flora	8.9	2.20	1086	5.9	0.16
9	Metis	8.9	2.39	962	5.6	0.12
10	Hygiea	9.5	3.14	636	3.8	0.11
11	Parthenope	9.3	2.45	924	4.6	0.10
15	Eunomia	8.6	2.64	825	11.8	0.19
18	Melpomene	9.3	2.30	1020	10.1	0.22
20	Massalia	9.2	2.41	949	0.7	0.14
29	Amphitrite	9.0	2.55	869	6.1	0.07
40	Harmonia	9.2	2.27	1039	4.3	0.04
192	Nausikaa	9.3	2.40	953	6.9	0.25
330	Adalberta	13.5	2.09	1175	20.0	0.00
385	Ilmatar	10.3	2.84	740	13.6	0.13
433	Eros	10.7	1.46	2015	10.8	0.22
434	Hungaria	11.8	1.94	1309	22.5	0.07
531	Zerlina	14.0	2.80	756	34.5	0.19
582	Olympia	12.6	2.61	841	30.0	0.23
588	Achilles	14.2	5.21	298	10.3	0.15
594	Mireille	15.0	2.63	832	32.7	0.35

## 17. Eräiden pikkuplaneettojen alkioita, jatk.

N:o	Nimi	$m_0$	$a$	$\mu$	$i$	$e$
617	Patroclus	12 <sup>m</sup> 6	5.19	300 <sup>"</sup>	22.1	0.14
624	Hektor	13.2	5.14	305	18.3	0.03
659	Nestor	14.4	5.23	296	4.5	0.11
719	Albert	17.6	2.58	854	10.8	0.54
884	Priamus	14.0	5.23	297	8.9	0.12
887	Alinda	17.1	2.52	886	9.0	0.54
911	Agamemnon	13.6	5.13	305	21.9	0.07
944	Hidalgo	17.1	5.80	254	42.5	0.66
945	Barcelona	13.2	2.64	828	32.8	0.16
1036	Ganymed	12.5	2.67	815	26.1	0.54
1143	Odysseus	14.0	5.17	301	3.2	0.09
1208	Troilus	14.8	5.16	303	33.7	0.09
1355	1935 HE	13.1	1.85	1408	22.8	0.04
1373	1935 QN	16.7	3.42	562	38.9	0.32
1391	Carelia	15.8	2.55	870	7.6	0.16
1398	Donnera	15.4	3.16	631	11.9	0.09
1404	Ajax	15.0	5.14	304	18.2	0.11
1407	Lindelöf	15.0	2.76	772	5.8	0.28
1424	Sundmania	14.8	3.19	622	9.2	0.07
1437	Diomedes	14.2	5.20	299	20.5	0.05
1453	Fennia	14.8	1.89	1360	23.6	0.03
1509	1938 YG	13.6	1.87	1391	22.3	0.03
—	Apollo	17	1.49	1959	6.4	0.57
—	Adonis	19	1.97	1284	1.5	0.78
—	Hermes	18	1.29	2421	4.7	0.47

Taulukko sisältää 11 ensiksi keksittyä pikkuplaneettaa ja kaikki pikkuplaneetat, joiden keskimääräinen oppositiosuuruusluokka on pienempi (ovat kirkkaampia) kuin 9<sup>m</sup>5 sekä sellaiset, joiden ratojen  $a$ ,  $\mu$ ,  $i$  tai  $e$  on poikkeuksellinen; m.m. kaikki ne pikkuplaneetat (1513:een saakka), joiden keskietäisyys on suurempi kuin 5.00, »trojaanit». Poikkeukselliset, numeroimattomat pikkuplaneetat Apollo, Adonis ja Hermes ovat luettelossa myös. Planeetan kiertoaika saadaan jakamalla luku 1 296 000 taulukossa annetulla luvulla  $\mu$ . Vastaus on vuorokausia. Professori YRJÖ VÄISÄLÄN nimeämät pikkuplaneetat 1391, 1398, 1407, 1424 ja 1453 ovat luettelossa myös.

## 18. Jaksolliset pyrstötähdet,

jotka havaittu useammin kuin kerran (pääasiallisesti E. STRÖMGRENIN mukaan).

Numero	Nimi	Havaittu		Pienin etäisyys Auringosta ( $\delta = 1$ )	Suurin	Radan kaltevuus ekliptikkaa vastaan	Kiertoaika vuosissa
		ensi kerran	viimeksi				
1	Encke	1818	1941	0.3	4.1	12.5	3.3
2	Grigg-Skjellerup	1902	1942	0.9	4.9	17.5	5.0
3	Tempel II	1873	1946	1.3	4.7	12.8	5.2
4	Neujmin II	1916	1926	1.3	4.8	10.6	5.4
5	Brorsen I	1846	1879	0.6	5.6	29.4	5.5
6	Tempel III-Swift	1869	1908	1.2	5.2	5.4	5.7
7	de Vico-Swift	1844	1894	1.4	5.1	2.1	5.9
8	Tempel I	1867	1879	1.8	4.8	9.8	6.0
9	Pons-Winnecke	1819	1945	1.0	5.6	18.9	6.0
10	Forbes	1929	1942	1.5	5.3	4.6	6.4
11	Schwassmann-Wachmann II	1929	1942	2.1	4.8	3.7	6.5
12	Perrine I	1896	1922	1.2	5.8	15.7	6.5
13	Kopf	1906	1945	1.7	5.3	8.7	6.6
14	Giacobini II-Zinner	1900	1946	1.0	6.0	30.7	6.6
15	Biela	1826	1852	0.9	6.2	12.6	6.6
16	d'Arrest	1851	1943	1.4	5.7	18.1	6.6
17	Daniel	1909	1943	1.5	5.7	19.8	6.8
18	Finlay	1886	1926	1.1	6.2	3.4	6.9
19	Holmes	1892	1906	2.1	5.1	20.8	6.9
20	Borrelly	1905	1932	1.4	5.8	30.5	6.9
21	Brooks II	1889	1946	1.9	5.4	5.6	6.9
22	Reinmuth	1928	1935	1.9	5.7	8.0	7.2
23	Faye	1843	1939	1.6	5.9	10.6	7.3
24	Whipple	1933	1940	2.5	5.2	10.2	7.5
25	Oterma III	1943	1946	3.4	4.5	4.0	7.9
26	Schaumasse	1911	1944	1.2	6.8	14.7	8.0
27	Wolf I	1884	1942	2.4	5.8	27.3	8.3
28	Comas Sola	1926	1943	1.8	6.6	13.7	8.5
29	Gale	1927	1938	1.2	8.7	11.7	11.0
30	Tuttle I	1858	1939	1.0	10.3	55.0	13.5
31	Schwassmann-Wachmann I	1927	1942	5.5	7.3	9.4	16.3
32	Neujmin I	1913	1932	1.5	12.0	15.2	17.7
33	Pons-Forbes	1818	1928	0.7	18.0	28.9	27.9
34	Stephan-Oterma	1867	1943	1.6	20.9	18	38
35	Westphal	1852	1913	1.3	30.0	40.9	61.7
36	Brorsen II-Metcalf	1847	1919	0.5	33.2	19.2	69.1
37	Pons-Brooks	1812	1884	0.8	33.7	74.0	71.6
38	Olbers	1815	1887	1.2	33.6	44.6	72.7
39	Halley	—	1910	0.6	35.3	162.2	76.0

Taulukko on laadittu 1943, mutta sen jälkeen tehdyt havainnot on ilmoitettu vuoden 1946 loppuun saakka. Kuten taulukosta ilmenee on useita pyrstötähtiä ilmeisesti kadonnut. Näihin kuuluvat numerot 5, 7, 8 ja 15. Pyrstötähtiä 25 ja 31 voidaan havaita niiden ratojen kaikissa kohdissa.

## 19. Tähdententoparvet.

pääasiallisesti HENSELINGIN mukaan.

Parveen kuuluvia tähdententoja nähdään monesti myös lähinnä edellisinä tai seuraavina päivinä.

Päivä	Säteilypiste		Huomautuksia	Päivä	Säteilypiste		Huomautuksia
	$\alpha$	$\delta$			$\alpha$	$\delta$	
Tammik.				Kesäk.			
2	15 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	+ 53°	nopeita, pitkiä ratoja	7	16 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	- 25°	hitaita, hyvin kirkkaita
5	9 20	+ 57	» , lyhyitä »	13	20 40	+ 61	nopeita
9	14 45	+ 42	»	15	19 25	+ 52	» , pieniä
17	19 40	+ 53	hitaita, kirkkaita	15	19 00	+ 23	hitaita
22	13 50	- 8	hyvin nopeita	18	20 10	+ 24	nopeita
25	12 00	+ 24	nopeita	20	22 20	+ 57	»
Helmik.				28	19 35	+ 39	hitaita
1	14 05	+ 69	hitaita, lyhyitä	Heinäk.			
15	15 45	+ 11	nopeita	5	1 25	+ 23	nopeita
15	17 25	+ 4	»	11	23 15	+ 53	»
20	12 05	+ 34	» , kirkkaita	13	18 05	+ 21	hitaita
20	17 30	+ 36	»	19	20 55	+ 48	nopeita, lyhyitä
Maalisk.				20	17 55	+ 49	»
1	3 10	+ 45	hyvin hitaita	22	1 05	+ 31	»
14	11 40	+ 10	hitaita, kirkkaita	23	22 20	+ 49	» , lyhyitä
14	18 40	- 14	nopeita	25	3 10	+ 43	»
18	21 05	+ 76	hitaita, kirkkaita	28	22 35	- 12	hitaita, pitkiä, »Aqvaridit»
24	10 45	+ 58	nopeita	30	0 25	+ 35	nopeita
27	15 15	+ 32	» , pieniä	31	4 40	+ 50	hitaanlaisia
28	17 30	+ 62	nopeanlaisia	Elok.			
Huhtik.				4	2 00	+ 36	nopeita
17	11 00	- 6	hyvin hitaita	10	3 00	+ 57	» , »Perseidit»
18	14 10	+ 53	nopeita, lyhyitä	16	4 05	+ 48	»
18	15 25	+ 17	» , »	21	4 50	+ 41	»
19	15 15	- 2	hitaita, pitkiä	22	19 25	+ 60	hitaita, kirkkaita
20	18 00	+ 33	nopeita, »Lyridit»	25	22 15	+ 58	nopeanlaisia
25	18 10	+ 21	nopeita, lyhyitä	25	0 20	+ 11	hitaita, lyhyitä
Toukok.				Syysk.			
1	15 55	+ 46	pieniä, lyhyitä	3	23 35	+ 38	hyvin nopeita
5	16 55	- 21	hitaita	4	23 05	0	hitaita, kirkkaita
6	22 30	- 2	nopeita	7	4 10	+ 37	nopeita
7	16 15	+ 7	hitaita, kirkkaita	15	3 10	+ 44	hyvin nopeita
11	15 25	+ 27	» , pieniä	19	0 20	+ 10	hitaita, lyhyitä
15	19 40	0	nopeita	21	2 05	+ 19	»
29	17 35	+ 64	hitaita	22	4 10	+ 22	nopeita
30	22 10	+ 27	nopeita	30	1 40	+ 71	pieniä, lyhyitä

## 19. Tähdentopparvet, jatk.

Päivä	Säteily piste		Huomautuksia	Päivä	Säteily piste		Huomautuksia
	<i>a</i>	<i>δ</i>			<i>a</i>	<i>δ</i>	
Lokak.				Marrask.			
2	4 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	+ 41°	nopeita	13	10 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	+ 22°	nopeita, »Leonidit»
2	15 00	+ 52	hitaita, kirkkaita	16	10 15	+ 41	nopeita
4	8 50	+ 79	nopeita	17	3 30	+ 71	hitaita
4	20 40	+ 77	hitaita	20	4 10	+ 23	» , kirkkaita
8	5 10	+ 31	nopeita	27	1 40	+ 44	hyvin hitaita, »Andromedit»
10	17 50	+ 53	nopeita, »Giacobinidit»	30	12 40	+ 58	nopeita
11	0 50	+ 6	hitaita, kirkkaita	Jouluk.			
14	2 40	+ 20	nopeanlaisia	4	10 50	+ 58	nopeita
14	9 00	+ 68	nopeita	4	7 20	+ 25	hitaita
18	6 10	+ 15	»	5	7 00	+ 11	»
20	7 05	+ 12	»	6	5 20	+ 23	» , kirkkaita
29	7 15	+ 23	hyvin nopeita	8	9 40	+ 47	nopeita
Marrask.				8	13 50	+ 71	hyvin nopeita
1	2 50	+ 22	hitaita, kirkkaita	10	7 10	+ 33	nopeita, lyhyitä, »Geminidit»
2	3 40	+ 9	» , »	18	8 55	+ 8	hyvin nopeita
7	5 10	+ 32	nopeanlaisia	22	12 55	+ 67	nopeita

## 20. KIINTOTÄHDET.

## 20. Tähdistöjen nimet lyhennyksineen.

And = Andromeda	Lac = Lacerta, Sisilisko
Ant = Antlia, Ilmapumppu	Leo = Leo, Leijona
Aps = Apus, Paratiisilintu	LMi = Leo minor, Pieni Leijona
Aqr = Aquarius, Vesimies	Lep = Lepus, Jänis
Aql = Aquila, Kotka	Lib = Libra, Vaaka
Ara = Ara, Alttari	Lup = Lupus, Susi
Ari = Aries, Oinas	Lyn = Lynx, Ilves
Aur = Auriga, Ajomies	Lyr = Lyra, Lyyra
Boo = Bootes, Karhunvartija	Men = Mensa, Pöytä
Cae = Caelum, Veistotaltta	Mic = Microscopium, Mikroskooppi
Cam = Camelopardalis, Kirahvi	Mon = Monoceros, Yksisarvinen
Cnc = Cancer, Krapu	Mus = Musca, Kärpänen
CVn = Canes venatici, Ajokoirat	Nor = Norma, Viivoitin
CMa = Canis major, Iso koira	Oct = Octans, Oktantti
CMi = Canis minor, Pieni koira	Oph = Ophiuchus, Käärmeenkantaja
Cap = Capricornis, Kauris	Ori = Orion
Car = Carina, Köli	Pav = Pavo, Riikinkukko
Cas = Cassiopeja	Peg = Pegasus
Cen = Centaurus	Per = Perseus
Cep = Cepheus	Phe = Phoenix, Paratiisilintu
Cet = Cetus, Valas	Pic = Pictor, Maalari
Cha = Chameleon, Kameleontti	Psc = Pisces, Kalat
Cir = Circinus, Harppi	PsA = Piscis austrinus, Etelän kala
Col = Columba, Kyyhky	Pup = Puppis, Peräkeula
Com = Coma Berenices, Bereniken hiukset	Pyx = Pyxis, Kompassi
CrA = Corona australis, Etelän kruunu	Ret = Reticulum, Verkko
CrB = Corona borealis, Pohjan kruunu	Sge = Sagitta, Nuoli
Crv = Corvus, Korppi	Sgr = Sagittarius, Jousimies
Crt = Crater, Malja	Sco = Scorpius, Skorpioni
Cru = Crux, Etelänristi	Scl = Sculptor, Kuvanveistäjä
Cyg = Cygnus, Joutsen	Sct = Scutum Sobiesii, Sobieskin kilpi
Del = Delphinus, Delfiini	Ser = Serpens, Käärme
Dor = Dorado, Kultakala	Sex = Sextans, Sekstantti
Dra = Draco, Lohikäärme	Tau = Taurus, Härkä
Equ = Equuleus, Pikku hevonen	Tel = Telescopium, Kaukoputki
Eri = Eridanus, Eridanus-virta	Tri = Triangulum, Kolmio

For = Fornax, Sulatusuuni  
 Gem = Gemini, Kaksoiset  
 Gru = Grus, Kurki  
 Her = Hercules  
 Hor = Horologium, Kello  
 Hya = Hydra, Vesikäärme  
 Hyd = Hydrus, Etelän vesikäärme  
 Ind = Indus, Intiaani

TrA = Triangulum australe, Etelän kolmio  
 Tuc = Tucana, Tukaani  
 UMa = Ursa major, Iso karhu  
 UMi = Ursa minor, Pieni karhu  
 Vel = Vela, Purje  
 Vir = Virgo, Neitsyt  
 Vol = Volans, Lentokala  
 Vul = Vulpecula, Kettu

## 21. Kreikan kielen aakkoset.

<i>A</i>	<i>a</i>	Alfa	<i>I</i>	<i>i</i>	Jota	<i>P</i>	<i>ρ</i>	Rho
<i>B</i>	<i>β</i>	Beta	<i>K</i>	<i>κ</i>	Kappa	<i>Σ</i>	<i>σ, ζ</i>	Sigma
<i>Γ</i>	<i>γ</i>	Gamma	<i>Λ</i>	<i>λ</i>	Lambda	<i>T</i>	<i>τ</i>	Tau
<i>Δ</i>	<i>δ</i>	Delta	<i>M</i>	<i>μ</i>	My	<i>Υ</i>	<i>ν</i>	Ypsilon
<i>E</i>	<i>ε</i>	Epsilon	<i>N</i>	<i>ν</i>	Ny	<i>Φ</i>	<i>φ</i>	Phi
<i>Z</i>	<i>ζ</i>	Zeta	<i>Ξ</i>	<i>ξ</i>	Ksi	<i>X</i>	<i>χ</i>	Khi
<i>H</i>	<i>η</i>	Eta	<i>O</i>	<i>ο</i>	Omikron	<i>Ψ</i>	<i>ψ</i>	Psi
<i>Θ</i>	<i>θ</i>	Theta	<i>Π</i>	<i>π</i>	Pi	<i>Ω</i>	<i>ω</i>	Omega

## 22. Kiintotähtien yleisluettelo.

Luettelo sisältää kaikki ne kiintotähdet taivaan pohjoisnavasta deklinaatioon  $-30^\circ$  saakka, joiden suuruusluokka on suurempi tai yhtä suuri kuin  $4^m$ .

Kaksoistähdessä annetut tiedot koskevat säännöllisesti päätähteä.

Todellisen kirkkauden yksikkönä on Auringon kirkkaus.

Säteisnopeuden merkkinä on +, jos tähti etääntyy ja -, jos se lähenee; yksikkönä on km/sek.

Halkaisijan pituus on ilmoitettu Auringon halkaisija yksikkönä.

Huomautussarekkeessa on mainittu muutamien tähtien nimi sekä maininta siitä, onko tähti visuaalinen (v:) tai kirjo-opillinen kaksoistähti (s:). Useiden kaksoistähtien kiertoaika on mainittu myös joko vuosissa tai vuorokausissa.

Muuttuvien tähtien suuruusluokkien rajat on mainittu myös huomautussarekkeessa.

Halkaisijoiden arvot ovat osaksi melko epätarkkoja. Sama koskee myös suurimpien kirkkauksien ja suurimpien etäisyyksien arvoja.

Tähtien pintalämpötila voidaan päätellä kirjoluokan perusteella seuraavasti:

valkeat	$\left\{ \begin{array}{l} B_0 \ 22\ 000^\circ \\ B_5 \ 17\ 700 \\ A_0 \ 13\ 500 \\ A_5 \ 10\ 500 \end{array} \right.$	kellertävät	$\left\{ \begin{array}{l} F_0 \ 8\ 600^\circ \\ F_2 \ 7\ 000 \\ G_0 \ 5\ 800 \\ G_5 \ 4\ 900 \end{array} \right.$	punertavat	$\left\{ \begin{array}{l} K_0 \ 4\ 400^\circ \\ K_5 \ 3\ 500 \\ M \ 3\ 200 \end{array} \right.$	tähdet
tähdet		tähdet		tähdet		

## Kiintotähtien yleisluettelo.

suuruusluokkaan  $4^m$  saakka, väillä  $-30^\circ < \delta < +90^\circ$ .

Tähti	Näenn. suur. luokka	Kirjo	Todell. kirkk.	Etäisyys valov.	Säteisnopeus	Halkaisija	Huomautuksia	Tähti	Näenn. suur. luokka	Kirjo	Todell. kirkk.	Etäisyys valov.	Säteisnopeus	Halkaisija	Huomautuksia
Andromeda								Auriga (jatk.)							
$\alpha$	2.2	Ao	20	80	-11	5	Sirrah s: 96.7 vrk.	$\epsilon$	muutt. F5	850	530	-10			$3^m 1-3^m 8$
$\beta$	2.4	Ma	80	75	0	19	Mirach	$\zeta$	3.9	Ko			+11		Haedi
$\gamma$	2.3	Ko	500	220	-11	60	Alamak v:	$\eta$	3.3	B3	350	270	+4	2	
$\delta$	3.5	K2	60	110	-7	13		$\theta$	2.7	Ao	50	105	+29	4	v:
$\lambda$	4.0	Ko	10	80	+7	5	s: 20.5 vrk.	$\iota$	2.9	K2	150	150	+17	36	
$\mu$	3.9	A2	25	95	+8	1		Bootes							
$\nu$	3.6	B5	300	300	-16			$\alpha$	0.2	Ko	80	40	-5	16	Arcturus
Aquarius								$\beta$	3.6	G5	75	160	-20	8	Nekkar
$\alpha$	3.2	Go	800	460	+7	22	Sadelmelik	$\gamma$	3.0	Fo	25	50	-35		
$\beta$	3.1	Go	1 000	530	+6		Sadelsuud	$\delta$	3.5	Ko	45	140	-12	8	
$\gamma$	4.0	Ao	800	80	-21	1	Gjenula	$\epsilon$	2.7	Ko	110	180	-16	16	v: Izar
$\delta$	3.5	A2	35	80	+16		Scheat	$\eta$	2.8	Go	5	35	0	2	s: 497 vrk.
$\epsilon$	3.8	Ao	10	130	-15			$\varrho$	3.8	Ko	60	140	-14	7	
$\lambda$	3.8	Ma	120	210	-8			Cancer							
88	3.8	Ko	80	180	+21			$\beta$	3.8	K2	80	210	+23		
Aquila								Canes venatici							
$\alpha$	0.9	A5	10	15	-25	1	Altair	$\iota_2$	2.1	Ao	180	130	-1	4	Kaarlen sydän s: 5.5 vrk.
$\beta$	3.9	Ko	2	40	-40	2	Alshain	Canis major							
$\gamma$	2.8	K2	200	140	-3		Tarazed	$\alpha$	-1.6	Ao	26	9	-7	1.6	Sirius
$\delta$	3.4	Fo	20	55	-25	2		$\beta$	2.0	B1	1 100	270	+33		Mirzam s: 0.3 vrk.
$\zeta$	3.0	Ao	50	90	-26			$\delta$	2.0	F8	1 600	330	+34		Wezan
$\eta$	muutt. Go	1 300	650			25	$3^m 7-4^m 4$ s: 17 vrk.	$\epsilon$	1.6	B1	1 600	270	+28		Adara
$\theta$	3.4	Ao	180	190	-26	3		$\zeta$	3.1	B3			+32		Kurud
$\lambda$	3.6	B9	50	120	-3	1		$\eta$	2.4	B5			+40		Aludra
Aries								$\sigma^2$	3.1	B5	1 200	460	+49		
$\alpha$	2.2	K2	130	80	-14	16	Hamal	$\sigma$	3.7	K5	600	220	+21		
$\beta$	2.7	A5	20	50	-1	1	Scheratan s: 107 vrk.	$\omega$	3.8	B3			+24		
41	3.7	B8	65	150	+3	1		Canis minor							
Auriga								$\alpha$	0.2	Go	180	45	+29	8	Capella Menkalinan s: 104 vrk.
$\beta$	2.1	Ao	170	110	-19	2		$\alpha$	0.5	F5	5	10	-3	1	Procyon
$\delta$	3.9	Ko	45	140	+8	11		$\beta$	3.1	B8	130	140	+27	2	Gomeiza

Tähti	Näenn. suur. luokka	Kirjo	Todell. kirkk.	Etäisyys valov.	Säteisnopeus	Halkaisija	Huomautuksia
<b>Capricornus</b>							
$\alpha^2$	3.8	G5	75	180	0		Secunda
$\beta$	3.2	G0			-19		Giedi
$\gamma$	3.8	F0	150	230	-32		Sadellabih s: 1375 vrk.
$\delta$	3.0	A5	20	35	-6		Naschira
$\zeta$	3.9	G5	350	1100	+3		Scheddi s: 1.0 vrk.
<b>Cassiopeia</b>							
$\alpha$	2.5	K0	350	220	-4	24	Schedir
$\beta$	2.4	F5	15	45	+12	2	Caph
$\gamma$	2.2	B0	100	90	-7	2	Tsih
$\delta$	2.8	A5	80	110	+9		Rucba
$\epsilon$	3.4	B3	300	265	-7	3	
$\zeta$	3.7	B3	1300	650	+3		
$\eta$	3.6	F8	1	20	+9	1	v:
<b>Cepheus</b>							
$\alpha$	2.6	A5	15	40		1	Alderamin
$\beta$	3.3	B1	800	410	-14	5	Alphirk s: 0.2 vrk.
$\gamma$	3.4	K0	15	45	-42	4	Errai
$\delta$	muutt.	Go	1300	650	-16		$3^m6-4^m3$
$\zeta$	3.6	K0	70	150	-18	14	
$\eta$	3.6	K0	9	45	-87	3	
$\iota$	3.7	K0	55	90	-12	5	
$\mu$	muutt.	Ma	1600	650		71	$4^m0-4^m8$
<b>Cetus</b>							
$\alpha$	2.8	Ma	250	200	-25	69	Menkar
$\beta$	2.2	K0	60	80	+13		Diphda
$\gamma$	3.6	A2	25	80	-5	2	Kaffal-jidhma v: Baten Kaitos
$\zeta$	3.9	K0	45	130	+9		
$\eta$	3.6	K0	60	95	+11		
$\theta$	3.8	K0	15	140	+17		
$\iota$	3.8	K0	80	220	+19		Mira
$\omicron$	muutt.	Md	65	265	+58		S: 330 vrk.
$\tau$	3.6	K0	1	11	-16		$2^m-10^m$
<b>Corona borealis</b>							
$\alpha$	2.3	A0	20	75	+5	1	Gemma s: 14.4 vrk. Nusakan s: 41 vrk.
$\beta$	3.7	F0	35	110	-21		
$\gamma$	3.9	A0	110	160	-9	2	
<b>Corvus</b>							
$\beta$	2.8	G5	100	160	-8		
$\gamma$	2.8	B8	170	150	-4		
$\delta$	3.1	A0	60	110	-2		Algorab
$\epsilon$	3.2	K0	75	120	+5		
<b>Crater</b>							
$\delta$	3.8	K0	45	170	-5		
<b>Cygnus</b>							
$\alpha$	1.3	A2	660		-4	28	Deneb
$\beta$	3.2	K0	125	160	-23		Albireo v: Sadir
$\gamma$	2.3	F8	700	460	-6		v:
$\delta$	3.0	A0	50	95	-19	2	Gjenah
$\epsilon$	2.6	K0	50	70	-10	8	
$\zeta$	3.4	K0	170	180	+17	8	
$\eta$	4.0	K0	75	130	-26	11	
$\iota$	3.9	A2	80	180	-18	11	
$\kappa$	4.0	K0	60	125	-29	5	
$\xi$	3.9	K5	600	530		91	
$\tau$	3.8	F0	8	65	-23	2	s: 0.14 vrk.
$31$	4.0	K0	500	360			
<b>Delphinus</b>							
$\alpha$	3.9	B8	60	180	-7	2	
$\beta$	3.7	F5	9	90	-22	4	v: Amud
$\epsilon$	4.0	B5		360	-19		
<b>Draco</b>							
$\alpha$	3.6	A0		140	-15		Thuban s: 51 vrk.
$\beta$	3.0	G0	500	410	-20	59	Alwaid
$\gamma$	2.4	K5	110	120	-28	57	Etamin
$\delta$	3.2	K0	65	105	+25	6	Nodus secundus
$\epsilon$	4.0	K0	45	160	+3	11	v:
$\zeta$	3.2	B5	80	125	-14	2	Nodus pri- mus

Tähti	Näenn. suur. luokka	Kirjo	Todell. kirkk.	Etäisyys valov.	Säteisnopeus	Halkaisija	Huomautuksia
<b>Draco (jatk.)</b>							
$\eta$	2.9	G5	50	85	-15	6	
$\iota$	3.5	K0	80	110	-11	10	
$\kappa$	3.9	B5	220	250	-6		s: 10 vrk.
$\xi$	3.9	K0		100	-26	10	
$\lambda$	3.7	F8	2	30	+34	1	Giauzar
<b>Eridanus</b>							
$\beta$	2.9	A3	20	65	-11		Cursa
$\gamma$	3.2	K5	130	150	+62		Zaurak
$\delta$	3.7	K0	1	30	-7		Rana secunda
$\epsilon$	3.8	K0	0.4	12	+15		
$\tau^4$	4.0	Mb	170	290	+41		
<b>Fornax</b>							
$\alpha$	4.0	F8	4	40	-21		
<b>Gemini</b>							
$\alpha$	2.0	A0	40	45	+6	2	Castor v:
$\beta$	1.2	K0	45	30	+4	7	Pollux
$\gamma$	1.9	A0	50	70	-11	2	Alhena
$\delta$	3.5	F0	15	60		1	Wasat v:
$\epsilon$	3.2	G5	700	330	+10	69	Mebuta
$\zeta$	muutt.	Go	1300	820	+7	30	$3^m7-4^m1$
$\eta$	muutt.	Ma	200	250	+19	63	Tejat prior $3^m2-4^m2$
$\theta$	3.6	A2	65	140	+14	2	
$\iota$	3.9	K0	50	130	+9	8	
$\kappa$	3.7	G5	55	140	+21	8	
$\lambda$	3.6	A2	30	95		1	
$\mu$	3.2	Ma	170	210	+55	44	Tejat post.
$\xi$	3.4	F5	15	70	+26	2	
<b>Hercules</b>							
$\alpha$	muutt.	Mb	600	460	-32		RasAlgethi $3^m1-3^m9$ v:
$\beta$	2.8	K0	90	150	-26	9	Corneforos
$\gamma$	3.8	F0	25	125		4	
$\delta$	3.2	A2	45	90		2	
$\epsilon$	3.9	A0	50	140	-23	1	s: 4 vrk.
$\zeta$	3.0	Go	3	30	-71	2	v:
$\eta$	3.6	K0	40	70	+7	4	
$\theta$	4.0	K0	350	330	-27		
<b>Hercules (jatk.)</b>							
$\iota$	3.8	B3	600	460	-18		
$\mu$	3.5	G5	2	30	-16	1	
$\xi$	3.8	K0	55	130	-1	9	
$\omicron$	3.8	A0	75	160	-27		
$\pi$	3.4	K5	110	150	-26	22	
$\tau$	3.9	B5	220	300	-14		
109	3.9	K0	50	105	-57	18	
<b>Hydra</b>							
$\alpha$	2.2	K2	200	210	-6		Alphard
$\gamma$	3.3	G5			-6		
$\epsilon$	3.5	F8	10	140	+37	11	v:
$\zeta$	3.3	K0	75	210	+23	19	
$\theta$	3.8	A0	100	170			
$\lambda$	3.8	K0	90	200	+19		
$\nu$	3.3	K0	65	100	-1		
$\pi$	3.5	K0	65	90	+27		
C	4.0	A0	75	180	+7	5	
<b>Lacerta</b>							
7	3.8	A0	25	85	-14	1	
<b>Leo</b>							
$\alpha$	1.3	B8	110	60	+4	2	Regulus
$\beta$	2.2	A2	15	35	-2	1	Denebola
$\gamma$	2.6	K0	75	140	-36		Algieba v:
$\delta$	2.6	A3	15	45	-23	1	Zosma
$\epsilon$	3.1	Go	350	270	+5		Rasalad australis
$\zeta$	3.6	F0	30	220	-14	7	
$\eta$	3.6	A0			+2		Rassulus
$\theta$	3.4	A0	40	130	+7	2	Coxa
$\omicron$	3.8	A3	45	150	+27	3	Subra s: 14.5 vrk.
$\varrho$	3.8	B0	200	270	+41	1	
<b>Leo minor</b>							
46	3.9	K0	13	105	+16	6	
<b>Lepus</b>							
$\alpha$	2.7	F0	220	190	+25		Arneb
$\beta$	3.0	Go	60	150	-14		Nihal
$\gamma$	3.8	F8	3	20	-9		
$\delta$	3.9	K0	5	130	+99		

Tähti	Näenn. suur. luokka	Kirjo	Todell. kirkk.	Etäisyys valov.	Säteisnopeus	Halkaisija	Huomautuksia
<b>Lepus (jatk.)</b>							
$\epsilon$	3.3	K5	75	130	+ 1		
$\zeta$	3.7	A2		70	+ 13		
$\eta$	3.8	F0	8	70	- 2		
$\mu$	3.3	A0	50	110	+ 28		
<b>Libra</b>							
$\alpha$	2.9	A3		45			Kiffa borealis
$\beta$	2.7	B8	150	140			Kiffa australis
$\gamma$	4.0	K0	35	160	- 28		Zuben el akrab
$\sigma$	3.4	Mb	125	140	- 5		
$\tau$	3.8	B3					
$\nu$	3.8	K2	80	135	- 25		
<b>Lynx</b>							
38	3.8	A2	30	110	+ 4	1	
40	3.3	K5	120	140	+ 38	21	
<b>Lyra</b>							
$\alpha$	0.1	A0	60	30	- 14	2	Wega
$\beta$	muutt.	Bo		100	- 19		Scheliak
$\gamma$	3.3	A0	180	210	- 20	5	Sulaphat
<b>Ophiuchus</b>							
$\alpha$	2.1	A5	60	65		2	Ras Alhague
$\beta$	2.9	K0	60	90	- 12	16	Celbalrai
$\gamma$	3.7	A0	100	180		4	
$\delta$	3.0	Ma	110	115	- 19		Yed prior
$\epsilon$	3.3	K0	50	110	- 10		Yed post.
$\zeta$	2.7	Bo	100	360	- 20		Sabik
$\eta$	2.6	A2	30	90	- 1		
$\theta$	3.4	B3	600	360			
$\kappa$	3.4	K0	60	90	- 56		
$\lambda$	3.8	A0	40	120			Marfik
$\nu$	3.5	K0	60	140	+ 12		
67	3.9	B5	800	530	- 3	16	
72	3.7	A3	25	80	- 25	1	
<b>Orion</b>							
$\alpha$	muutt.	Ma	4 000	270	+ 21	460	Betelgeuze
$\beta$	0.3	B8	20 000	530	+ 23		Rigel, v:
$\gamma$	1.7	B2	600	190	+ 16	4	Bellatrix
$\delta$	2.5	Bo	1 200	360	+ 21	6	Mintaka
$\epsilon$	1.8	Bo	3 200	410	+ 27	15	Alnidam
$\zeta$	2.0	Bo	2 900	410	+ 19		Alnitak
$\eta$	3.4	B1	350	460		3	s: 8 vrk.
$\iota$	2.9	Oe5	1 400	460	+ 28		s: 29 vrk.
$\kappa$	2.2	Bo	900	250	+ 20		Saiph
$\lambda$	3.7	Oe5	1 100	530	+ 35	5	Heka
$\pi^3$	3.3	F8	5	25	+ 24	1	
$\pi^4$	3.8	B3	1 800	820	+ 27	16	s: 9.5 vrk.
$\pi^5$	3.9	B3	500	460	+ 23	7	s: 3.7 vrk.
$\sigma$	3.8	Bo	900	460	+ 30		
$\tau$	3.7	B5	300	300	+ 19		
<b>Pegasus</b>							
$\alpha$	2.6	A0	60	95		2	Markab
$\beta$	2.6	Mb	170	160	+ 9	60	Scheat
$\gamma$	2.9	B2	700	330	+ 5		Algenib
$\epsilon$	2.5	K0	250	160	+ 5	26	Enif
$\zeta$	3.6	B8	170	220	+ 7		Hornam
$\eta$	3.1	Go	350	250	+ 4		Matar
$\theta$	3.7	A2	80	125		2	s: 8.18 vrk.
$\iota$	4.0	F5	4	40	- 4	1	s: 10 vrk.
$\mu$	3.7	K0	45	105	+ 15	6	
<b>Perseus</b>							
$\alpha$	1.9	F5	300	165	- 2	14	Algenib
$\beta$	muutt.	B8	220	130	+ 6	4	Algol
$\gamma$	3.1	F5	125	200	+ 1	14	$2^m_2 - 3^m_5$
$\delta$	3.1	B5	250	220	- 5	11	
$\epsilon$	3.0	B1	1 800	530	- 8		
$\zeta$	2.9	B1	2 000	530	+ 20	8	
$\eta$	3.9	K0	400	360	0		
$\kappa$	4.0	K0	65	120	+ 29	8	
$\nu$	3.9	F5	80	195	- 13	6	
$\omega$	3.9	B1	130	290	+ 18	3	s: 4.4 vrk.
$\rho$	muutt.	Mb	130	190	+ 28	18	$3^m_2 - 4^m_1$
$\nu$	3.8	K0	80	150	+ 16	20	

Tähti	Näenn. suur. luokka	Kirjo	Todell. kirkk.	Etäisyys valov.	Säteisnopeus	Halkaisija	Huomautuksia
<b>Pisces</b>							
$\gamma$	3.8	K0	35	130	- 14	6	
$\epsilon$							
$\eta$	3.7	G5	65	250	+ 14	23	
$\omega$	4.0	F5	10	140		8	
<b>Piscis austrinus</b>							
$\alpha$	1.3	A3	30	30	+ 6		Fomalhaut
<b>Puppis</b>							
$\xi$	3.5	Go	1 400	820	+ 1		Asmidiske
$\delta$	2.9	F5	180	210	+ 46		
<b>Sagitta</b>							
$\gamma$	3.7	K5	110	180	- 33	49	
$\rho$	3.8	Ma	300	300	- 2		
<b>Sagittarius</b>							
$\delta$	2.8	K0	100	90	- 20		Kaus medianis
$\zeta$	2.7	A2	25	90	+ 22		
$\lambda$	2.8	K0	50	70	- 43		Kaus borealis
$\mu$	4.0	B8	170	270	- 8		s: 180 vrk.
$\xi^2$	3.6	K0	100	180	- 20		
$\omega$	3.9	K0	50	120	+ 25		
$\pi$	3.0	F2	150	150	- 10		
$\rho$	4.0	A5	10	75	+ 2		
$\sigma$	2.1	B3	450	180	- 11		Alsadira
$\tau$	3.4	K0	50	75			
$\varphi$	3.3	B8	130	180	+ 24		
<b>Scorpius</b>							
$\alpha$	1.2	Ma	900	160	- 3		Antares
$\beta$	2.9	B1	1 500	650	- 8		Akrab
$\delta$	2.5	Bo	900	300	- 20		s: 6.8 vrk.
$\pi$	3.0	B2	450	270	- 4		Dshubbe
$\rho$	4.0	B3	400	410	+ 3		
$\sigma$	3.1	B1	1 200	460			s: 0.25 vrk.
$\tau$	2.9	Bo	1 500	460	0		
<b>Serpens</b>							
$\alpha$	2.8	K0	60	70	+ 3	9	Unuk
$\beta$	3.7	A2	60	125	- 3	1	
<b>Serpens (jatk.)</b>							
$\gamma$	3.9	F5	5	40	+ 6	1	
$\epsilon$	3.8	A2	20	90	- 11	1	
$\eta$	3.4	K0	30	55	+ 9	4	
$\mu$	3.6	A0	100	140	- 11	2	
$\xi$	3.6	A5	30	100	- 43		s: 2.3 vrk.
<b>Taurus</b>							
$\alpha$	1.1	K5	100	60	+ 54	33	Aldebaran
$\beta$	1.8	B8	130	95	+ 10	4	Nath
$\gamma$	3.9	K0	40	130	+ 39	6	Hyadum I
$\delta$	3.9	K0	55	130	+ 39	12	Hyadum II
$\epsilon$	3.6	K0	50	130	+ 39	8	Ain
$\zeta$	3.0	B3	350	230	+ 16		s: 138 vrk.
$\eta$	3.0	B5	400	250	+ 11		Alcyone
$\theta^1$	4.0	K0	40	130	+ 41	6	
$\theta^2$	3.6	F0	40	125	+ 43	2	s: 141 vrk.
$\lambda$	muutt.	B3	900	530	+ 17		$3^m_8 - 4^m_1$
$\nu$	3.9	A0	65	160	- 6	3	
$\xi$	3.8	B8	100	200			
$\omega$	3.8	G5	75	220	- 20	34	
17	3.8	B5	75	180	+ 12	2	Elektra
27	3.8	B8	200	270	+ 9		Atlas
<b>Triangulum</b>							
$\alpha$	3.6	F5	11	75	- 13	2	Mothallath
$\beta$	3.1	A5	80	120	+ 9	5	s: 1.7 vrk.
<b>Ursa major</b>							
$\alpha$	2.0	K0	100	110	- 9	24	Dubhe
$\beta$	2.4	A0	50	75	- 14	2	Merak
$\gamma$	2.5	A0	60	80	- 11	2	Phekda
$\delta$	3.4	A2	20	75	- 16	1	Megrez
$\epsilon$	1.7	A0	120	70	- 10	3	Alioth
$\zeta$	2.4	A2	45	75	- 10	2	s: 4 v.
$\eta$	1.9	B3	1 000	250	- 2	3	Mizar, v:
$\theta$	3.3	F8	5	50	+ 16	2	Benatnasch
$\iota$	3.1	A5	15	45	+ 9	1	Ruchba
$\kappa$	3.7	A0	120	160	+ 5	2	Thalia

Tähti	Näenn. suur. luokka	Kirjo	Todell. kirkk.	Etäisyys valov.	Säteisnopeus	Halkaisija	Huomautuksia
Ursa major (jatk.)							
$\lambda$	3.5	A2		140 + 18			Tania borealis
$\mu$	3.2	K5	110	100		22	Tania australis
$\nu$	3.7	Ko	110	220 - 9		51	Alula borealis
$\rho$	3.5	Go	60	300 + 20			Althalitna
$\sigma$	3.9	Fo	25	85 + 28			
$\tau$	3.8	Ko	65	140 - 9		20	
$\upsilon$	3.2	Ko	60	75 - 4		7	
$\zeta$	3.8	Fo	20	85 - 9			
8og	4.0	A5	15	80 - 12		2	Alcor
Ursa minor							
$\alpha$	2.1	F8	800	300		11	Pohjantähti
$\beta$	2.2	K5	150	95 + 18		80	Kochab

## 23. Muutamien kiintotähtien koordinaatit.

Tähti	Lyhenne	Suuruusluokka	$\alpha_{1950}$	$VM_a$	$SM_a$	$\mu_a$	$\delta_{1950}$	$VM_\delta$	$SM_\delta$	$\mu_\delta$
Algenib	$\gamma$ Peg	2.87	$0^h 10^m 39^s.44$	+ 3 <sup>s</sup> .090	+ 0 <sup>s</sup> .10	0 <sup>s</sup> .000	+ 49° 26' 43 <sup>s</sup> .6	+ 20 <sup>s</sup> .01	- 0 <sup>s</sup> .03	- 0 <sup>s</sup> .01
Pohjantähti	$\alpha$ UMi	2.12	1 48 48.50	+ 39.29	+ 38.48	+ 0.181	+ 89 1 43.8	+ 17.82	- 2.64	0.00
$\epsilon$ Cassiopeiae	$\epsilon$ Cas	3.44	1 50 46.41	+ 4.320	+ 0.102	+ 0.005	+ 63 25 29.8	+ 17.73	- 0.30	- 0.02
Capella	$\alpha$ Aur	0.21	5 12 59.49	+ 4.433	+ 0.015	+ 0.008	+ 45 56 57.9	+ 3.66	- 0.64	- 0.43
Mintaca	$\delta$ Ori	2.48	5 29 27.05	+ 3.066	+ 0.004	0.000	- 0 20 4.5	+ 2.66	- 0.44	0.00
Procyon	$\alpha$ CMi	0.48	7 36 41.13	+ 3.140	- 0.006	- 0.047	+ 5 21 16.4	- 9.24	- 0.41	- 1.03
Regulus	$\alpha$ Leo	1.34	10 5 42.67	+ 3.195	- 0.010	- 0.017	+ 12 12 44.4	- 17.60	- 0.21	0.00
Benetnasch	$\eta$ UMa	1.91	13 45 34.32	+ 2.364	- 0.010	- 0.012	+ 49 33 43.9	- 17.97	+ 0.16	- 0.02
Arcturus	$\alpha$ Boo	0.24	14 13 22.78	+ 2.736	+ 0.003	- 0.078	+ 19 26 30.6	- 18.75	+ 0.22	- 2.00
Wega	$\alpha$ Lyr	0.14	18 35 14.67	+ 2.031	+ 0.001	+ 0.017	+ 38 44 9.5	+ 3.35	+ 0.29	+ 0.28
Altair	$\alpha$ Aql	0.89	19 48 20.59	+ 2.927	- 0.002	+ 0.036	+ 8 44 5.4	+ 9.51	+ 0.38	+ 0.38

Ylläolevassa taulukossa on vuoden 1950 rektaskesiosarakkeen  $\alpha_{1950}$  jälkeen vuotuisen muutoksen sarake  $VM_a$ , vuosisataismuutoksen sarake  $SM_a$  ja sarake  $\Delta a$ , joka ilmoittaa vuotuisen muutoksen ominaisliikkeessä rektaskensiossa. Näiden jälkeen seuraavat vastaavat sarakkeet deklinaatioissa.

Jos on laskettava esimerkiksi Capellan keskipaikka vuonna 1985 menetellään seuraavasti:  $SM_a$  ilmoittaa vuotuisen muutoksen 100 vuodessa. 35 vuodessa se olisi siis  $\frac{35}{100} \cdot 0^s.015 = 0^s.005$ . V. 1985 on vuotuinen muutos siis + 4<sup>s</sup>.433 +

0<sup>s</sup>.005 = + 4<sup>s</sup>.438. Koska se v. 1950 on + 4.433 on se väliaikana keskimäärin + 4<sup>s</sup>.436. Tässä on huomioituna sekä prekession, että ominaisliikkeen aiheuttama muutos.  $35 \times 4^s.436 = 2^m 35^s.26$ . Ja lopuksi Capellan  $\alpha_{1985} = 5^h 12^m 59^s.49 + 2^m 35^s.26 = 5^h 15^m 34^s.75$ .

Vastaavasti saamme deklinaation:  $\frac{35}{100} \cdot (-0^s.64) = -0^s.22$ . Keskimääräinen  $VM_\delta = + 3^s.66 - \frac{0^s.22}{2} = + 3^s.55$ . Koko muutos on + 2<sup>m</sup> 4<sup>s</sup>.2 ja siis Capellan  $\delta_{1985} = + 45^\circ 59' 2''.1$ .

Kaavojen muodossa

$$\alpha_{1950+n} = \alpha_{1950} + n \left\{ VM_a + \frac{n}{200} SM_a \right\}$$

$$\delta_{1950+n} = \delta_{1950} + n \left\{ VM_\delta + \frac{n}{200} SM_\delta \right\}$$

Jos vuoden keskipaikasta haluaa laskea tähden näennäisen paikan määrättyinä päivinä, on otettava huomioon prekession, nutaation, aberration ja ominaisliikkeen vaikutukset. Ominaisliike vuodessa saadaan sarakkeista  $\mu_a$  ja  $\mu_\delta$ .

## 24. Pohjantähden deklinaatio.

Sarake  $\delta$  ilmoittaa keskipaikan kunakin vuonna. Siihen on jo lisätty nutaation  $\mathcal{Q}$ -termi. Korjaustaulukon sarake  $\Delta_\delta$ , jossa on keskipaikan korjaus kunkin kuukauden 1 päivänä ilmoittaa aberratiokorjauksen ja nutaatiokorjauksen  $\mathcal{Q}$ -termin summan.

Vuosi	$\delta$	Vuosi	$\delta$
1946	+ 89° 0' 25"	1961	+ 89° 4' 52"
1947	45	1962	5 9
1948	1 5	1963	26
1949	26	1964	44
1950	46	1965	6 2
1951	2 6	1966	22
1952	25	1967	41
1953	44	1968	7 1
1954	3 2	1969	21
1955	19	1970	40
1956	35	1971	58
1957	51	1972	8 16
1958	4 6	1973	32
1959	21	1974	48
1960	36	1975	9 4

Päivä	$\Delta_\delta$	Päivä	$\Delta_\delta$	Päivä	$\Delta_\delta$
Tammikuun 1.	+ 19"	Toukokuun 1.	- 6"	Syyskuun 1.	- 14"
Helmikuun 1.	+ 20	Kesäkuun 1.	- 15	Lokakuun 1.	- 6
Maaliskuun 1.	+ 14	Heinäkuun 1.	- 20	Marraskuun 1.	+ 4
Huhtikuun 1.	+ 4	Elokuun 1.	- 19	Joulukuun 1.	+ 14



## 25. Napatähtien kirkkaustaulukko.

(Kansainvälinen napasekvenssi.)

Tähti	$\alpha$ 1900	$\delta$ 1900	Valok. suuruusl.	Fotovis. suuruusl.	Kirjo
1 s	1 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 6	+ 88°46'	2 <sup>m</sup> 54	2 <sup>m</sup> 08	F 8
1	18 4.6	86 37	4.40	4.37	A 1
2	22 21.3	85 36	5.30	5.28	A 0
3	23 27.8	86 45	5.83	5.56	A 2
4	18 7.8	87 0	5.93	5.84	A 3
5	0 55.6	88 29	6.43	6.45	A 2
2 s	12 14.4	88 15	6.45	6.30	F 0
1 r	6 53.7	87 12	6.63	5.09	K 5
3 s	12 13.9	86 59	6.63	6.35	F 0
6	7 58.0	88 56	7.12	7.06	A 2
7	11 4.2	88 11	7.42	7.55	B 9
2 r	19 22.5	88 59	7.93	6.32	Ma
8	2 14.2	88 42	8.33	8.13	F 2
9	2 42.2	88 34	8.91	8.83	F 0
3 r	13 4.5	88 11	8.96	7.57	K 2
10	3 18.9	89 41	9.13	9.06	A 5 p
4 r	19 43.3	88 41	9.21	8.27	G 9
11	11 35.0	89 29	9.72	9.56	F 0
12	13 51.5	89 29	10.06	9.77	A 5
5 r	12 51.5	88 54	10.14	8.63	K 5
4 s	8 30.5	89 32	10.26	9.83	G 0
6 r	6 38.9	89 28	10.46	9.24	G 8
13	15 13.6	89 38	10.52	10.37	A 5
7 r	15 55.1	89 46	10.95	9.87	G 7
14	0 34.0	89 51	10.97	10.56	F 2
5 s	15 29.3	89 53	11.10	10.06	G 5
15	7 43.2	89 45	11.25	10.88	A
6 s	12 53.2	89 42	11.37	10.72	—
8 r	16 49.5	89 39	11.45	10.46	G 5?
16	20 55.2	89 43	11.60	11.22	A ?
17	18 1.2	89 40	11.88	11.30	—
18	18 43.6	89 44	12.27	11.90	—
10 r	13 8.0	89 43	12.61	12.03	—
7 s	15 24.0	89 53	12.65	12.04	—
19	17 33.6	89 52	12.71	12.24	—

Tähti	$\alpha$ 1900	$\delta$ 1900	Valok. suuruusl.	Fotovis. suuruusl.	Kirjo
20	19 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 8	89°55'	12 <sup>m</sup> 99	12 <sup>m</sup> 52	—
11 r	14 58.4	89 53	13.23	12.07	—
21	17 21.6	89 45	13.33	12.49	—
22	18 15.6	89 46	13.48	12.84	—
23	18 30.4	89 59	13.59	13.00	—
12 r	19 3.6	89 52	13.80	12.47	—
24	17 57.7	89 50	13.93	13.31	—
25	17 15.6	89 52	14.10	13.77	—
8 s	13 2.8	89 53	14.52	13.77	—
26	18 17.2	89 55	14.62	13.69	—

Tähtitaivas-lehden n:ossa 7 on 17 suuruusluokkaan sarakkeittain luottava luettelo. Siinä, samoin kuin julkaisussa *Tähtitiedettä harrastajille I* on myös pikku karttoja napa-alueesta. Harrastaja voi piirtää karttoja luettelon avulla itsekin.

## 26. Läheisimmät tähdet.

Taulukko on P. VAN DE KAMP'in amerikkalaisessa aikakauslehdessä »*Popular Astronomy*» vuonna 1940 julkaisema taulukko, eri lähteiden perusteella jonkin verran täydennettynä.

Tähtien numerointi on suoritettuna jatkuvasti, siis useampikertaiset tähdet ovat saaneet niin monta numeroa, kuin niissä on komponentteja.

Kun lähimmät tähdet ovat yleensä varsin himmeitä, ei luettelon sisältämien joukossa ole kuin muutamia, joilla on varsinaisesti oma nimensä. Myöskin sellaisia, joita nimitetään kreikkalaisella kirjaimella ja tähdistön nimellä, on vain harvoja. Muutamilla on nimi jonkun tutkijan mukaan: »Barnardin nuolitähti», »van Maanen'in tähti» j.n.e., mutta useimmat saavat nimen ainoastaan jonkin tähtiluettelon ja siinä olevan numeron perusteella.

Näennäinen ja absoluuttinen suuruusluokka ovat visuaalisia suuruusluokkia, siis silmähavainnolla eikä valokuvauksellisesti saatavia suuruusluokkia.

Säteisnopeuden sarakkeessa + merkitsee etääntymistä, — lähestymistä.

Kolmesta läheisestä kirkkaasta useampikertaisesta tähdestä  $\alpha$  Centauri, Sirius ja Procyon mainittakoon seuraavat tiedot.

$\alpha$  Centaurin A ja B muodostavat kaksoistähden, jonka jakson pituus on 80 vuotta. Radan epäkeskisyyden on 0.52. Massat ovat (Auringon massa  $\odot$  yksikkönä) A:n 1.1  $\odot$  ja B:n 0.9  $\odot$ . Tähdien kolmas komponentti  $\alpha$  Centauri C, jota kutsutaan myös Proxima Centauriksi, on päätähtiparista näennäisesti 2° 11', eli yli 4 Kuun halkaisijan suuruisen kulman etäisyydellä, mikä vastaa yli 10 000 kertaista Maan ja Auringon välimatkaa. Se kiertää parin AB ympäri noin miljoonassa vuodessa.

Siriuksen A ja B kiertävät toisiaan 50 vuoden jaksossa. Radan epäkeskisyyden on 0.59 ja massat A:n 2.2  $\odot$  ja B:n 1.0  $\odot$ . B on n.s. valkoinen kääpiö (kts. Ursan julkaisu: *Tähtitiedettä harrastajille II* siv. 121). Sen läpimitta on vain noin 3 Maan sädettä ja tiheys viimeisten tietojen mukaan noin 100 000 kertaa veden tiheys.

Procyon-järjestelmän jakso on 40.2 vuotta, radan epäkeskisyyden 0.31 ja massat A:n 1.4  $\odot$  ja B:n 0.4  $\odot$ . Myös Procyon B on valkoinen kääpiö.

## Läheisimmät tähdet

5 tähtiväliin (= 16.3 valovuoteen = 152 biljoonaan km:iin) saakka.

N:o	Nimi	$\alpha$ 1900	$\delta$ 1900	Parallaksi	Etäisyys valo- vuosissa	Kirjo- luokka	Näenn. suuruusl.	Absol. suuruusl.	Vuotuinen ominaisl.	Säteis- nopeus km/sek.
1	Aurinko	—	—	—	—	G 0	-26.7	4.8	—	—
2	$\alpha$ Centauri A	14 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 3	-60°38'	0.761	4.3	G 3	+0.3	4.7	3.7	-22
3	» B	»	»	»	»	K 3	1.7	6.1	»	»
4	» C	14 26.3	-62 29	»	»	M	11	15.4	3.8	»
5	Barnardin tähti	17 55.4	+4 24	0.539	6.0	Mb	9.7	13.4	10.3	-110
6	Wolf 359	10 54.1	+7 21	0.408	8.0	M 6e	13.5	16.6	4.8	-90
7	Lalande 21 185	11 0.6	+36 18	0.389	8.4	Ma	7.6	10.6	4.8	-87
8	Sirius A	6 42.9	-16 39	0.381	8.6	A 0	-1.6	1.3	1.3	-7
9	» B	»	»	»	»	A 5	+7.1	10.0	»	-7
10	Ross 154	18 43.6	-23 54	0.359	9.1	»	11	13.8	0.7	»
11	Ross 248	23 37.5	+43 57	0.311	10.5	M 6	12	14.5	1.6	»
12	$\epsilon$ Eridani	3 30.7	-9 38	0.302	10.8	K 0	3.8	6.2	1.0	+15
13	$\tau$ Ceti	1 41.8	-16 12	0.299	10.9	K 0	3.6	6.0	1.9	-16
14	Procyon A	7 36.7	+5 21	0.295	11.1	F 4	0.5	2.9	1.2	-3
15	» B	»	»	»	»	»	10.8	13.2	»	-3
16	$\beta$ Cygni A	21 4.6	+38 30	0.294	11.1	K 7	5.6	7.9	5.2	-65
17	» B	»	»	»	»	K 8	6.3	8.6	»	-63
18	$\epsilon$ Indi	21 59.6	-57 0	0.291	11.2	K 5	4.7	6.9	4.7	-40
19	$\Sigma$ 2398 A	18 42.5	+59 32	0.284	11.5	Mb	8.9	11.2	2.3	+0
20	» B	»	»	»	»	Mb	9.7	12.0	»	+7
21	Groombridge 34 A	0 15.3	+43 44	0.278	11.7	Ma	8.1	10.3	2.9	+8
22	» B	»	»	»	»	Mb	10.9	13.1	»	»
23	BD - 12° 4523	16 27.5	-12 32	0.274	11.9	Ma	9.7	11.9	1.2	»
24	Lacaille 9352	23 2.6	-36 9	0.271	12.0	Ma	7.4	9.6	6.9	+10
25	Ross 614 A	6 26.7	-2 46	0.262	12.4	»	11	13	1.0	»
26	» B	»	»	»	»	»	13	15	»	»
27	Luytenin tähti	7 25.1	+5 26	0.261	12.5	»	10.1	12.2	3.7	»
28	Lacaille 8760	21 14.3	-39 4	0.260	12.5	Ma	6.6	8.7	3.5	+22
29	Krüger 60 A	22 26.4	+57 27	0.256	12.7	Mb	9.8	11.8	0.9	-24
30	» B	»	»	»	»	M 4	11.3	13.3	»	-24
31	Kapteynin tähti	5 9.3	-44 55	0.256	12.7	K 2	8.8	10.8	8.8	+24.2
32	Groombridge 1618	10 8.3	+49 42	0.250	13.0	K 5	6.8	8.8	1.4	-27
33	von Maanenin tähti	0 46.5	+5 11	0.246	13.3	F 3	12.3	14.3	3.0	+238
34	Ross 780	22 50.5	-14 31	0.228	14.3	»	9.5	11.3	1.1	»
35	CD - 46° 11540	17 24.8	-46 50	0.225	14.5	»	9.4	11.2	1.2	»
36	A Oe 17415-6	17 36.7	+68 24	0.222	14.7	Mb	9.1	10.8	1.3	-17
37	Wolf 424 A	12 30.9	+9 17	0.214	15.2	»	12.6	14.3	1.9	»
38	» B	»	»	»	»	»	12.6	14.3	»	»
39	CD - 44° 11909	17 33.4	-44 16	0.212	15.4	»	10.0	11.6	1.1	»
40	BD + 43° 4305	22 44.7	+44 4	0.210	15.5	»	10.2	12.8	0.8	»
41	CD - 37° 15492	0 2.1	-37 34	0.210	15.5	Ma	8.3	9.9	6.1	+24
42	CD - 49° 13515	21 30.3	-49 13	0.209	15.6	»	8.6	9.2	0.8	»
43	Altair	19 48.3	+8 44	0.208	15.7	A 5	0.9	2.5	0.7	-26
44	$\alpha^2$ Eridani A	4 13.1	-7 41	0.205	15.9	G 8	4.5	6.1	4.1	-42
45	» B	»	»	»	»	A 0	9.2	10.8	»	-42
46	» C	»	»	»	»	Mb	10.7	12.3	»	-42
47	A. C. + 79° 3888	11 44.5	+78 57	0.202	16.1	»	11.0	12.5	0.9	»

## 27. Kirkkaimmat tähdet.

Luettelo on P. VAN DE KAMP'in amerikkalaisessa aikakauslehdessä *Popular Astronomy* vuonna 1940 julkaiseman taulukon mukaan laadittu täydentämällä sitä eri lähteiden mukaan. Luettelo ulottuu suuruusluokkaan +1<sup>m</sup>60 saakka.

Tähtien numerointi on suoritettu siten, että jokainen yhtenä tähtenä näkyvä yksinkertainen tai useampikertainen tähti on saanut oman numeronsa, mutta esim. kaksoistähtien komponentit eivät. Tästä syystä kolminkertaisen tähden  $\alpha$  Centaurin C-komponentti on jätetty pois, sehän näkyy aivan eri tähtenä (vrt. taulukkoa ja selitystä: Lähimmät tähdet).

N:o	Nimi	Näennäinen suuruusluokka	Abs. suuruusl.	Kirjo- luokka	Todellinen kirkkaus C = 1	Pinta- lämpötilä °C	Etäisyys valovuos.	Vuotuinen ominaisl.	Säteis- nopeus km/sek.	
1a	Sirius A	-1.58	-1.6	+1.3	A 0	30	13 500	8.6	1.32	-7
b	» B	+7.1	+10.0	A 5	0.0010	—	—	—	—	—
2	Canopus	-0.86	-3.2	F 0	1 900	—	100	0.02	+20	
3a	$\alpha$ Centauri A	+0.06	+4.7	G 3	1.3	—	—	4.3	3.68	+22
b	» B	+1.7	+6.1	K 3	0.36	—	—	—	—	—
4	Vega	+0.14	+0.5	A 0	63	11 900	27	0.35	-14	
5a	Capella A	+0.21	+0.2	G 0	150	5 630	—	42	0.44	+29
b	» H	+10.0	+0.4	M	0.017	—	—	—	—	—
6	Arcturus	+0.24	+0.2	K 0	83	4 300	33	2.29	-5	
7	Rigel	+0.34	-5.8	B 8p	21 000	13 400	540	0.01	+23	
8a	Procyon A	+0.48	+2.9	F 4	6.9	7 500	—	11.1	1.25	-3
b	» B	+10.8	+13.2	»	0.00052	—	—	—	—	—
9	Achernar	+0.60	-1.1	B 5	280	—	70	0.09	-	
10	$\beta$ Centauri	+0.86	-2.9	B 1	1 400	—	190	0.04	+12	
11	Altair	+0.89	+2.5	A 5	10	8 400	15.7	0.66	-26	
12	Betelgeuze	(+0.92) muuttuva	(-3.9)	M 2	(3 600)	3 400	300	0.03	+21	
13a	$\alpha$ Crucis A	+1.05	+1.6	-2.7	B 1	1 200	—	220	0.05	+19
b	» B	+2.1	-2.2	B 1	760	—	—	—	—	—
14a	Aldebaran A	+1.06	+1.1	+0.1	K 5	91	3 600	53	0.20	+54
b	» B	+13	+12.0	»	0.0016	—	—	—	—	—
15	Pollux	+1.21	+1.5	K 0	25	4 600	29	0.62	+4	
16	Spica	+1.21	-1.6	B 2	440	17 000	120	0.05	+5	
17a	Antares A	+1.22	+1.2	-3.2	M 1	1 900	2 700	250	0.03	-3
b	» B	+5.2	+0.8	B 4	48	—	—	—	—	—
18	Fomalhaut	+1.29	+2.0	A 3	16	—	23	0.37	+6	
19	Deneb	+1.33	-4.2	A 2p	4 800	11 000	400	0.00	-4	
20a	Regulus A	+1.34	+1.3	-0.3	B 8	130	13 400	67	0.24	+4
b	» B	+7.6	+6.0	K 2	0.40	—	—	—	—	—
21	$\beta$ Crucis	+1.50	-3.3	B 1	2 100	—	300	0.05	-	
22a	Castor A	+2.0	+1.2	A 0	33	—	—	—	—	—
b	» B	+2.8	+2.0	A 0	16	—	—	47	0.20	-
c	» C	+9.0	+8.2	M	0.052	—	—	—	—	—

Paikanmääräystiedot on jätetty pois, koska jokainen löytää nämä 22 kirjasta tähteä kartalta ilmankin.

Sekä näennäinen, että absoluuttinen suuruusluokka ovat tässäkin visuaalisia suuruusluokkia.

### 28. Kiintotähtien etäisyyksien laskutaulukko.

Näennäisen ja absoluuttisen suuruusluokan ja etäisyyden riippuvaisuus toisistaan.

1 tähtiväli (parsec) =  $206\,265 \times$  Maan keskietäisyys Auringosta =  $3,083 \times 10^{13}$  km = 3,258 valovuotta.  $m$  = näennäinen suuruusluokka,  $M$  = absoluuttinen suuruusluokka = näennäinen suuruusluokka 10 tähtivälin etäisyydeltä,  $m - M$  = etäisyyskerroin,  $r$  = etäisyys tähtiväleissä.  
 $m - M = 5 \log r + 5$

Etäisyyskerroin $m - M$	0	1	2	3	4	$\times 10^{-2}$
		5	6	7	8	9
	10	11	12	13	14	$\times 1$
	15	16	17	18	19	$\times 10$
	20	21	22	23	24	$\times 10^2$
Etäisyydet tähtiväleissä						
0.0	1000	1585	2512	3981	6310	
0.1	1047	1660	2630	4169	6607	
0.2	1096	1738	2754	4365	6918	
0.3	1148	1820	2884	4571	7244	
0.4	1202	1906	3020	4786	7589	
0.5	1259	1995	3162	5012	7943	
0.6	1318	2089	3311	5248	8318	
0.7	1380	2188	3467	5495	8710	
0.8	1445	2291	3631	5754	9120	
0.9	1514	2399	3802	6026	9550	

Etäisyyskerroimen  $m - M$  kokonaisuosa on taulukon yläosassa viidellä rivillä. Sen kymmenesosat ovat taulukon vasemmanpuolimmaisimmassa sarakkeessa. Etäisyys saadaan kertomalla  $m - M$ :n kokonaisuosa ja kymmenesosaa vastaavien rivien risteyksestä saatu luku kokonaisuosan rivillä oikeanpuolimmaisimmassa sarakeessa olevalla kertoimella, kuten seuraavat esimerkit osoittavat.

#### Esimerkki 1.

Tunnetaan  $m$  ja  $M$ , etsitään  $r$ .

Pohjantähden  $m = 2,3$ ,  $M = -2,1$ . Siis  $m - M = 4,4$ . Palstan 4 ja rivin 0,4 risteyksessä on luku 7589. Se on kerrottava kertoimella  $10^{-2}$ , joka on oikeassa laidassa sillä rivillä, missä  $m - M$ :n kokonaisuosa 4. Siis  $r = 75,89$ , eli pyöristettynä 76 tähtiväliä.

#### Esimerkki 2.

Tunnetaan  $m$  ja  $r$ , etsitään  $M$ .

Mikä on pallonmuotoisen tähtijoukon Messier 9 kokonaissuuruusluokka kun  $m = 7,4$  ja  $r = 21\,000$  tähtiväliä?

Jaetaan luku  $r = 21\,000$  10:llä, jotta se muuttuu nelinumeroiseksi. Etsitään taulukosta näin

saatua lukua 2 100 lähinnä oleva luku. Se on 2 089. Sen vaakariviltä vasemmasta laidasta saadaan 0,6 ja ylhäältä 16, koska 2 089 on kerrottava 10:llä, jotta saataisiin suunnilleen oikea  $r$ :n arvo. Siis  $m - M = 16,6$ . Kun  $m = 7,4$ , on siis  $m = 7,4 - 16,6 = -9,2$ .

#### Esimerkki 3.

Tunnetaan  $M$  ja  $r$ , etsitään  $m$ .

Kuinka kirkaana Aurinko näkyisi tähtijoukon Messier 9 etäisyydellä, kun sen  $M = +4,8$ ?

Koska, kuten esimerkistä 2 ilmeni,  $r$ :n arvoa 21 000 vastaa  $m - M = 16,6$ , on  $m = 16,6 + 4,8 = 21,4$ .

### Kaksoistähdet.

Kaksoistähti voi olla optillinen tai fyysillinen kaksoistähti. Optillisessa kaksoistähdessä on kysymyksessä kaksi meistä aivan eri etäisyyksillä olevaa tähteä, jotka vain sattumalta näyttävät olevan hyvin samassa suunnassa. Fyysillisen kaksoistähdän muodostaa kaksi lähekkäin sijaitsevaa tähteä, jotka kiertävät toisiaan painovoimallain vaikutuksesta. Fyysillinen kaksoistähti on visuaalinen (paljain silmin tai kaukoputkella kaksoistähdiksi erottuva) kaksoistähti, tai kirjo-opillinen (spektroskooppinen) kaksoistähti, jolloin eri komponenttien olemassaolo voidaan todeta vain kirjoviivojen jaksottaisista siirtymisistä, mikä osoittaa kiertoliikkeen tapahtuvan.

Kaksoistähdän eroittaminen kaksoistähdiksi riippuu etupäässä komponenttien välimatkasta kaarimitassa mitattuna. Helposti erottuviin kuuluvat ne tähdet, joiden komponenttien väli on yli 5". Keskivaikeissa väli vaihtelee 2"—5" ja vaikeissa pareissa se on pienempi kuin 2". Suuri ero komponenttien kirkkauksissa tekee kaksoistähdän huomattavasti »vaikeammaksi» kuin yksinomaan tähtien välin perusteella voisi päätellä.

Kaukoputken erottamiskyky on yleensä noin  $12''/h$ , jossa  $h$  on objektiivin halkaisija senttimetreissä. Eroittamiskyky riippuu lisäksi tietenkin säästä ja myös havaitsijasta.

Jos kaksoistähdän komponenttien kirjoluokat ovat hyvin erilaiset, johtuu syntyvästä kontrastista usein vielä voimakkaamman värieron vaikutelma kuin mitä kirjoluokkien ero edellyttäisi. Eräitä tällaisia kontrasteja on ilmoitettu huomautussarakeissa mainitsemalla näennäiset värit.

Huomautussarakeissa mainittu vuosiluku tarkoittaa aikaa, jolloin ilmoitetut väli ja suuntakulma ovat mitatut. Useimmilla kaksoistähdillä ne muuttuvat hyvin hitaasti. Suuntakulma lasketaan pohjoissuunnasta idän kautta. Koska taivaanpalloa katsotaan sisäpuolelta, tulee itä näennäisesti vasemmalle puolelle, eikä kuten maapallon kartoilla oikealle puolelle. Suuntakulman kiertosuunta on siis päinvastainen kuin kellonviisarien.

Luetteloon on pyritty merkitsemään kaikki kaksoistähdet ja useampikertaiset tähdet joiden kokonaissuuruusluokka on suurempi kuin 7<sup>m</sup>0 ja jotka sijaitsevat taivaanpallon pohjoisella puoliskolla, sekä komponenttien väli on suurempi kuin 1". Muutamia kaksoistähtiä näiden rajojen ulkopuoleltakin on otettu mukaan.

## 29. Kaksoistähdet.

a 1950	δ 1950	Tähti	Suuruus- luokat		Väli	Suunta- kulma	Huomautuksia	
			A	B				
0 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 6	58° 10'	Σ 3062	6 <sup>m</sup> 1	7 <sup>m</sup> 2	1 <sup>o</sup> 6	17°	1919. Kiertoaika 104.6 v. Keltainen — vihreä.	
12.4	8 33	35 Piscium	6.1	7.8	11	150		
40.4	21 10	55 Piscium	5	8	6.5	193	1915.7.	
46.1	57 33	η Cassiopeiae	3.6	7.6	8.1	268	1926.8. Kiertoaika 508 v. Kirjoluokat F8, M1.	
47.2	27 26	i Piscium	6.3	6.3	4.2	300	Kirjoluokat Fo, Fo.	
57.2	44 27	Σ 79	6.0	6.8	7.9	190	Kirjoluokat B9, B9.	
1 3.0	21 12	ψ <sup>1</sup> Piscium	5.6	5.8	30	160	Kirjoluokat Ao, A2.	
3.2	4 39	77 Piscium	6.6	7.5	33	83		
11.1	7 19	ζ Piscium	5.6	6.5	24	63	1914.9. Kirjoluokat A5, F8.	
22.4	67 52	ψ Cassiopeiae					Kolminkertainen.	
			A—B	5.5	8.9	27	108	
			B—C	8.9	9.5	2.9	255	
47.4	22 2	i Arietis	6.2	7.4	2.8	165	1934.7	
48.8	89 2	Pohjantähti	2.1	9.0	18.2	216	Kirjoluokat F8, F1.	
50.8	19 3	γ Arietis	4.7	4.8	8.4	0	1924.7. Kirjoluokat Ao, B9.	
53.3	1 36	Σ 186	7.0	7.0	1.4	43	1935.0.	
55.2	23 21	λ Arietis	4.8	7.6	38	45		
59.5	2 31	α Piscium	4.3	5.2	2.6	307		
2 0.8	42 6	Alamak	2.3	5.1	10.0	63	1925.1. B vielä kaksoistähti.	
							Kirjoluokat Ko, Ao.	
6.6	25 42	14 Arietis					Kolminkertainen.	
			A—B	5.2	8.9	93	36	
			A—C	5.2	7	106	278	
7.8	38 48	59 Andromedae	6.5	7.2	16.5	35	Kirjoluokat Ao, A2.	
9.5	30 4	i Trianguli	5.4	6.6	3.9	78	Kirjoluokat Go, F2.	
24.9	67 11	i Cassiopeiae					Kolminkertainen.	
			A—B	4.8	7.1	2.4	251	Kirjoluokat A5, F5.
			A—C	4.8	8.1	7.4	111	Kirjoluokat A5, G4.
34.1	24 26	30 Arietis	6.5	7.2	39	273		
40.7	3 2	γ Ceti	3.6	6.8	3.1	293	1926.1. Kirjoluokat A2, F3.	
46.5	17 16	π Arietis					Kolminkertainen.	
			A—B	5.3	8.2	3.2	119	
			A—C	5.3	10.2	25	110	
47.0	55 41	η Persei	3.9	8.5	28	300		
56.3	21 8	ε Arietis	4.8	6.0	1.4	203	Kirjoluokat A2, A4.	
57.3	52 9	Σ 331	5.4	6.8	12	85	Kirjoluokat B5, A1.	
3 26.1	59 12	Σ 389	6.2	7.4	2.8	67		
28.3	27 24	Σ 401	6.5	6.9	11	270		
34.2	0 26	Σ 422	6.1	8.2	6.4	253	Oranssi-sininen.	
44.5	23 57	Alcyone					Kolminkertainen.	
			A—B	3.1	7.0	120	290	
			A—C	3.1	7.0	117	344	
44.6	50 35	OΣ 63	6.4	7	7	270		

## 29. Kaksoistähdet, jatk.

a 1950	δ 1950	Tähti	Suuruus- luokat		Väli	Suunta- kulma	Huomautuksia	
			A	B				
3 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 9	60° 58'	9 Camelopardalis	5 <sup>m</sup> 1	8 <sup>m</sup> 5	1 <sup>o</sup> 9	46°		
54.5	39 52	ε Persei	3.2	8.3	8.9	10	1916.	
4 4.9	15 2	Σ 495	6.4	8.8	3.8	221		
11.2	48 17	μ Persei	4.2	8.5	90	230		
11.2	9 8	47 Tauri	5.0	7.5	1.0	355		
17.3	27 14	φ Tauri	5.0	8.9	6	160		
19.5	25 31	λ Tauri	5.5	7.8	19	25	Kirjoluokat B9, F8.	
25.7	30 15	Σ 548	6.5	8.1	14.2	36	Kirjoluokat F5, F5.	
25.8	15 51	θ <sup>1</sup> Tauri	4.0		336	167	Fyysillinen kaksoistähti.	
25.8	15 46	θ <sup>2</sup> Tauri	3.6					
28.1	53 48	1 Camelopardalis	5.9	6.6	10	310	Kirjoluokat B1, B1.	
29.9	42 58	57 Persei	6.3	7	115	200		
30.7	17 55	Σ 559	7.0	7.1	3.1	278		
32.9	10 4	88 Tauri	4.4	7.5	69	300		
39.2	22 52	τ Tauri	4.3	7.8	63	213	Optillinen kaksoistähti.	
55.9	37 49	ω Aurigae	5.0	8.0	6.0	355	Keltainen — sininen.	
56.0	1 39	π <sup>6</sup> Orionis	4.6	8	2.6	180		
56.1	14 28	OΣ 58					Kolminkertainen.	
			A—B	6.5	7	40	305	
			A—C	6.5	8	55	90	
59.0	60 22	β Camelopardalis	4.2	7.5	80	300		
5 2.8	51 32	9 Aurigae	5.2	8.7	90	61		
6.6	27 58	Σ 645	6.2	8.2	12	27		
6.9	37 14	Σ 644	6.7	7.0	1.7	221		
9.2	0 59	Σ 652	6.3	7.8	1.7	183		
10.7	2 48	Σ 654	4.7	8.5	7.0	63	Keltainen — sininen.	
12.1	32 38	14 Aurigae	5.1	7.2	14.5	225		
14.2	79 11	19 Camelopardalis	5.2	8.5	9	62	Väli vähenee, kulma kasvaa.	
15.6	40 3	λ Aurigae	4.8	8.7	134	7	Optillinen kaksoistähti	
20.2	3 30	m Orionis	5.2	7.0	32	28		
26.2	25 7	118 Tauri	5.7	6.6	5	200		
28.6	3 15	n <sup>1</sup> Orionis	6.0	7.3	2.0	27		
29.3	17 1	Σ 730	6.0	6.5	10	140	Kirjoluokat B9, B9.	
32.4	9 54	λ Orionis	3.7	5.6	4.4	43	1934.0.	
32.9	—5 25	θ Orionis					Trapetsi, moninkertainen. Asemat 1925.3.	
			A—B	6.8	7.9	8.7	32	Kirjoluokat A: B5, B: B2, C: B3.
			A—C	6.8	5.4	13.1	131	
			A—D	6.8	6.8	21.6	96	
			A—E	6.8	11.3	4.3	351	
			C—F	5.4	10.8	4.1	123	
36.2	—2 38	δ Orionis					Viisinkertainen.	
			A—B	4.0	6.0	0.3	294	
			A—C	4.0	9.5	11.3	237	
			A—D	4.0	7.2	12.8	83	
			A—E	4.0	6.3	41.4	61	

## 29. Kaksoistähdet, jatk.

a 1950	δ 1950	Tähti	Suuruus- luokat		Väli	Suunta- kulma	Huomautuksia
			A	B			
5 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 3	6° 26'	52 Orionis	6 <sup>m</sup> 0	6 <sup>m</sup> 0	1.5	208°	1934.0.
56.3	37 13	θ Aurigae					Kolminkertainen.
		A—B	2.7	7.5	2.8	331	1924.3.
		A—C	2.7	9	45	190	
6 6.4	2 31	Σ 855	5.6	6.8	29	113	
7.8	48 43	41 Aurigae	6.1	6.8	8	350	Kirjoluokat Ao, Ao.
17.6	59 24	4 Lynchis	6.4	7.9	0.8	112	
21.1	4 38	8 Monocerotis	4.6	6.7	14	26	Kirjoluokat A5, A5.
22.4	58 27	5 Lynchis	5.3	8	96	272	Kirjoluokat K2, G5.
26.0	20 16	γ Geminorum	4.1	8.6	113	320	Kirjoluokat B5, Ao.
28.4	11 17	Σ 921	5.8	8.2	16	5	Kirjoluokat Bo, A5.
29.4	17 49	20 Geminorum	6.2	7.3	20	210	Kirjoluokat F8, F8.
41.7	59 30	12 Lynchis					Kolminkertainen.
		A—B	5.2	6.1	1.7	106	
		A—C	5.2	8.5	8.7	306	
44.0	55 46	Σ 958	6.3	6.3	5	260	Kirjoluokat F5, F5.
51.8	13 15	e Geminorum	4.7	7.1	6.6	158	Kirjoluokat Fo, G4.
7 1.1	20 39	ζ Geminorum	3.9	7	94	350	Päätähti muuttuva tähti.
17.1	22 5	δ Geminorum	3.5	8.2	6.8	211	Kirjoluokat Fo, K6.
18.8	55 23	19 Lynchis					Kolminkertainen.
		A—B	5.6	6.5	14.3	212	Kirjoluokat B8, A, Ao.
		A—C	5.6	8.6	215	358	
24.0	20 22	61 Geminorum	5.9	6.8	6.5	44	
31.4	32 0	Castor	2.0	2.8	3.9	206	1935.0. Kiertoaika 349 v. Kirjo- luokat A2, A2.
37.5	5 21	Σ 1126	6.4	6.7	1.2	150	
41.4	24 31	κ Geminorum	3.7	8.5	6.8	236	
55.8	2 22	14 Canis minoris					Kolminkertainen.
		A—B	5.6	6.0	76	66	
		A—C	5.6	8	112	153	
58.0	63 14	OΣ 90	6.3	7.5			
8 2.6	27 40	Σ 1177	6.5	7.4	3.5	351	
9.3	17 48	ζ Cancri					Kolminkertainen.
		A—B	5.0	5.7	0.7	124	1935.2.
		B—C	5.7	6.5	5.5	128	Kiertoaika 59.1 v.
23.8	27 6	φ <sup>2</sup> Cancri	6.3	6.3	5.0	216	1943.1. Kirjoluokat A2, A2.
33.2	6 48	Σ 1245	6.0	7.1	10	25	Kirjoluokat F5, F5.
43.7	28 57	ε <sup>1</sup> Cancri	4.2	6.6	31	307	Kirjoluokat G5, A5.
44.1	6 36	ε Hydrae	3.5	5.5	0.4	211	1926.3. Kiertoaika 15.3 v. Kel- tainen — sininen.
51.2	30 46	57 Cancri	6.1	6.6	1.5	323	
58.3	32 27	66 Cancri	6.2	8.2	4.6	136	
9 6.0	67 20	σ <sup>2</sup> Ursae majoris	5.1	8.2	2	220	
15.3	35 35	Σ 1333	6.4	6.7	1.4	47	
15.7	37 1	38 Lynchis	3.8	6.5	2.8	233	

## 29. Kaksoistähdet, jatk.

a 1950	δ 1950	Tähti	Suuruus- luokat		Väli	Suunta- kulma	Huomautuksia
			A	B			
9 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 5	51° 47'	OΣ 200	6 <sup>m</sup> 5	8 <sup>m</sup> 5	1.6	332°	
25.4	45 49	41 Lynchis	5.6	8.1	82	162	Kirjoluokat G5, F8.
25.8	9 17	ω Leonis	5.9	6.7	0.9	140	1934.1. Kiertoaika 116.2 v.
10 5.7	12 13	Regulus	1.3	8.4	177	307	
13.9	71 18	Σ 1415	6.5	7.0	17	167	
17.2	20 6	γ Leonis	2.6	3.8	4	118	1925.4. Kiertoaika 407 v. Kirjo- luokat Ko, Ko.
21.6	2 37		6.5	6.8	213	65	
32.4	8 55	49 Leonis	5.7	8.4	2.4	158	
40.7	5 1	35 Sextantis	6.3	7.4	6.7	240	Kirjoluokat Ko, G7.
49.6	52 46		5.9	6.9	220	190	
52.9	25 1	54 Leonis	4.5	6.3	6.5	107	Kirjoluokat Ao, Ao.
11 13.2	53 3	Σ 5120	6.3	7.9	13	345	
15.6	31 49	ξ Ursae majoris	4.4	4.9	1.1	311	1935.4. Kiertoaika 60 v. Molem- mat komponentit ovat kak- soistähtiä.
21.3	10 48	ι Leonis	4.3	7.1	2.7	50	
25.4	3 8	τ Leonis	5.4	7	90	170	
26.4	39 37	57 Ursae majoris	5.3	8.2	5.5	1	
32.1	17 4	90 Leonis					Kolminkertainen.
		A—B	6.1	7.3	3.3	209	
		A—C	6.1	9	63	235	
36.0	64 37	Σ 1559	6.6	7.8	2.0	324	
45.4	20 30	93 Leonis	4.8	8.4	74	356	
52.6	46 45	65 Ursae majoris					Kolminkertainen.
		A—B	6.2	6.5	4	40	
		A—C	6.2	7.1	63	114	
12 1.7	21 44	2 Comae Berenices	5.8	7.3	3.7	236	Kirjoluokat Fo, F2.
13.6	40 56	2 Canum venaticorum	5.8	8.0	11.4	260	Oranssi — sininen.
20.0	26 7	12 Comae Berenices	5.0	8.5	6.6	170	
26.4	26 11	17 Comae Berenices	5.6	6	145	251	B on vielä kaksoistähti.
32.6	18 39	24 Comae Berenices	5.2	6.7	20.5	272	Kirjoluokat Ko, A3.
48.7	83 41	Σ 1694	5.2	8.6	21.8	327	
53.7	38 35	α Canum venaticorum	2.9	5.4	20	227	
13 21.9	55 11	Mizar	2.4	4.0	15	150	1925.2. Molemmat komponentit kirjo-opillisia kaksoistähtiä.
		Mizar-Alcor	2.4	4.0	707	71	Optillinen kaksoistähti.
35.2	36 33	25 Canum venaticorum	5.1	7.0	1.5	130	Kiertoaika 184 v.
40.5	3 47	ο Bootis	5.6	8.2	3.3	231	Keltainen — sininen.
14 11.7	52 1	κ Bootis	4.6	6.6	13	238	Kirjoluokat A5, A5.
14.4	51 36	ι Bootis	5.0	7.5	38	330	
20.9	8 40	Σ 1835	5.0	6.8	6	190	B on vielä kaksoistähti.
38.4	16 38	π Bootis	4.9	5.8	7	100	Kirjoluokat Ao, Ao.
38.8	13 57	ζ Bootis	4.4	4.8	1.0	316	1925.8. Kiertoaika 130 v. Radan epäkeskisyys 0.96. Se on suu- rin tunnettu.

## 29. Kaksoistähdet, jatk.

a 1950	δ 1950	Tähti	Suuruus- luokat		Väli	Suunta- kulma	Huomautuksia
			A	B			
14 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 8	27° 17'	ε Bootis	2 <sup>m</sup> 7	5 <sup>m</sup> 1	3 <sup>o</sup> 0	333°	1926.1. Kirjoluokat Ko, Ao.
46.2	24 34	Σ 1884	6.3	7.8	1.7	54	
48.0	48 56	39 Bootis	6.1	8.5	3.4	45	
49.1	19 18	ξ Bootis	4.8	6.8	4.5	16	1935.5. Kiertoaika 148 v.
15 2.1	47 51	44 Bootis	5.0	6.1	3.7	245	1919.
13.5	33 30	δ Bootis	3.6	7.4	105	79	1935.6. Kiertoaika 41.5 v.
21.1	30 28	η Coronae borealis	5.6	6.1	0.6	251	Kolminkertainen.
22.6	37 33	μ Bootis					
		A—BC	4.5	6.8	108	172	
		B—C	7.2	7.8	1.5	70	Kiertoaika 275.7 v.
32.4	10 42	δ Serpentis	4.2	5.2	3.9	183	
37.5	36 48	ζ Coronae borealis	5.0	6.0	7.5	305	Kirjoluokat B8, B8.
16 5.2	21 57		6.3	7.4	8	85	
5.8	17 11	κ Herculis	5.1	6.1	31	10	
12.9	33 59	δ Coronae borealis	5.7	6.7	5.2	210	
19.7	19 16	γ Herculis	4.0	8	40.5	240	
23.1	61 43	Σ 2054	6.0	7.2	1.1	358	
28.4	2 5	λ Ophiuchi	4.0	6.1	1.8	70	Kiertoaika 232 v.
30.3	45 42	Σ 2063	5.6	8.2	16	195	
35.0	53 0	16 ja 17 Draconis	5.6	5.6	90.5	15	
35.0	53 2	17 Draconis	5.6	6.0	3.6	110	
38.2	4 19	37 Herculis	6.1	7.2	70	230	
39.4	31 42	ζ Herculis	3.0	6.5	1.5	58	1926.5. Kiertoaika 34.5 v.
59.6	8 31	Σ 2114	6.6	7.8	1.2	168	1935.7.
17 4.3	54 32	μ Draconis	5.8	5.8	23	118	
12.4	14 27	α Herculis	3.5	5.4	4.6	111	1926.0. Päättähti muuttuva. Seuralainen kirjo-opillinen kaksoistähti. Kirjoluokat M5, F.9.
13.0	24 54	δ Herculis	3.2	8.1	11.3	206	1926.6. Optillinen kaksoistähti. Kirjoluokat Ao, G2.
22.0	37 11	δ Herculis	4.5	5.5	4	312	
31.2	55 13	ν <sup>1</sup> ja ν <sup>2</sup> Draconis	5.0	5.0	70		Fyysillinen kaksoistähti.
32.2	9 37	f Ophiuchi	5.8	8.2	41	192	
39.0	24 32	Σ 2194	6.5	8.5	16	9	
42.1	2 36	61 Ophiuchi	6.3	6.6	20.5	94	Kirjoluokat Ao, Ao.
42.8	72 11	ν <sup>1</sup> ja ν <sup>2</sup> Draconis	4.9	6.1	31	15	Kirjoluokat F5, F5.
44.5	27 45	μ Herculis	3.6	7.9	31.5	245	Seuralainen ahdas kaksoistähti.
49.7	15 20	OΣ 338	7.2	7.5	0.8	5	1935.7.
58.1	2 56	67 Ophiuchi	3.9	8.3	54.5	144	
59.4	21 36	95 Herculis	5.1	5.2	6	262	Kirjoluokat A3, G5.
18 1.8	48 28	Σ 2277	6.1	8.2	28	118	
3.0	2 33	70p Ophiuchi	4.3	6.0	6.7	118	1935.5. Kiertoaika 88.4 v.
5.8	26 5	100 Herculis	5.9	6.0	14	183	Kirjoluokat A3, A3.
23.2	58 47	39 Draconis					Kolminkertainen.
		A—B	4.8	7.8	3.6	355	
		A—C	4.8	7.1	89	22	

## 29. Kaksoistähdet, jatk.

a 1950	δ 1950	Tähti	Suuruus- luokat		Väli	Suunta- kulma	Huomautuksia
			A	B			
18 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 7	16° 56'	OΣ 358	6 <sup>m</sup> 8	7 <sup>m</sup> 2	9 <sup>o</sup> 0	185°	
42.7	39 35	ε <sup>1</sup> ja ε <sup>2</sup> Lyrae	4.7	4.5	207	173	Fyysillinen kaksoistähti.
42.7	39 37	ε <sup>1</sup> Lyrae	5.1	6.0	2.9	5	1935.7. Kirjoluokat A3, A3.
42.7	39 34	ε <sup>2</sup> Lyrae	5.1	5.4	2.5	112	1935.7.
43.0	5 27	Σ 2375	6.3	6.7	2.5	115	
43.1	37 32	ζ Lyrae	4.3	5.9	44	149	Kirjoluokat A3, A3.
48.4	10 55	Σ 2404	7.0	8.0	3.7	182	
50.4	59 20	o Draconis	4.8	7.9	32	340	
53.0	33 54	Σ 2187	6.2	6.5	45	351	
53.7	4 8	θ Serpentis	4.5	5.4	22	204	Kirjoluokat A5, A5.
19 6.9	34 41	Σ 2470	6.6	8.2	13	270	
10.8	49 46	Σ 2486	6.6	6.8	10	220	
12.1	39 3	η Lyrae	4.5	8.1	28	84	
22.1	16 50	2 Sagittae	6.2	7.0	336	79	
28.7	27 51	β Cygni	3.2	5.4	34.6	55	1924.6. Kirjoluokat Ko, B9.
32.4	60 3	OΣ 186	6.4	8.4	77	287	Kirjoluokat K5, Ko.
35.0	16 21	ε Sagittae	5.7	8.0	92	81	Kirjoluokat Ko, B8.
40.5	50 24	16 Cygni	6.3	6.4	37	136	Kirjoluokat Go, Go.
43.4	45 0	δ Cygni	3.0	7.9	1.9	262	1935.7.
44.5	33 37	χ Cygni	5.1	8.1	26	73	
46.3	11 41	π Aquilae	6.1	6.9	1.5	115	
46.8	19 1	ζ Sagittae	5.3	8.8	8.7	310	
48.4	70 9	ε Draconis	4.0	7.6	3.2	12	1926.5. Kirjoluokat G2, F5.
54.3	52 18	ψ Cygni	5.1	7.5	3.3	180	
59.9	49 58	26 Cygni	5.2	8.5	42	146	
20 7.7	20 46	θ Sagittae	6.3	8.6	11.6	328	Kirjoluokat F2, G5.
10.6	77 34	κ Cephei	4.4	8.0	7.4	124	
17.2	55 14	Σ 2671	6.0	7.4	3.2	339	Kirjoluokat Ao, F3.
35.5	31 24	48 Cygni	6.2	6.4	178	175	Kirjoluokat Ao, Fo.
39.0	32 8	49 Cygni	5.9	8.0	2.8	46	
44.3	15 57	γ Delphini	4.5	5.5	10.6	270	1924.7. Kirjoluokat K2, F6.
53.2	4 20	Σ 2735	6.3	7.8	2.1	284	
56.6	4 7	ε Equulei					Kolminkertainen.
		A—B	5.3	6.2	0.8	285	
		A—C	5.3	7.2	11	74	
59.7	6 59	λ Equulei	6.5	7.9	2.8	220	
21 4.7	38 30	61 Cygni	5.6	6.3	24	131	
6.6	30 0	Σ 2762	5.7	7.7	3.5	129	1934.7.
7.9	9 56	γ ja δ Equulei	4.8	6.0	366	153	6 Equ: α = 21 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup> 1, δ = 9° 51'.
10.5	59 47	Σ 2780	6.0	7.0	1.1	223	
12.8	37 50	τ Cygni	3.8	8.0			Kiertoaika 57.25 v.
19.8	19 35	1 Pegasi	4.3	8.6	37	310	Kirjoluokat Ko, K5.
28.0	70 20	β Cephei	3.3	8.0	13.5	251	1915.
35.2	6 23	3 Pegasi	6.3	8.5	39	349	
37.4	57 16	Σ 2816					Kolminkertainen.
		A—B	5.9	7.3	12	120	
		A—C	5.9	7.3	20	340	1950.

29. Kaksoistähdet, jatk.

a 1950	δ 1950	Tähti	Suuruus- luokat		Väli	Suunta- kulma	Huomautuksia
			A	B			
21 <sup>b</sup> 41 <sup>m</sup> 9	28° 32'	μ Cygni	4 <sup>m</sup> 7	6 <sup>m</sup> 1	0 <sup>o</sup> 6	106°	
50.3	55 34	Σ 2840	5.5	7.3	19	194	
50.4	65 31	Σ 2843	7.1	7.3	2.1	140	Kirjoluokat A2 + G, Fo.
22 2.3	64 23	ξ Cephei	4.6	6.5	6	285	Kirjoluokat A3, G.
12.0	7 44	Σ 2878	6.8	8.3	1 3	123	1934.7.
12.0	73 4	Σ 2893	6.3	7.6	39	394	
12.3	29 19	Σ 2881	7.6	8.1	1.5	91	1934.7.
27.3	58 9	δ Cephei	4.0	5.1	41	192	Keltainen — sinertävä. Päätähti muuttuva.
33.6	39 22	8 Lacertae	5.9	6.7	22	186	
56.7	11 28	52 Pegasi	6.0	7.5	0 9	240	
23 16.6	67 50	ο Cephei	4.9	7.6	3.0	210	
27.7	58 17	OΣ 247					Kahdeksankertainen tähti. Yhteissuuruusluokka 4 <sup>m</sup> 7.
		A—B	5.0	9.5	1.2	344	
		A—C	5.0	7.1	75	269	
		C—D	7.1	8.9	1.5	222	
		C—H	7.1	11.5	27	337	
		A—E	5.0	9.2	67.	338	
		E—F	9.2	9.8	10 8	74	
		A—G	5.0	10.0	43	115	
41.5	29 5	78 Pegasi	5.0	8.1	1 3	208	
56.5	55 29	δ Cassiopeiae	4.9	7.0	3.1	326	
57.0	33 27	37 Andromedae	6.6	6.6	1.9	242	1935.7.

30. Yhteissuuruusluokan laskutaulukko.

Kun kaksoistähdien komponenttien suuruusluokat ovat  $m_1$  ja  $m_2$  ( $m_1$  kirkkaampi), on kaksoistähdien komponenttien yhteissuuruusluokka  $m = m_1 - \Delta m$ .

$m_2 - m_1$	$\Delta m$	$m_2 - m_1$	$\Delta m$	$m_2 - m_1$	$\Delta m$
0.00	0.75	1.00	0.36	3.00	0.07
0.10	0.70	1.20	0.31	3.50	0.04
0.20	0.66	1.40	0.26	4.00	0.03
0.30	0.61	1.60	0.22	4.50	0.02
0.40	0.57	1.80	0.19	5.00	0.01
0.50	0.53	2.00	0.16	5.50	0.01
0.60	0.49	2.20	0.13	6.00	0.00
0.70	0.46	2.40	0.11		
0.80	0.42	2.60	0.09		
0.90	0.39	2.80	0.08		
1.00	0.36	3.00	0.07		

Esimerkki 1.

Kaksoistähdien Σ 1052 komponenttien suuruusluokat ovat  $m_1 = 6.5$  ja  $m_2 = 8.5$ . Tällöin siis  $m_2 - m_1 = 2.0$ ,  $\Delta m = 0.16$  ja kaksoistähdien yhteissuuruusluokka  $m = 6.5 - 0.16 = 6.34$ . Koska  $m_1$  ja  $m_2$  tunnetaan vain yhden desimaalin tarkkuudella, ei myöskään yhteissuuruusluokkaa voida saada tarkemmin, vaan on pyöristettävä yhteen desimaaliin, siis  $m = 6.3$ .

Esimerkki 2.

Kolminkertaisen tähden β 324 komponenttien suuruusluokat ovat:  $m_1 = 6.3$ ,  $m_2 = 8.5$  ja  $m_3 = 8.5$ . Kahden jälkimmäisen yhteissuuruusluokka on taulukon mukaan  $m' = 8.5 - 0.75 = 7.75$ . Edelleen  $m' - m_1 = 1.45$ , joten vastaavan  $m$ :n arvoksi saadaan taulukosta interpoloimalla  $m = 6.05$ . Kolminkertaisen tähden yhteissuuruusluokka on siis  $m = 6.3 - 0.25 = 6.05$  eli pyöristettynä  $m = 6.0$ .

31. Muuttuvat tähdet.

Seuraaviin muuttuvien tähtien luetteloihin on pyritty merkitsemään kaikki ne muuttujat, joiden maksimisuuruusluokka on kirkkaampi kuin 8.0 ja jotka sijaitsevat taivaanpallon pohjoisella puoliskolla. Muutamia tähtiä näiden rajojen ulkopuoleltakin on otettu mukaan.

31. A. Pimennysmuuttujat.

Tähti	a 1950	δ 1950	Suuruus- luokka		Jakson pituus vrk.	Pimen- nysaika	Minimi- kirkkau- den aika	Kirjo- luokka	Huom.
			Norm.	Min.					
TV Cassiopeiae	0 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 6	58° 52'	7 <sup>m</sup> 3	8 <sup>m</sup> 4	1.8126	8 <sup>h</sup> 0	0 <sup>h</sup>	A 0	
YZ Cassiopeiae	42.3	74 43	5.5	6.2	4.4672	7.8	0	A 3	
U Cephei	57.7	81 36	6.8	9.2	2.4929	9.1	2.3	A 0 + G 8	1)
RZ Cassiopeiae	2 44.4	69 26	6.3	7.8	1.1953	4.8	0	A 2	
Algol	3 4.9	40 46	2.2	3.5	2.8673	9.8	0	B 8	
λ Tauri	57.9	12 21	3.8	4.1	3.9529	10.5	0	B 3	2)
RW Tauri	4 0.7	27 59	8.1	11.5	2.7689	7.9	1.4	A 0	3)
AG Persei	3.7	33 19	6.3	6.6	2.0287	6	0	B 3	4)
ε Aurigae	58.4	43 45	3.1	3.8	9883	754 <sup>d</sup>	360 <sup>d</sup>	F 5 p	5)
ζ Aurigae	59.0	41 0	3.9	4.0	972.15	39 <sup>d</sup> 1	37 <sup>d</sup> 5	B 1 + K 5	6)
AR Aurigae	5 15.1	33 43	6.4	7.1	2.0673	5 <sup>h</sup> 5	0 <sup>h</sup>	B 9	
β Aurigae	55.8	44 57	2.1	2.2	3.9601	5.9	0 <sup>h</sup>	A 1	
RR Lynchis	6 22.2	56 19	5.8	6.2	9.9450	10	0	A 6 s	
WW Aurigae	29.2	32 30	5.6	6.2	2.5250	6.4	0	A 4 sp	
TX Ursae majoris	10 42.4	45 50	6.9	9.2	3.0633	7.4	0	B 8	7)
RS Canum venaticorum	13 8.3	36 12	7.8	9.0	4.7979	12.6	3.4	F 4 + G 8	
U Coronae borealis	15 16.1	31 49	7.7	8.7	3.4522			B 3	
TW Draconis	33.0	64 10	7.7	10.0	2.8066	11.5	1.8	A 6 + K 2	
TX Herculis	17 17.0	41 57	7.8	8.8	2.0598	4.6	0	A 2	
Z Herculis	55.9	15 9	7.1	7.9	3.9928	9.6	2.3	F 2 p	
RX Herculis	18 28.3	12 35	7.2	7.9	1.7786	4.6	0.7	A 0	
RS Vulpeculae	19 15.6	22 31	6.9	7.6	4.4777	15.4	0	B 8	
U Sagittae	16.6	19 31	6.5	9.4	3.3806	12.5	1.4	B 9 + G 2	
Z Vulpeculae	19.7	25 29	7.0	8.6	2.4549	5.5	0	B 3 n	8)
Y Cygni	20 50.1	34 28	6.9	7.6	2.9963	7.0	0	O 9 nk	9)
AR Lacertae	22 6.7	45 30	6.1	7.3	1.9832	8.5	1.6	K 0 + G 5	

- 1) Jakson pituus vaihteleva.
- 2) Jakson pituus vaihtelee  $\pm 37$  min.
- 3) Jakson pituus vaihtelee  $\pm 1$  t.
- 4) Suuruusluokat valokuvauksellisia suuruusluokkia.
- 5) Pimennysaika ja minimikirkkauden aika vuorokausissa.
- 6) Pimennysaika ja minimikirkkauden aika vuorokausissa.
- 7) Jakson pituus vaihtelee  $\pm 30$  min.
- 8) Jakson pituus vaihtelee  $\pm 20$  min.
- 9) Jakson pituus vaihtelee  $\pm 3.5$  t.

31. B.  $\beta$  Lyrae-tähdet.

Tähti	$\alpha$ 1950	$\delta$ 1950	Suuruusluokat			Jakson pituus vrk.	Kirjo
			M	$m_1$	$m_2$		
SX Aurigae .....	5 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup> 2	42° 6'	8.4	9.4	9.2	1.21008	B 4
W Ursae majoris <sup>1</sup> ....	9 40.4	56 11	7.9	8.5	8.4	0.33364	F 8 p
i Bootis .....	15 2.2	47 51	6.6	7.0	7.0	0.26781	G 2 p
U Ophiuchi .....	17 14.1	1 16	5.7	6.4	6.3	1.67735	B 5 nk
u Herculis <sup>1</sup> .....	17 15.5	33 9	4.6	5.3	4.9	2.05103	B 3
$\beta$ Lyrae .....	18 48.2	33 18	3.4	4.3	3.8	12.90800	B p
$\sigma$ Aquilae .....	19 36.7	5 17	5.1	5.4	5.2	1.95026	B 8 nk
AN Andromedae <sup>1</sup> .....	23 16.0	41 30	5.9	6.1	6.0	3.2196	A 7 s

Sarakkeessa suuruusluokat  $M$  tarkoittaa maksimikirkkautta,  $m_1$  pää- ja  $m_2$  sivuminimin kirkkautta.

- 1) Suuruusluokat valokuvauksellisia suuruusluokkia.

## 31. C. Lyhytjaksoiset muuttujat.

Tähti	$\alpha$ 1950	$\delta$ 1950	Suuruus- luokka		M—m vrk.	Tyyppi	Jakson pituus vrk.	Kirjo	Huom.
			Max.	Min.					
TU Cassiopeiae .....	0 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 6	51° 1'	7 <sup>m</sup> 3	8 <sup>m</sup> 4	0.84	$\delta$	2.1393	F 5—G 2	
Pohjantähti .....	48.8	89 2	2.3	2.4	1.98	$\zeta$	3.9686	F 7	
SU Cassiopeiae .....	2 47.5	68 41	6.1	6.5	0.90	$\zeta$	1.9493	F 2—F 9	1)
RX Camelopardalis ....	4 0.8	58 31	7.6	9.3	3.0	$\delta$	7.9120	G 2—K 2	2)
SZ Tauri .....	34.3	18 27	6.8	7.4	2.0	$\delta$	3.1493	F 4—G 2	2)
RX Aurigae .....	58.0	39 54	7.4	8.0	5.25	$\zeta$	11.6240	G 0—K 0	3)
T Monocerotis .....	6 22.5	7 7	5.8	6.8	8.65	$\delta$	27.0095	F 8—K 0	4)
RT Aurigae .....	25.4	30 32	5.0	5.9	1.1	$\delta$	3.7283	F 1—G 5	
W Geminorum .....	32.1	15 22	7.1	8.0	2.5	$\delta$	7.9150	F 6—G 5	2)
$\zeta$ Geminorum .....	7 1.1	20 39	3.7	4.1	5.1	$\zeta$	10.1535	G	5)
RU Camelopardalis ....	16.3	69 46	7.8	9.0	9.4	M?	22.172	R p	6)
AC Herculis .....	18 28.2	21 50	7.2	9.0	16.2	RV	75.24	F 8e—K 5	7)
FF Aquilae .....	56.0	17 17	5.1	5.6	1.9	$\delta$	4.4714	F 5	
TT Aquilae .....	19 5.7	1 13	7.3	8.1	5.1	$\delta$	13.7550	G 0—K 3	
RR Lyrae .....	23.9	42 41	7.2	7.9	0.10	RR	0.5668	B 9—F 2	8)
U Vulpeculae .....	34.4	20 13	7.7	8.9	3.4	$\delta$	7.9904	F 8—K 0	2)
SU Cygni .....	42.8	29 9	6.3	7.1	1.12	$\delta$	3.8455	F 0—G 1	
$\eta$ Aquilae .....	49.9	0 53	3.7	4.4	2.2	$\delta$	7.1765	F 2—G 9	4)
S Sagittae .....	53.7	16 30	5.8	6.8	2.7	$\delta$	8.3816	F 8—G 7	2), 4)
X Cygni .....	20 41.4	35 24	6.5	8.1	5.7	$\delta$	16.3857	F 8—K 0	2)
T Vulpeculae .....	49.3	28 4	5.5	6.3	1.3	$\delta$	4.4356	F 3—G 5	
DT Cygni .....	21 4.4	30 59	5.7	5.9	1.1	$\zeta$	2.4989	F 5	9)
$\delta$ Cephei .....	22 27.3	58 10	3.6	4.3	1.7	$\delta$	5.3664	F 4—G 6	5)

Lyhytjaksoisiin muuttujiin kuuluu useita eri tyyppiä. Sarakkeessa «tyyppi» tarkoittaa merkintä  $\delta$   $\delta$  Cephei-tyyppiä,  $\zeta$   $\zeta$  Geminorum-tyyppiä, M Mira Ceti-tyyppiä, RV RV Tauri-tyyppiä ja RR RR Lyrae-tyyppiä. Koska lyhytjaksoisille muuttujille on luonteenomaista se, missä suhteessa kirkkauden lisääntymisaika on koko jakson pituuteen, on sarakkeessa  $M - m$  ilmoitettu väliäika minimistä seuraavaan maksimiin.

- 1) Jakson pituus vaihtelee  $\pm 2.0$  t.
- 2) Suuruusluokat valokuvauksellisia suuruusluokkia.
- 3) Visuaalinen maksimi 7.8 t. myöhemmin kuin valokuvauksellinen maksim aika.
- 4) Jakson pituus kasvaa hitaasti.
- 5) Jakson pituus vähenee hitaasti.
- 6) Minimian aika vaihtelee  $\pm 2.6$  vrk.
- 7) Jakson pituus vaihtelee.
- 8) Jakson pituus vaihtelee aina  $\pm 2.0$  t saakka.
- 9) Jakson pituus vaihtelee  $\pm 3$  t.



## 31. D. Pitkäjakoiset muuttuvat tähdet.

Tähti	α 1950	δ 1950	Suuruusluokka		Jakson pituus vrk.	Kirjo- luokka	Maksimin (tai minimin) aika (juliaani- sen jakson päivä)
			Max.	Min.			
T Cassiopeiae	0h20 <sup>m</sup> 5	55°31'	7 <sup>m</sup> .4	12 <sup>m</sup> .4	445	M 7 e	2428 558
R Andromedae	21.4	38 18	6.5	14.3	410	Se	2428 805
U Cassiopeiae	40.8	47 58	7.9	14.6	276	Se	2428 528
S Cassiopeiae	1 16.0	72 21	8.0	15.2	614	Se	2428 541
R Piscium	28.1	2 37	7.0	14.5	343	M 5	2398 800
U Persei	56.2	54 35	8.0	11.7	330	M 6 e	Min.: 2428 760
R Arietis	2 13.3	24 50	7.9	13.1	184	M 3 e	2428 591
W Andromedae	14.4	44 4	6.9	14.0	393	M 7 e	2428 877
Mira Ceti	16.8	—3 12	2.5	9.5	332	M 5 e	2428 811
R Trianguli	34.1	34 3	5.6	11.8	269	M 6 e	2428 666
T Arietis	45.5	17 18	7.4	10.8	336	M 6	2428 844
U Arietis	3 8.1	14 37	7.2	13.8	371		2412 399
R Persei	26.9	35 30	8.5	14.1	210	M 2 e	2428 749
U Camelopardalis	37.5	62 29	7.6	8.8	419		
SS Cephei	41.5	80 10	6.7	7.8	97.5		
RY Camelopardalis	4 26.1	64 20	7.9	9.0	132		2423 307
R Tauri	25.6	10 3	8.2	14.3	332	M 6 e	2428 824
T Camelopardalis	34.9	66 3	7.8	14.0	378	Se	2428 872
X Camelopardalis	39.3	75 1	7.4	13.8	144.5	M 3 e	2428 556
R Aurigae	5 13.3	53 32	6.8	14.1	460	M 7 e	2423 384
UV Aurigae	18.6	32 27	7.9	10.1	350		2423 080
S Camelopardalis	35.6	68 46	8.2	10.0	320	R 8 e	2428 565
U Orionis	52.9	20 10	5.8	12.2	376	M 7 e	2428 550
R Lynchis	6 57.2	55 24	7.5	13.3	380	Se	2428 895
R Geminorum	7 4.3	22 47	6.3	13.3	370	Se	2428 575
R Canis minoris	6.0	10 6	7.7	11.4	342	Se	2428 550
V Geminorum	20.3	13 12	7.9	14.5	276		2423 198
S Canis minoris	30.0	8 26	7.0	13.0	346	M 7 e	2428 613
R Cancri	8 13.8	11 53	6.2	11.5	370	M 7 e	2428 691
V Cancri	17.8	17 28	7.5	13.0	278	Se	2428 567
R Leonis minoris	9 42.6	34 45	6.3	13.0	378	M 7	2423 129
R Leonis	44.9	11 40	5.5	10.3	310	M 7 e	2428 614
Z Leonis	49.2	27 8	7.9	9.6	56.4		
R Ursae majoris	10 41.1	69 2	7.4	13.3	301	M 4 e	2428 664
R Comae Berenices	12 1.7	19 3	7.9	14.5	362	M 5 e	2428 611
RY Ursae majoris	18.1	61 33	7.2	8.3	315		Min.: 2417 265
SS Virginis	22.7	1 2	7.0	9.1	350	N 8	Min.: 2428 865
T Ursae majoris	34.1	59 46	6.4	13.2	257	M 4 e	2428 707
R Virginis	36.0	7 16	6.6	11.3	147	M 4 e	2428 608
S Ursae majoris	41.8	61 22	7.5	12.0	226	Se	2428 597
V Canum venaticorum	13 17.3	45 47	6.8	7.9	192		2423 405
R Canum venaticorum	46.8	39 37	7.3	12.5	330	M 7 e	2428 735
U Ursae minoris	14 16.2	67 1	7.9	12.4	330	M 6 e	2428 803
R Camelopardalis	21.3	84 4	8.2	13.5	265	Se	2428 579
V Bootis	27.7	39 5	7.3	11.1	263	M 6 e	2428 602
R Bootis	35.0	26 57	6.8	12.8	226	M 4 e	2428 674
RV Bootis	37.2	32 45	7.6	8.6	136		2423 408

## 31. Pitkäjakoiset muuttuvat tähdet, jatk.

Tähti	α 1950	δ 1950	Suuruusluokka		Jakson pituus vrk.	Kirjo- luokka	Maksimin (tai minimin) aika (juliaani- sen jakson päivä)
			Max.	Min.			
S Serpentes	15 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 3	14°30'	7 <sup>m</sup> .6	13 <sup>m</sup> .9	371	M 5 e	2428 842
S Coronae borealis	19.4	31 33	6.7	12.7	363	M 7 e	2428 796
S Ursae minoris	31.2	78 48	8.0	11.9	333	M 7 e	2428 554
RR Coronae borealis	39.6	38 43	7.2	8.4	56.8	M b	
V Coronae borealis	47.7	39 43	7.2	10.5	365	N 3 e	2428 775
R Serpentes	48.4	15 17	5.6	13.5	343	M 7 e	2428 792
RR Herculis	16 2.8	50 39	7.8	9.5	241		2423 271
SX Herculis	5.4	25 3	7.8	9.3	102.7	G 7 e	2428 570
RU Herculis	8.2	25 12	7.9	14.2	496	M 7 e	2414 356
W Coronae borealis	13.3	37 55	7.8	13.5	238		2410 106
U Herculis	23.6	19 0	6.7	13.0	401.5	M 7	2402 372
R Draconis	32.5	66 51	7.2	12.4	249	M 6 e	2428 536
W Herculis	33.4	37 27	7.4	13.9	280	M 3	2407 547.5
TX Herculis	34.3	60 34	6.8	8.1	134	M 5	2423 391
S Draconis	41.8	54 59	7.5	10.0	300		
S Herculis	49.6	15 1	7.2	12.6	314	M 6 e	2428 697
UW Herculis	17 12.6	36 25	7.6	8.0	229		2419 011
RS Herculis	19.6	22 58	7.5	12.6	225	M 5 e	2428 711
T Draconis	55.6	58 14	8.5	13.3	415	N	2428 830
T Herculis	18 7.2	31 1	7.1	13.7	165	M 3 e	2428 651
W Lyrae	13.2	36 39	7.8	12.8	198	M 4 e	2428 544
X Ophiuchi	36.0	8 47	7.0	9.0	331	M 6 e	2428 829
R Aquilae	19 4.0	8 9	5.5	11.4	302	M 6 e	2428 743
R Cygni	35.5	50 5	6.6	14.5	425	Se	2428 751
RT Aquilae	35.7	11 37	7.4	13.0	326		2423 286
TT Cygni	39.0	32 30	7.3	8.4	400		Min.: 2423 393
RT Cygni	42.2	48 39	7.0	12.1	192	M 3 e	2428 624
χ Cygni	48.6	32 47	5.0	13.7	410	M 7 e	2428 660
Z Cygni	20 0.0	49 54	7.5	13.7	265	M 5 e	2428 735
RS Cygni	11.6	38 35	7.4	9.0	425	N 3 e	2428 700
R Delphini	12.5	8 53	7.6	13.7	285	Me	2402 490
U Cygni	18.1	47 44	7.1	10.7	462	R 8 e	2428 654
V Cygni	39.7	47 58	8.5	13.6	432	N	2428 835
UX Cygni	53.1	30 13	7.4	< 13	560		
R Vulpeculae	21 2.2	23 37	7.3	13.0	136.5	M 4 e	2428 652
T Cephei	8.9	68 17	5.9	10.4	398	M 6 e	2428 717
RU Cygni	39.0	54 6	6.9	10.2	235	Me	2423 373
RX Pegasi	53.9	22 37	7.7	8.6	175		Min.: 2423 350
V Pegasi	58.6	5 52	7.8	14	303		2423 352
S Lacertae	22 26.8	40 4	7.6	13.5	242	Me	2423 183
R Pegasi	23 4.1	10 16	7.1	13.5	378	M 7 e	2428 837
V Cassiopeiae	9.6	59 25	7.5	12.3	226	M 6 e	2428 747
W Pegasi	17.3	26 0	7.3	13.0	342		2413 485
S Pegasi	18.0	8 39	7.8	13.8	321	M 6 e	2428 677
SV Cassiopeiae	36.6	51 59	6.7	9.5	295	M 5	2423 370
R Cassiopeiae	55.9	51 7	5.6	12.4	424	M 7 e	2428 546

## 31. E. Muuttuvat tähdet, joiden valonvaihtelu on epäsäännöllinen tai tuntematon.

Tähti	α 1950	δ 1950	Suuruus- luokka		Jakson pituus vrk.	Kirjo	Huomautuksia
			Max.	Min.			
SU Andromedae	0 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup> 1	43° 17'	7 <sup>m</sup> 9	8 <sup>m</sup> 5			
Z Piscium	13.2	25 31	7.4	8.1			
α Cassiopeiae	37.7	56 16	2.1	2.6	—	G 8	Epäsäännöllinen.
RX Cephei	45.9	81 42	7.4	7.8	—	G 7	Epäsäännöllinen
RU Cassiopeiae	1 8.4	64 45	5.7	5.9	—	B 8	
RU Cephei	13.8	84 52	7.9	9.6	—		Epäsäännöllinen.
δ Cassiopeiae	22.5	59 59	3.0	3.1	759?	A 3	Pimennysmuuttuja?
RR Arietis	53.1	23 20	5.7	6.4	—	K o	Epäsäännöllinen.
S Persei	2 19.3	58 22	7.2	12.2	—	M 5	Epäsäännöllinen.
ρ Persei	3 2.0	38 39	3.2	4.1	910?	M b	Epäsäännöllinen?
X Tauri	50.5	7 37	6.6	8.1	—	F 5	Epäsäännöllinen.
X Persei	52.3	30 54	6.0	6.6	—	B o	
ST Camelopardalis	4 46.0	68 5	6.9	8.3	—	N b	Epäsäännöllinen.
W Orionis	5 2.8	1 7	5.9	7.7	200	N b	Pitkäjaksoinen?
AE Aurigae	13.1	34 15	5.3	6.2	—	B o p	Epäsäännöllinen.
Y Tauri	42.7	20 40	6.9	8.9	—		Epäsäännöllinen.
α Orionis	52.5	7 24	0.1	1.2	2070	M 2	Minimi 1938. 9.
TU Geminorum	6 7.8	26 2	7.4	8.3	—	N a	
TV Geminorum	8.8	21 53	7.0	7.8	—	M a	Puolisäännöllinen.
η Geminorum	11.9	22 31	3.2	4.2	236	M 2	
BL Orionis	22.6	14 45	4.7	6.6	—	N b	Tuntematon.
TU Aurigae	31.9	45 40	7.7	8.6	—		
UU Aurigae	33.1	38 29	5.1	6.8	—	N a	
15 S Monocerotis	38.2	9 57	4.7	5.2	—	O e	
RV Monocerotis	55.7	6 14	7.0	8.2	—		Epäsäännöllinen.
TW Geminorum	7 4.3	22 36	7.7	8.2	—		
Y Lynchis	24.6	46 6	6.9	7.4	—		
TS Hydrae	8 51.0	3 16	7.3	13.0	—	M 3	
X Cancri	52.6	17 25	5.9	7.5	130	N b	Puolisäännöllinen.
RT Cancri	55.6	11 3	7.3	8.6	—		
W Cancri	9 6.8	25 27	7.4	14	389		
RS Cancri	7.6	31 10	5.3	6.8	239	M 6	RV Tauri-tyyppinen?
SY Ursae majoris	52.6	50 3	5.1	6.3	117?	A 2	
U Ursae majoris	10 11.7	60 14	6.1	6.8	—	M ap	Epäsäännöllinen.
ST Ursae majoris	11 25.1	45 28	6.5	7.3	—	N b	
Z Ursae majoris	53.9	58 9	6.8	10.2	198	M 6	
Y Ursae majoris	12 38.1	56 7	7.7	9.3	—		Epäsäännöllinen.
Y Canum venaticorum	42.8	45 43	7.7	8.8	—	N 3	Epäsäännöllinen.
RV Draconis	54.5	66 16	6.1	7.1	—	N 4 p	Epäsäännöllinen.
V Ursae minoris	13 37.7	74 34	7.1	8.9	70.5	M 4	Puolisäännöllinen.
Y Bootis	14 19.7	20 2	7.4	8.2	—	K o	
UV Bootis	20.3	25 46	7.4	8.6	—	F 5	Epäsäännöllinen.

## 31. E. Muuttuvat tähdet, joiden valonvaihtelu on epäsäännöllinen tai tuntematon, jatk.

Tähti	α 1950	δ 1950	Suuruus- luokka		Jakson pituus vrk.	Kirjo	Huomautuksia
			Max.	Min.			
RX Bootis	14 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 9	25° 56'	7 <sup>m</sup> 0	8 <sup>m</sup> 4			
RS Virginis	24.8	4 54	7.0	13.8	352		Jakson pituus vaihtelee.
RW Bootis	33.1	31 46	6.7	9.5	—	M b	Epäsäännöllinen.
RY Bootis	47.5	23 14	7.2	8.0	—	F 3 v	Tuntematon.
R Coronae borealis	15 46.5	28 19	5.8	< 13	—	G o	Epäsäännöllinen.
ST Herculis	49.3	48 38	6.8	8.5	—	K 2	Epäsäännöllinen.
X Herculis	16 1.1	47 23	5.8	7.2	100.2	M c	Puolisäännöllinen.
R Coronae borealis	21.1	30 56	5.8	< 13	—	G o ep	Epäsäännöllinen.
g Herculis	27.0	41 59	4.4	5.6	—	M b p	Epäsäännöllinen.
κ Ophiuchi	55.3	9 27	4.1	5.0	—	K o	Epäsäännöllinen.
α Herculis	17 12.4	14 27	3.1	3.9	—	M 5	Epäsäännöllinen.
VW Draconis	15.9	60 43	6.3	7.0	—	K o	Epäsäännöllinen.
Z Ophiuchi	17.1	1 34	7.6	12.6	—		
UW Draconis	56.5	54 40	7.0	8.0	—	K 5	
o Herculis	18 5.6	28 45	4.1	4.2	21.9	A o	β Lyrae-tyyppinen?
d Serpentis	24.6	0 10	4.9	5.6	—	A o p	Epäsäännöllinen.
T Lyrae	30.6	36 58	7.8	9.6	—	N 3	
R Lyrae	53.8	43 53	4.0	4.5	—	M 5	Epäsäännöllinen.
UX Draconis	19 23.4	76 28	5.8	7.2	—	N o	Epäsäännöllinen.
AF Cygni	28.7	46 3	6.4	8.4	182	M 4	RV Tauri-tyyppinen?
U Delphini	20 43.2	17 54	5.6	7.5	—	M b	Epäsäännöllinen.
V Delphini	45.5	19 9	7.7	< 17	533		
W Cygni	21 34.1	45 9	5.1	7.6	131	M 4 e	Puolisäännöllinen.
AB Cygni	34.4	31 52	7.7	8.9	530		
S Cephei	35.9	79 24	7.0	12.9	482	N 8	
RV Cygni	41.2	37 47	7.1	9.3	—	N 5	
μ Cephei	42.0	58 33	4.0	4.8	—	M 2	Epäsäännöllinen.
AG Pegasi	48.6	12 23	6.3	7.7	—	?	Epäsäännöllinen.
VV Cephei	55.2	63 23	4.9	5.7	—	M 2 ep	Epäsäännöllinen.
TW Pegasi	22 1.6	28 6	7.1	7.9	74		
ST Cephei	28.3	56 45	7.7	8.9	—		
W Cephei	34.5	58 10	6.9	8.6	6.44		
ρ Cassiopeiae	23 51.9	57 13	4.4	5.1	—	G 5	Epäsäännöllinen.
RS Andromedae	52.8	48 22	7.0	9.0	—		
V Cephei	54.1	82 5 <sup>c</sup>	6.2	7.0	362?	A o	

32. *Algolin pimennykset.*

Kuukausi	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953
Tammikuu . . . .	3.510	2.661	1.812	2.830	1.981	1.132	3.150	1.301
Helmikuu . . . .	1.183	3.201	2.352	3.371	2.522	1.672	3.691	1.842
Maaliskuu . . . .	1.857	1.007	2.026	1.177	3.195	2.346	3.346	2.515
Huhtikuu . . . . .	2.397	1.548	2.566	1.717	3.735	2.886	1.037	3.055
Toukokuu . . . . .	1.070	3.089	1.240	3.258	2.409	1.560	2.578	1.729
Kesäkuu . . . . .	1.611	3.629	1.780	3.798	2.949	2.100	3.119	2.269
Heinäkuu . . . . .	3.152	2.303	3.321	2.472	1.623	3.641	1.792	3.810
Elokuu . . . . .	3.692	2.843	3.861	3.012	2.163	1.314	2.332	1.483
Syyskuu . . . . .	1.366	3.384	1.535	3.553	2.704	1.855	2.873	2.024
Lokakuu . . . . .	2.906	2.057	3.075	2.226	1.377	3.395	1.546	3.565
Marraskuu . . . .	3.447	2.598	3.616	2.767	1.918	1.069	2.087	1.238
Joulukuu . . . . .	2.120	1.271	2.289	1.440	3.458	2.609	3.628	2.779

Taulukossa on ilmoitettu kunkin kuukauden ensimmäisen pimennyksen päivämäärä ja pimennyshetki vuorokauden desimaaliosissa. Laskuperusteena on käytetty Algolin keskimääräistä periodin pituutta  $2^{\text{vrk}} 20^{\text{h}} 48^{\text{m}} 58^{\text{s}}$  ( $-2^{\text{vrk}} 86733$ ) ja 1944 tammik. 3 p. klo  $8^{\text{h}} 12^{\text{m}}$  sattunutta pimennystä. Ajat on ilmoitettu Suomen virallisessa ajassa. Johtuen Algolin periodin jaksottaisista pituuden vaihteluista voi ilmetä pieniä eroja taulukon lukujen ja todellisten pimennyksen välillä.

Esimerkki: Halutaan tietää huhtikuun 12 p:n 1947 tienoilla olevat Algolin pimennykset.

1.548  
2.86733  
4.41533  
2.86733  
7.28266  
2.86733  
10.14999  
2.86733  
13.01732

Desimaalit muutetaan tunneiksi ja minuuteiksi siv. 143 olleen taulukon 2 avulla.

0.1	= 2h 24 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	0.01	= 0h 14 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup>	Pimennykset sattuvat siis
0.04	= 57 36	0.007	= 10 5	
0.009	= 12 58	0.0003	= 26	10 pv. klo 3 <sup>h</sup> 6 ja
0.0009	= 1 18	0.00002	= 2	13 pv. * 0 <sup>h</sup> 4.
0.00009	= 8	0.01732	= 0h 24 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup>	
0.14999	= 3h 36 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup>			

## 21. TÄHTIJOUKOT JA TÄHTISUMUT.

*Tähtijoukot.*

Tähtijoukot jakautuvat avonaisiin ja pallonmuotoisiin joukkoihin. Avonaiset tähtijoukot jaetaan edelleen neljään alalajiin.

- I Tähtijoukot, jotka erottuvat selvästi ympäristöstään ja joiden keskustaan tiheys kasvaa voimakkaasti.
- II Tähtijoukot, jotka erottuvat selvästi ympäristöstään, mutta joissa tähti-tiheys kasvaa vain hieman keskustaan päin.
- III Helposti ympäristöstään eroittuvat joukot, joissa tähtien jakautuminen on jokseenkin tasaista.
- IV Tähtijoukot, jotka eroittuvat vaikeasti ympäristöstään, raja joukon ja ympäröivän tähtikentän välillä epämääräinen.

Jokaisessa ryhmässä määritellään alalaji seuraavasti:

1. Melkein kaikki tähdet ovat tasakirkkaita.
2. Kirkkauksien jakautuminen keskinkertainen.
3. Tähtijoukoissa on kirkkaita ja himmeitä tähtiä, tavallisesti muutamia kirkkaita ja runsaasti himmeitä.

Pallonmuotoiset tähtijoukot ovat pyöreitä tai jonkin verran elliptisiä, hyvin symmetrisiä. Tähtitiheys kasvaa voimakkaasti keskustaan päin. Keskustassa on tähtiä tavallisesti niin tiheässä, että se pienellä ja keskikokoisella kauko-putkella katsottaessa näyttää sumulta, ei eroitu enää yksityisiksi tähdiksi.

Seuraavassa luettelossa on ensin tähtijoukon numero DREYERIN *New General Catalogissa*. Toisessa palstassa on tähdistön nimi ja MESSIERN tähtijoukko- ja sumuluettelon numero. Sitten seuraa *a* ja *δ* 1950.0, tähtijoukon luokka edelläesitetyn mukaisesti, ynnä erilaisia tietoja tähtijoukoista.

Täydellisempi, hieman yli 1000 objektia käsittävä tähtijoukkojen ja tähtisumujen luettelo on *Nordisk Astronomisk Tidsskriftin* vuosikerrassa 15. (1934) siv. 129—140. Selityksiä tähän luetteloon, joka sisältää kaikki mainitut objektit aina näennäiseen suuruusluokkaan 11<sup>m</sup>5 saakka, on lisäksi vuosikerrassa 16. (1935) siv. 48—54 ja 91—101.

## 33. Avonaiset tähtijoukot.

NGC	Tähdistö	α 1950	δ 1950	Luokka	Tähtien kirjo- luokka	Kirkkaim- pien täh- tien suu- ruusluokka	Tähtijoukon halkaisija		Etäisyys valov.	Kok. kirkk.	Tähtien luku
							näenn.	valov.			
633	Cassiopeia	1 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>	+ 61.0	IV 2	B, A	9	15' × 15'	25	6 900	7 <sup>m</sup> 1	80
752	Andromeda	1 55	+ 37.4	III 1	F, G, K	8	50 × 50	15	1 300	6.7	58
869	Perseus h	2 16	+ 56.9	IV 3	B, A	6	30 × 30	40	4 400	4.5	350
884	Perseus ζ	2 19	+ 56.8	IV 3	B, A	7	30 × 30	40	4 400	4.0	300
1039	Perseus M 34	2 39	+ 42.5	I 3	A—G	8	30 × 40	12	1 500	6.0	45
—	Plejadit M 45	3 45	+ 23.9	II 3	B—K	3	—	20	500	1.6	550
1528	Perseus	4 12	+ 51.1	II 3	A	11	24 × 24	25	3 000	6.4	60
1647	Taurus	4 44	+ 19.0	III 2	B, A	9	40 × 50	20	2 000	6.3	60
1746	Taurus	5 1	+ 23.7	IV 2	B, A, K	8	50 × 50	35	2 900	6.0	100
1912	Auriga M 38	5 26	+ 35.8	II 2	B, A, K	8	18 × 18	15	3 200	7.2	120
1960	Auriga M 36	5 23	+ 34.1	I 3	B, A	8	18 × 20	20	2 700	7.0	67
2099	Auriga M 37	5 49	+ 32.5	I 1	A, K	11	35 × 35	25	2 800	6.1	270
2168	Gemini M 35	6 6	+ 24.4	III 3	B, A	8	50 × 50	25	2 800	5.5	270
2264	Monoceros	6 39	+ 9.9	II 3	O, B	4	22 × 50	15	1 500	4.1	60
2287	Canis major M 41	6 44	— 20.7	I 3	A, K		38 × 38	10	1 350	5.0	155
2301	Monoceros	6 50	+ 0.5	I 3			20 × 20	3	000	6.2	80
2323	Monoceros M 50	7 0	— 8.3	I 2			15 × 18	12	2 000	7.5	50
2353	Monoceros	7 12	— 10.2	I 3	B, A	6	20 × 20	2	500	5.3	78
2422	Puppis	7 34	— 14.4	II 3	B—G	5	24 × 30	13	1 600	4.5	50
2437	Puppis M 46	7 39	— 14.7	II 2	A	10	20 × 28	20	2 200	6.7	175
2548	Hydra	8 11	— 5.6	I 2	A—K	8	43 × 65	12	1 500	5.2	130
2632	Cancer M 44	8 38	+ 20.2	I 2	A—K	6	95 × 95	13	500	3.9	77
2682	Cancer <sup>1</sup> M 67	8 48	+ 12.0	II 2	A—G	10	12 × 20	10	2 400	7.4	58
—	Coma Berenices	12 23	+ 26.3	II 3	A—G	5	250 × 300	25	270	2.7	30
6494	Sagittarius M 23	17 54	— 19.0	I 2	A, F, K	9	22 × 35	20	2 200	5.8	115
6520	Sagittarius	18 1	— 27.9	II 3			6 × 6			8.1	30
6705	Scutum M 11	18 49	— 6.3	II 2	A, K	8	14 × 14	18	4 400	6.9	70
6871	Cygnus	20 4	+ 35.6	IV 3	O, B		35 × 40	4	400	5.6	60
6940	Vulpecula	20 32	+ 28.1	III 1	A, F, K	11	30 × 33	20	2 600	6.4	112
7039	Cygnus	21 10	+ 45.4				25 × 25			6.6	80
7654	Cassiopeia M 52	23 21	+ 61.4	II 2	B, A	9	10 × 12	4	500	7.6	75

<sup>1</sup>. Praesepe

## 34. Pallonmuotoiset tähtijoukot.

NGC	Tähdistö	α 1950	δ 1950	Kirkkaim- pien täh- tien suu- ruusluokka	Tähtijoukon halkaisija		Etäisyys valo- vuosissa	Kokonais- kirkkaus
					näen- näisesti	todell. valo- vuos.		
5024	Coma Berenices M 53	13 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	+ 18.4	12	3.3	60	60 000	6 <sup>m</sup> 9
5272	Canes venatici M 3	13 39	+ 28.6	11	9.8	80	40 000	4.5
5897	Libra	15 15	— 20.8		7.3	70	52 000	7.3
5904	Serpens M 5	15 17	+ 2.3	11	12.7	90	36 000	3.6
6205	Hercules M 13	16 40	+ 36.6	11	10.0	75	33 000	4.3
6218	Ophiuchus M 12	16 45	— 1.8	10	9.3		36 000	6.0
6254	Ophiuchus M 10	16 55	— 4.0	10	8.2		36 000	5.4
6333	Ophiuchus M 9	17 17	— 18.5	14	2.4		69 000	7.4
6341	Hercules M 92	17 15	+ 43.2		8.3		36 000	5.1
7089	Aquarius M 2	21 31	— 1.1		8.2		46 000	5.0

## Tähtisumut.

Tähtisumu-käsitteellä tarkoitetaan kaikkia niitä kiintotähtitaivaan objekteja, joilla on havaittava pinta. Tämä vanha nimitys on säilynyt edelleenkin, vaikka tutkimus on osoittanut tähän ryhmään kuuluvan kolme aivan erilaista tähtitieteellistä havaintokohderyhmää, nimittäin Linnunradan diffuusit, valaisevat ja pimeät sumut, planetaariset tähtisumut ja Linnunradan ulkopuolella olevat suuret tähtikasautumat extragalaktiset tähtisumut.

Linnunradan tähtisumut ovat joko kaasumaisia tai pölymäisiä ainekasautumia. Niiden tiheys on hyvin vähäinen, säännöllisesti pienempi kuin suurimman maapallon pinnalla aikaansaadun ilmatyhjön tiheys. Ne eivät ole kuumia, vaan loistavat osaksi heijastuneella tähtien valolla, osittain, pääasiallisesti, niiden valo on läheisten tähtien säteilyn synnyttämää n.s. fluoresenssivaloa, kylmää säteilyä.

Planetaariset sumut ovat pyöreitä tai soikeita, pallonkuorimaisia taivaan-kappaleita, joiden keskessä on useimmiten keskustähti, jonka pintalämpötila on niin korkea, ettei sellaisia pintalämpötiloja muualla tavata. Erään hypoteesin mukaan planetaariset sumut ovat n.s. uusien tähtien, novien jäännöksiä. Tähtien pintakerros olisi sinkoutunut aikanaan valtavan räjähdysen vaikutuksesta tällaiseksi laajaksi kuoreksi, jonka läpimitta on joskus jopa 20 000 kertaa niin suuri kuin maapallon radan halkaisija. Erään toisen hypoteesin mukaan planetaariset sumut ovat syntymässä olevia tähtiä, kirjojuokkajärjestyksessä siis O-jättiläis-tähtiä edeltävä vaihe tähtien kehityksessä.

Linnunradan ulkopuolella sijaitsevat tähtisumut ovat oikeastaan suuria tähtikasautumia, monasti Linnunratajärjestelmämme veroisia avaruuden saaria. Ne ovat koostuneet miljardeista tähdistä ja vaikkakin niissä on myöskin sumuainetta, kuten Linnunradassammekin, ei nimitys sumu oikeastaan sovi niille. Nämä Linnunradan ulkopuolella sijaitsevat »sumut» ovat muodoltaan spiraalimai-

sia, elliptisiä, pyöreitä, S-kirjaimen muotoisia tai joskus epäsäännöllisiä, irregulaarisia. Näiden sumujen luettelossa on sumun muoto ilmoitettu sarakkeessa »tyyppi».

Seuraavissa luetteloissa on mainittu ensiksi DREYERIN *New General Cataloguen* numero. Toisessa sarakkeessa on tähtikuvion nimi ja MESSIERIN tähtijoukko- ja -sumuluettelon numero. Näennäisen halkaisijan pituudet on ilmoitettu, varsinkin mitä tulee Linnunradan ulkopuolella oleviin sumuihin, vain kirkkainta keskiosaa tarkoitaviksi. Himmeiden laitaosien mukaan halkaisija on välistä kolmekin kertaa niin suuri.

## 35. Linnunradan tähtisumut.

NGC	Tähdistö	a 1950	δ 1950	Näenn. suuruus- luokka	Halkaisija		Etäisyys valovuosi- sissa	Huomautuksia
					näennäis- sesti	todelli- sesti valo- vuosissa		
1976	Orion M 42	5 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup>	— 5.4	5.0		100	900	Suuri Orionin sumu
1982	Orion M 43	5 33	— 5.3	10.0	40' × 40'			
2068	Orion	5 45	0.0	7.7	54 × 60			
2261	Monoceros	6 37	+ 8.8	9.7	0.9 × 1.2			
6618	Sagittarius M 15	18 18	— 16.2	7.7	2.5 × 20		3 600	Säteisnopeus 21 km/sek
7088	Aquarius	21 31	— 0.6	—	5 × 6			Pimeä sumu

## 36. Planetaariset sumut.

NGC	Tähdistö	a 1950	δ 1950	Näenn. suuruus- luokka	Halkaisija		Etäisyys valov. vuosissa	Keskustähden		Säteitten nopeus km/sek
					näennäis- sesti	todelli- sesti valo- vuosissa		suu- ruus- luokka	plnta- lämpötila	
1535	Eridanus	4 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup>	— 12.9	8.8	0.5 × 0.5			10 <sup>m</sup>	38 000 <sup>o</sup>	— 18
1952	Taurus M 1	5 32	+ 22.0	8.5	2.7 × 3.8	1	600	10	100 000	
2022	Orion	5 40	+ 9.1		0.5 × 0.6	0.04	400	13		
2392	Gemini	7 27	+ 21.0	8.6	0.4 × 0.5	0.04	160	9	31 000	+ 73
2440	Puppis	7 39	— 18.1	8.8	0.2 × 0.2			1)		+ 45
3242	Hydra	10 22	— 18.4	7.1	0.8 × 0.9	0.02	100		55 000	— 4
4361	Corvus	12 22	— 18.5	9.4	1.4 × 1.4			10	37 000	
6210	Hercules	16 42	+ 23.9	8.5	0.1 × 0.1				40 000	
6543	Draco	17 59	+ 66.5	7.6	0.3 × 0.3	0.01	100		40 000	
6572	Ophiuchus	18 9	+ 6.8	8.2	0.1 × 0.1	1	1 000		34 000	+ 10
6720	Lyra M 57	18 51	+ 32.9	8.9	0.8 × 1.0	0.7	1 600	2)	70 000	
6818	Sagittarius	19 42	— 14.3	8.8	0.3 × 0.3				70 000	
6826	Cygnus	19 43	+ 50.3	8.1	0.2 × 0.2				35 000	
6853	Vulpecula M 27	19 57	+ 22.6	7.3	3.5 × 4.3	0.8	320			— 20
7009	Aquarius	21 2	— 11.6	7.2	0.3 × 0.4			12	50 000	
7662	Andromeda	23 23	+ 42.3	7.6	0.2 × 0.2	0.02	150	3)		— 4

1) Ei keskustähteä.

2) Rengassumu.

3) Ei keskustähteä. Keskuslämpötila 50 000<sup>o</sup>.

## 37. Linnunradan ulkopuolella olevat tähtisumut.

NGC	Tähdistö	a 1950	δ 1950	Tyyppi	Näenn. suur- luokka	Halkaisija		Etäisyys valo- vuosissa	Säteis- nopeus km/sek
						näennäis- sesti	todelli- sesti valo- vuos.		
221	Andromeda M 32	0 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	+ 40.6	Ell	8 <sup>m</sup> 7	0.8 × 1.0	1 000	900 000	— 185
224	Andromeda M 31	0 40	+ 41.0	Sp	5.0	6 × 12	31 000	900 000	— 220
404	Andromeda	1 7	+ 35.5	Ell	10.0	0.8 × 0.9	450	1 200 000	— 25
474	Pisces	1 18	+ 3.2	Ell	11.3	0.5 × 0.5			
524	Pisces	1 23	+ 9.3	Ell	10.6	0.6 × 0.7			
598	Triangulum M 33	1 31	+ 30.4	Sp	7	12 × 24	11 000	800 000	— 70
1068	Cetus M 37	2 41	— 0.3	Sp	8.7	1.3 × 1.3	2 400	2 300 000	+ 920
2403	Ursa major	7 32	+ 65.7	Sp?	8.8	2.7 × 3.8			+ 125
2683	Cancer	8 50	+ 33.8	Sp	9.2	0.3 × 2.7	1 300	3 200 000	+ 400
2775	Hydra	9 8	+ 7.3	Sp	9.8	1.0 × 1.0			+ 1100
2903	Leo	9 30	+ 21.8	Sp	9.0	1.1 × 3.8			+ 350
3031	Ursa major M 81	9 52	+ 69.3	Sp	8.0	5.4 × 6.0	13 400	2 400 000	— 30
3034	Ursa major M 82	9 52	+ 70.0	Irr.	8.8	0.9 × 4.9	5 300	2 600 000	+ 290
3115	Sextans	10 2	— 7.3	Sp	9.0	2.0 × 5.0	3 800	33 000 000	+ 600
3166	Sextans	10 12	+ 3.7	Sp	10.7	0.8 × 0.8			
3368	Leo M 96	10 45	+ 12.1	Sp	8.7	0.7 × 1.4	11 400	5 700 000	+ 940
3377	Leo	10 45	+ 14.2	Sp	9.8	0.8 × 1.2			+ 650
3379	Leo	10 46	+ 12.8	Ell	9.1	0.4 × 0.4	2 800	4 800 000	+ 810
3521	Leo	11 3	— 2.2	Sp	8.8	2.2 × 2.2			
3623	Leo M 65	11 17	+ 13.3	Sp	8.9	1.2 × 3.3	11 600	5 000 000	+ 800
3627	Leo M 66	11 18	+ 13.2	Sp	8.6	0.9 × 1.7	10 000	4 300 000	+ 650
3640	Leo	11 19	+ 3.5	Ell	10.0	0.4 × 0.4			
3675	Ursa major	11 24	+ 43.8	Sp	10.2	0.4 × 1.8			
4179	Virgo	12 11	+ 1.5	Ell	10.5	0.2 × 1.2			
4216	Virgo	12 14	+ 13.4	Sp	9.6	0.5 × 3.5			+ 50
4254	Coma Berenices M 99	12 16	+ 12.2	Sp	9.0	2.2 × 2.2			
4258	Ursa major	12 16	+ 47.5	Sp	8.7	2.0 × 4.0	26 800	4 600 000	+ 500
4261	Virgo	12 17	+ 6.1	Ell	10.0	0.9 × 1.2			+ 2300

## 37. Linnunradan ulkopuolella olevat tähtisumut, jatk.

NGC	Tähdistö	$\alpha$ 1950	$\delta$ 1950	Tyyppi	Näenn. suur. luokka	Halkaisija		Etäisyys valo- vuosissa	Säteis- nopeus km/sek
						näennäi- sesti	todel- lisesti valo- vuos.		
4321	Coma Berenices M 100	12 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	+ 13.6	Sp	9 <sup>m</sup> 3	2.5 × 2.5			
4365	Virgo	12 22	+ 7.7	Ell	10.2	0.5 × 0.5			+ 1 200
4374	Virgo M 84	12 23	+ 13.1	Ell	8.7	1.0 × 1.2	3 500	6 000 000	+ 1 050
4382	Coma Berenices M 85	12 23	+ 18.4	Sp	8.8	1.4 × 1.4	4 300	3 700 000	+ 500
4406	Virgo M 86	12 24	+ 13.2	Ell	9.0	1.3 × 1.1			
4472	Virgo	12 28	+ 8.2	Sp	8.5	0.8 × 0.8	3 300	5 700 000	+ 850
4490	Canes venatici	12 28	+ 41.9	Sp	9.2	1.3 × 3.0			
4501	Coma Berenices M 88	12 30	+ 14.7	Sp	9.5	1.7 × 3.5			
4526	Virgo	12 32	+ 7.9	Sp	10.0	0.5 × 1.5	5 600	3 900 000	+ 580
4551	Virgo M 89	12 34	+ 12.8	Ell	8.9	2.7 × 3.5			
4594	Corvus	12 38	- 11.4	Sp	8.7	0.6 × 4.5	14 600	7 200 000	+ 1 140
4631	Canes venatici	12 40	+ 30.4	Sp	8.1	6.0 × 0.6			
4649	Virgo M 60	12 42	+ 11.8	Ell	8.6	2.7 × 3.5	4 400	7 500 000	+ 1 090
4736	Canes venatici M 94	12 48	+ 41.4	Sp	7.7	1.3 × 1.3	4 400	3 000 000	+ 290
4826	Coma Berenices M 64	12 54	+ 21.9	Sp	8.6	3.3 × 1.2	3 000	1 300 000	+ 150
5055	Canes venatici M 63	13 13	+ 42.3	Sp	9.2	0.9 × 2.2	8 300	3 600 000	+ 450
5194	Canes venatici M 51	13 27	+ 47.4	Sp	8.4	6 × 6	10 400	3 000 000	+ 250
5195	Canes venatici	13 28	+ 46.5	Ell	8.6	0.9 × 1.1			
5457	Ursa major M 101	14 2	+ 52.4	Sp	7.5	11 × 11			
5866	Draco	15 5	+ 56.0	Sp	10.3	0.4 × 1.5	5 200	6 000 000	+ 650
7331	Pegasus	23 34	+ 34.2	Sp	9.3	0.4 × 3.0	14 600	5 200 000	+ 500

## 22. KUUKARTAN NIMILUETTELO.

120 Abenezra	26 Bradley	115 Gemma Frisius
134 Abulfeda	217 Bruce	155 Goclenius
175 Agrippa	62 Bullialdus	171 Godin
117 Albategnius	179 Julius Caesar	1 Goldschmidt
42 D'Alembert-vuoristo	63 Campanus	40 Grimaldi
104 Aliacensis	156 Capella	157 Gutenberg
131 Almanon	141 Catharina	195 Haemus-vuoristo
210 Alpit	193 Chacornac	68 Hainzel
85 Alphonsus	92 Clavius	43 Hansteen
132 Altai-vuoristo	181 Cleomedes	24 Harbinger-vuoristo
7 Anaximander	153 Colombo	152 Hecateus
6 Apenninit	172 Condorcet	80 Heinsius
110 Apianus	101 Curtius	13 Helicon
165 Apollonius	106 Cuvier	86 Hell
174 Arago	146 Cyrillus	202 Hercules
3 Archimedes	50 Darwin	31 Hercyniset vuoret
211 Archytas	183 Dawes	28 Herodotus
186 Argaeus	161 Delambre	70 Hesiodus
27 Aristarchus	144 Descartes	37 Hevelius
213 Aristyllus	168 Dionysius	136 Hipparchus
208 Aristoteles	59 Doppelmayr	116 Hommel
207 Arnold	83 Dörfel-vuoristo	149 W. Humboldt
93 Arzachel	35 Encke	108 Jacobi
197 Atlas	201 Endymion	127 Janssen
212 Autolycus	22 Eratosthenes	16 Jura-vuoristo
170 Auzout	206 Eudoxus	189 Kap Acherusia
77 Bailly	44 Euklides	9 Kap Laplace
87 Ball	23 Euler	25 Karpaatit
113 Barocius	129 Fabricius	33 Kepler
215 Barrow	166 Firmicus	91 Klaproth
72 Bayer	158 Fourier	29 Kopernikus
184 Berosus	145 Fracastor	54 Kordillierit
15 Bianchini	48 Fra Mauro	160 Kästner
121 Biela	192 Franklin	204 Lacus Mortuorum
47 De Billy	138 Fraunhofer	196 » Somniorum
78 Birt	140 Furnerius	55 Lagrange
90 Blancanus	52 Gassendi	18 Lambert
216 W. C. Bond	79 Gauricus	38 Landsberg
51 Bonpland	185 Gauss	82 Lange Wand
114 Boussingault	187 Geminus	159 Langrenus

158 Lapeyrouse	111 Mutus	88 Sasserides
107 Leibniz-vuoristo	41 Mösting	95 Saussure
45 Letronne	36 Oceanus Procellarum	65 Schickard
8 Leverrier	214 Palus Nebularum	71 Schiller
94 Lexell	2 » Putredinis	19 Sinus Aestuum
126 Lindenau	148 Petavius	17 » Iridum
81 Longomontanus	5 Philolaus	199 » Medii
178 Macrobius	69 Phocylides	20 » Roris
96 Maginus	135 Piccolomini	14 South
198 Manilius	74 Pitatus	128 Steinheil
109 Manzinus	4 Plato	143 Stevinus
133 Mare Australe	182 Plinius	30 Otto Struve
176 » Crisium	194 Posidonius	105 Stöfler
162 » Foecunditatis	177 Proclus	139 Tacitus
209 » Frigoris	84 Ptolemaios	167 Taruntius
203 » Humboldtianum	97 Purbach	190 Taurus-vuoristo
57 » Humororum	10 Pythagoras	151 Theophilus
11 » Imbrium	123 Rabbi Levi	12 Timocharis
173 » Marginis	98 Regiomontanus	89 Tycho
150 » Nectaris	142 Reichenbach	154 Vendelinus
67 » Nubium	34 Reinhold	56 Vieta
49 » Orientale	21 Repsold	60 Vitello
200 » Serenitatis	137 Rheita	180 Vitruvius
169 » Tranquillitatis	39 Riccioli	118 Vlacq
205 » Vaporum	124 Riccius	100 Walter
32 Marius	46 Riffien vuoret	66 Wargentini
164 Maskelyne	61 Rook-vuoristo	103 Werner
112 Maurolycus	119 Rosenberger	76 Wilhelm I
191 Menelaus	188 Römer	75 Wurzelbauer
64 Mercator	163 Sabine	102 Zach
53 Mersenius	125 Sacrobosco	122 Zagut
130 Metius	147 Santbech	73 Zuchius
99 Moretus		

## 23. TÄHTIKARTTA JA SIIHEN LIITTYVÄT PEITEPIIRROKSET.

Tähtikartta käsittää Suomessa näkyvän osan tähtitaivasta, eli koko pohjoisen tähtitaivaan ja eteläistä taivasta deklinaatioon  $-30$  asti. Kartta on jaettu kolmeen osaan, jotka deklinaatiossa peittävät toisensa  $10^\circ$  ja rektaskensiossa  $1^h$ . Tähdet on sijoitettu paikoilleen ekvinoktiumin 1950.0 mukaan. Kaikki neljättä suuruusluokkaa olevat tai sitä kirkkaammat tähdet on merkitty kreikkalaisella kirjaimella tai numerolla. Lisäksi on karttaan merkitty kaikki viiden suuruusluokan tähdet. Tähtisumujen merkinnöissä M tarkoittaa MESSIERN tähtiluetteloa; pelkät numerot ovat N.G.C:n numeroja. Linnunrata on painettu karttoihin sinisellä värillä.

Kuultopaperille painettujen peitepiirrosten avulla nähdään, missä asennossa tähtitaivas on Helsingissä eri vuoden ja vuorokauden aikoina. Ne levitetään tähtikartan päälle seuraavalla tavalla.

1. N a p a v y ö h y k e. Kummankin keskipisteet (taivaannapa) asetetaan päällekkäin ja peitepiirrosta kierretään tämän yhteisen keskipisteen ympäri niin, että peitepiirrokselta haettu päivämäärä tulee tähtikartan rektaskensioasteikolta haetun virallisen ajan kohdalle.

2. E k v a a t t o r i v y ö h y k e (sekä tähtikartassa että peitepiirroksessa ekvaattori suoraviivainen). Ekvaattorit asetetaan päällekkäin ja peitepiirrosta siirretään sivusuunnassa niin, että peitepiirrokselta haettu päivämäärä tulee heinä—joulukuussa tähtikartan rektaskensioasteikolta haetun virallisen ajan, tammi—kesäkuussa virallisen ajan  $\pm 12^h$  kohdalle.

Koska tähtikartan ekvaattorivyöhyke on jaettu kahdelle lehdelle, täytyy panna merkille, minkä päivämäärän kohdalle lehtijakoraja joutuu, jotta toisella lehdellä peitepiirros voidaan asettaa sen mukaan.

Peitepiirros ulottuu vain itä- ja länsipisteisiin asti. Pyöreä peitepiirros sivuaa pohjoisessa taivaanrantaa. Täten jää koillisessa ja luoteessa taivaanrantaa lähinnä olevat taivaannurkat peitepiirrokselta pois.

Tämän piirroksen avulla voidaan määrätä tähden atsimut ja korkeus ainakin asteen tarkkuudella, mistä on hyötyä esim. kun haetaan tähteä kaukoputkeen, joka on pystytetty horisontaalisesti ja varustettu vaak- ja pystykehällä, siis myös teodoliittiin tai universaalikoneeseen. Samoin jos meteorin paikka on määrätty tähtikuvioiden avulla, tällä tavalla saadaan sen suunta ja korkeus.

Paitsi Helsingissä, tätä peitepiirrosta voidaan käyttää muillakin paikkakunnilla, joiden leveysaste on  $60^{\circ} 10'$ , jos päivämääriä muutetaan länteenpäin mennessä myöhäisemmiksi ja itäänpäin mennessä aikaisemmiksi aina yksi päivä pituusastetta kohti. Muilla leveysasteilla piirros ei enää ole tarkka, mutta hyvänä likiarviona sitä kuitenkin voidaan pitää. Silloin menetellään seuraavasti. Normaaliasennossa (navat tai ekvaattorit kohdakkain) peitepiirros kierretään tai sivusuunnassa siirretään ajankohtaa (ja pituusastetta) vastaavaan asentoon. Sen jälkeen peitepiirrosta siirretään pitkin meridiaania (pystysuunnassa) niin, että zenit tulee leveysastetta vastaavan deklinaatiolukeman päälle.

**Oikaaisu.** Tähtikartan nimistöön on päässyt pari painovirhettä jotka oikaistakoon tässä. Kartassa 3,  $\alpha=21^h$ ,  $\delta=30^{\circ}$  on tähdistön nimenä MIKROSCOPIUM, lue MICROSCOPIUM. Samassa kartassa  $\alpha=18^h$ ,  $\delta=0^{\circ}$  on nimi SERPENS; Gauda pars ja  $\alpha=16^h$ ,  $\delta=-10^{\circ}$  SERPENS; Caput pars. Lue nämä: SERPENS; Gauda - Pars posterior ja SERPENS; Caput - Pars anterior.

## HAKEMISTO.

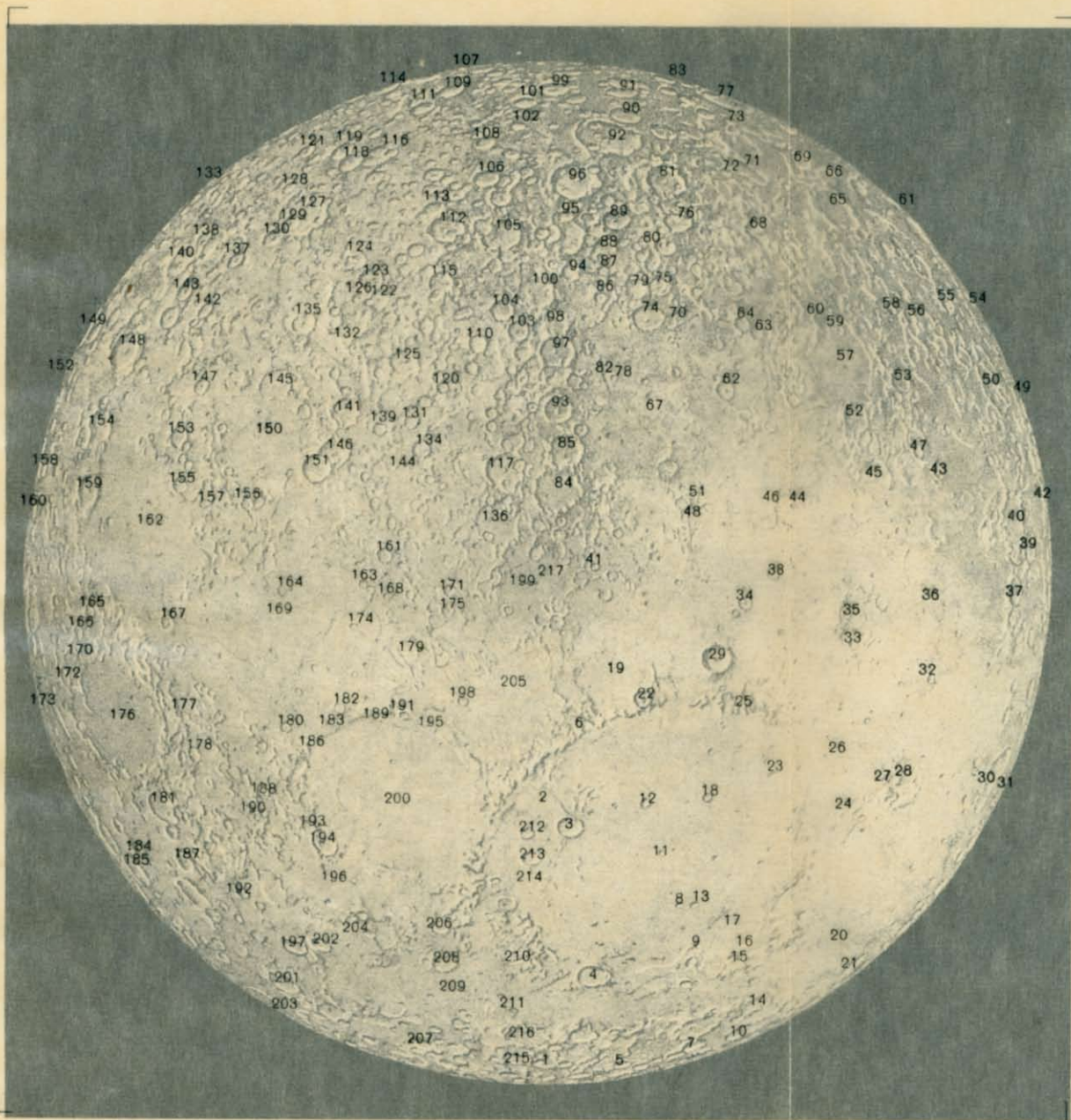
	Siv.		Siv.
aberraatio	74, 157	$\beta$ Lyrae-tähdet	188
absoluuttinen kulmayksikkö	51	bolidit, tulipallot	112, 114
adaptaatio, silmän	46	Cassegrain-teleskooppi	24
aika	71	circumpolaariset tähdet	10
aikajärjestelmien muunnoslaskut	79	cosekantti	54
aikamerkit, radion	129	cosini	51
aikakauslehdet, tähtitieteelliset	133	cotangentti	54
ajanlasku	71, 142, 156	deklinaatio	69
ajanmääräys	86, 95, 129	» , kompassin	92
ajantasaus	72, 81, 146	deklinaatioakseli	25
akromaattinen objektiivi	19	deklinaatioympyrä	25
alakulminaatio	70	digressio	90
Algol, pimennykset	194	efemeridi	83
anomalistinen kuukausi	156	ekliptika	70, 156
» vuosi	156	ekvaattori	66
apeksi	74	ekstinktio	154
aplanaatti	20	elohopeaherkiste	121
apokromaattinen objektiivi	19	ensi vertikaali	66
apupeili	42	ensi vertikaalin ohikulku	90
Argelanderin porraskeino	103	epookki	73, 83
asentaminen, peilien	42	erotuskyky, objektiivin	22
atsimut	69	» peilin	44
atsimutaalinen jalusta	25	etsijä, kaukoputken	27
atsimutin määräys	85, 92	Foucaultin varjostuskoe	34
aukkosuhde, objektiivin	18	Galilein kaukoputki	15
Auringon deklinaatio	91	Gauss	149
» havaitsemisesta	48	havainto-ohjeita, yleisiä	46
» ilmansuunnat	108	havaintopäiväkirja	48
» korona	124	herkistäminen, valokuvauslevyn	121
» -pilkut	107	hionta, peilin	30
» -pimennys	123	hopeointi	40
» soihdut	107	horisontti	66
» valokuvaaminen	116	huurreputki	27, 47
aurinkoaika	72	huurtuminen, linssien	47
aurinkokello	97	Huyghensin okulaari	21
aurinkokunta	156, 158	ilmansuunnat tähtikartoissa	13
aurinkolasi	29, 108	» , Auringon	108
aurinkomittaus	95	jalusta, kaukoputken	25
Benetnash-keino	92	juliaaninen jakso	143



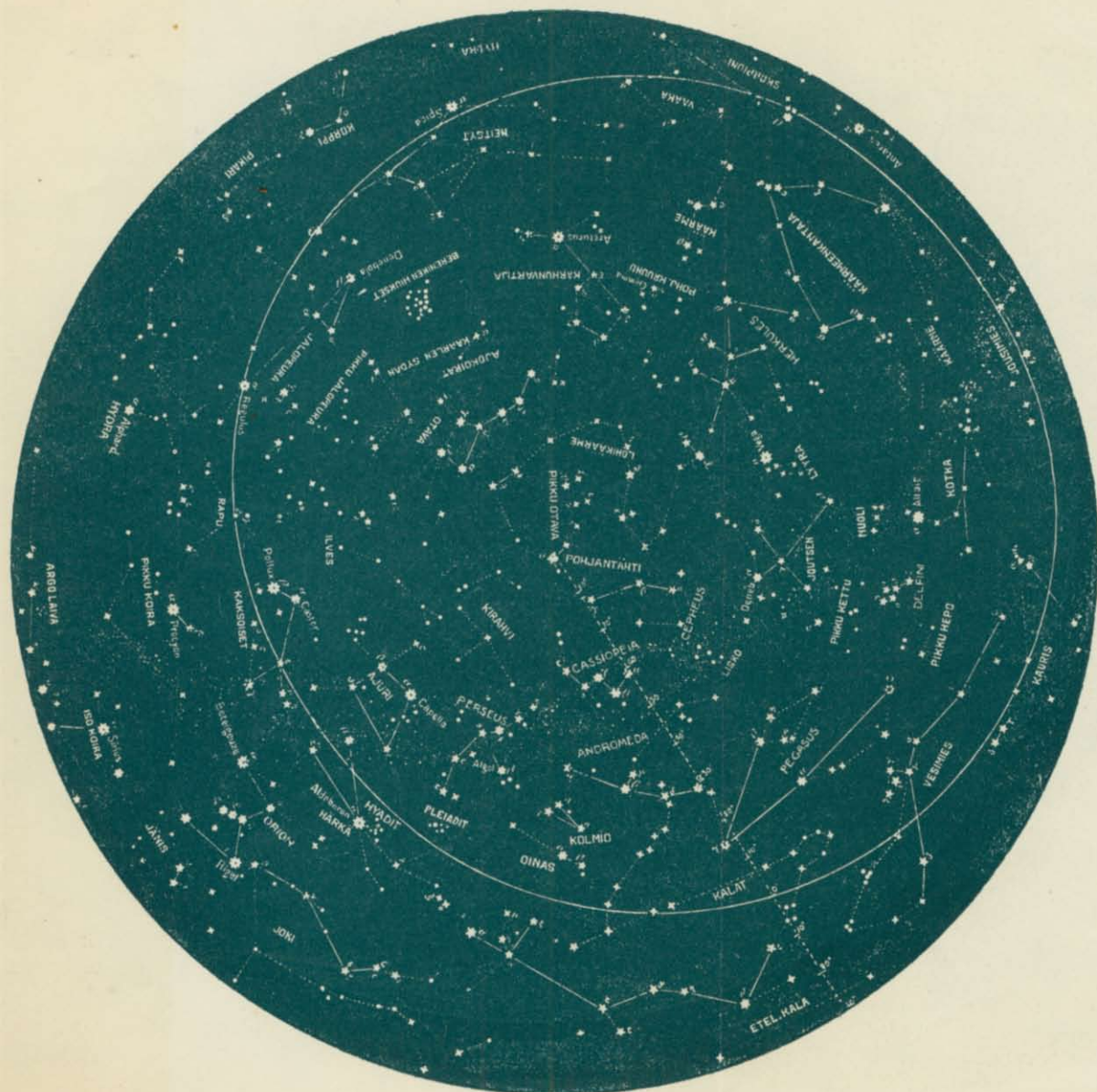
	Siv.		Siv.
Jupiter .....	123, 157	kuunpimennys .....	123
Jupiterin kuut .....	126, 159	kuut, kiertotähtien .....	126, 159
kaksoistähden erottuminen .....	23	kuvapinnan kaarevuus .....	20
kaksoistähdet .....	179	lankaristikko .....	28
» , luettelo .....	180	laskuohjeita, yleisiä .....	78
» , yhteissuuruusluokka .....	186	lasku (tähtien) .....	89
kansainvälinen napasekvenssi .....	174	leveysasteen määräys .....	87, 98
kasteputki .....	27, 47	leveys, maantieteellinen .....	66
kaukoputken suurennus .....	16	» , tähden .....	71
» valokuvauksellinen poltto-		linssikaukoputki .....	15
» piste .....	118	Luonto-liitto .....	139
kaukoputki .....	14	luotilankakeino .....	92, 96
kaukoputki kamerana .....	118	luotiviiva .....	66
Kellnerin okulaari .....	22	lähimmät kiintotähdet .....	175
kellolaite .....	27	Maa, vakiot .....	156
keltasuodin .....	119	maakaukoputki .....	16
keskiaika .....	72	maantieteellinen leveys .....	66
keskiaurinko .....	72, 145	» pituus .....	66
keskiaurinkovuorokausi .....	156	Mars .....	123, 157
keskipaikka .....	83	meridiaani .....	68
Keplerin kaukoputki .....	15	Merkurius .....	124, 125, 157
kevättasauspiste .....	69	meteorien havaitseminen .....	111
kiertotähdet, vakiot .....	157	» valokuvaaminen .....	115
kiilloitus, peilin .....	36	meteoriparvet, luettelo .....	163
kiintotähdet .....	165	miiri .....	92
» , etäisyystaulukko .....	178	mikrometri, okulaari-	28
» , koordinaatteja .....	172	» , rengas- .....	28, 100
» , lähimmät .....	175	muotoilu, peilin .....	38
» , napatähdet .....	174	muuttuvat tähdet .....	102, 187
» , yleisluettelo .....	166	» » , Algol .....	194
kirjallisuus, tähtitieteellinen .....	133	» » , $\beta$ Lyrae-tähdet .....	188
kirkkaimmat kiintotähdet .....	177	» » , epäsäännölliset .....	192
kokoojalinssi .....	21	» » , lyhytjaksoiset .....	189
kolmion ratkaisu .....	55	» » , pimennysmuuttajat 103, 187	
koma .....	20	» » , pitkäjaksoiset .....	190
koordinaatit .....	68	nadir .....	66
koordinaattien määrääminen .....	100	napakolmio .....	82, 90
korkeus .....	69	napakorkeus .....	68
korona, Auringon .....	124	napasekvenssi, kansainväl. .....	174
kosini (cosini) .....	51	napatähden suurin digressio .....	90
kotangentti (cotangentti) .....	54	napatähdet .....	174
kreikankielen aakkoset .....	166	negatiivinen okulaari .....	21
kruunulasilinssi .....	19	Neptunus .....	157
kulman mittayksiköt .....	49	neulanreikäkamera .....	117
kulminaatio .....	70	Newtonin peilikaukoputki .....	24
Kuu, kartan nimiluettelo .....	201	nousevan solmun pituus .....	74, 156
kuukausi .....	122, 156	nousu (tähtien) .....	89
Kuun nousevan solmun pituus .....	156	nova-tähdet .....	102
» valokuvaaminen .....	118	nutaatio .....	74, 156

	Siv.		Siv.
näennäinen paikka .....	75, 83	prekessio .....	73, 151, 157, 173
näkökenttä, kaukoputken .....	17	prismakiikari .....	14
objektiivi .....	15, 22	pyrstötähden valokuvaaminen .....	121
ohikulku .....	124	pyrstötähdet .....	127, 162
okkultaatio .....	122, 126	päivämäärä vuoden desimaaleina .....	142
okulaari .....	15, 21, 42	pääsiäinen .....	149
ominaisliike, tähden .....	76, 172	radiantti, tähdenlentojen .....	111
onogo-merkit .....	130	radio-aikamerkit .....	129
optinen akseli, kaukoputken .....	15	Ramsdenin okulaari .....	21
ortoskooppinen okulaari .....	22	reduktiolaskut .....	73
osittaisvarjo .....	123	reflektori .....	15
paikallisaika .....	72	refraktio .....	76, 153
paikanmääräys merellä .....	99	refraktori .....	15
palloaberraatio .....	20	rektaskensio .....	70
pallokolmio .....	59	rengasmikrometri .....	28, 100
pallopeili .....	32	rytmilliset aikamerkit .....	130
pallopoikkeama .....	20	Saturnus .....	126, 157
pallotrigonometria .....	59	seisaukoluuri .....	93
pallotutitiede .....	65	seisauspisteet .....	71
» , aputaulukoita .....	151	sekantti .....	54
pallotähtitieteellisiä laskutehtäviä .....	78	sekundäärispektri .....	19
» mittaustehtäviä .....	92	sideerinen kuukausi .....	122, 156
parabolinen peili .....	32	» vuosi .....	73, 156
parallaksi .....	66, 75	silitys, peilin .....	33
parallaktinen asennus .....	25, 128	silmä havaintokojena .....	14
» kulma .....	82	silmälasilinssi-kamera .....	117
parsek .....	75, 157, 178	silmälinssi .....	21
peilien asentaminen .....	42	silmän sopeutuminen pimeään .....	46
» hionta .....	30	sini .....	51
» hopeointi .....	40	solmu .....	74
peilikaukoputki .....	15, 24	stereoskooppikuvat .....	121
» valmistaminen .....	30	sumuputki, kaukoputken .....	27, 47
periheli .....	71	suotimien käyttö valokuvauksessa .....	119
perustehtävä, pallotähtitieteen .....	84	suurennus, kaukoputken .....	16
piilasilinssi .....	19	suurin digressio .....	90
pikkuplaneetat .....	160	synodinen kuukausi .....	156
pimennysmuuttajat .....	103, 187	säteilypiste, tähdenlentojen .....	111
pituus, maantieteellinen .....	66	säteisnopeus .....	167
» , tähden .....	71	taivaanpallo .....	66
pituusasteen määräys .....	96	tangentti .....	54
planetoidit .....	160	tasain .....	66
Pluto .....	157	tasaukoluuri .....	67
Pohjantähti .....	93, 173	tasauspisteet .....	71
» , deklinaatio .....	95, 173	teatterikiikari .....	14
polttopiste, valokuvauksellinen .....	118	teodoliitti .....	69, 94
polttotaso .....	16	todellinen aika .....	72
polttoväli .....	15	» paikka .....	75
porraskeino .....	103	toinen napakolmio .....	90
positiivinen okulaari .....	21	toisiokirjo .....	19

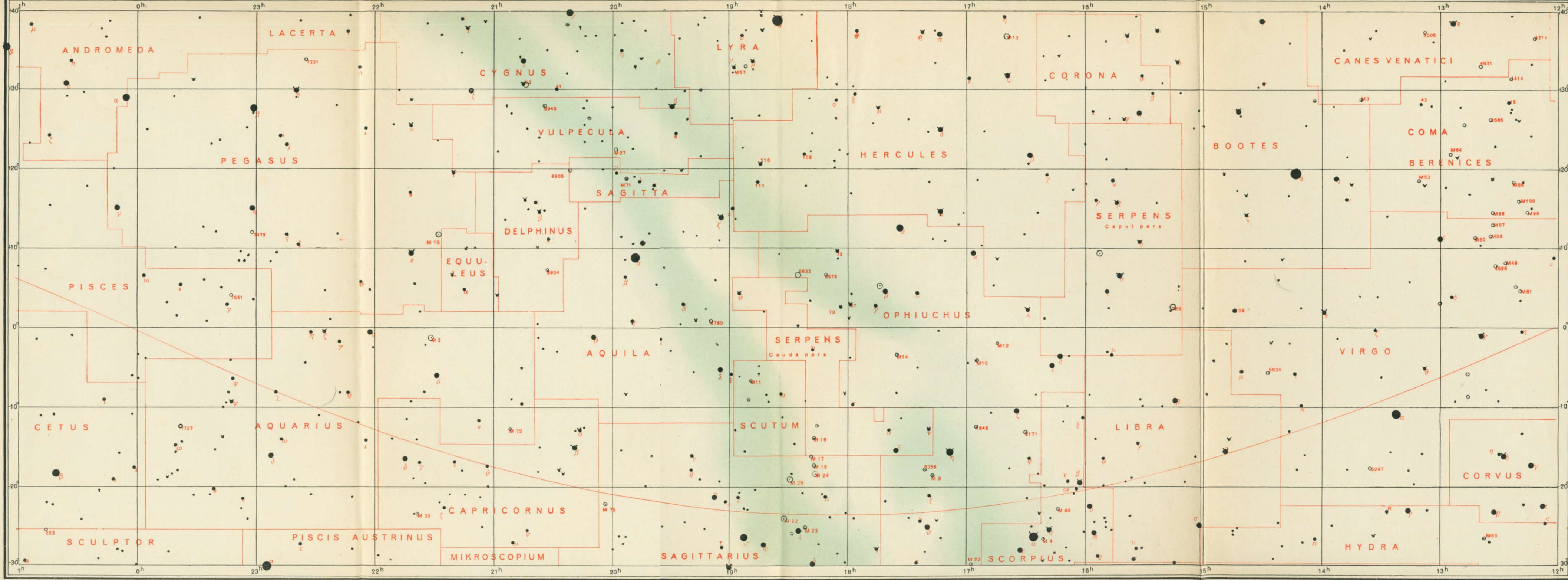
	Siv.		Siv.
trigonometria .....	49	täysvarjo .....	123
troopillinen kuukausi .....	156	universaalikone .....	69
» vuosi .....	71, 156	Uranus .....	157
tulipallot, bolidit .....	112, 114	Ursa .....	137
tuntiakseli .....	25	uudet tähdet .....	102
tuntikulma .....	69	vakiot, tähtitieteelliset .....	156
tuntiympyrä .....	25	valokuvauksellinen polttopiste .....	118
tähdenlentojen havaitseminen .....	111	valokuvaus .....	116
» laskenta .....	112	valokuvauslevyn herkistäminen .....	121
» radanmääräys .....	115	valovoimakkuus, objektiivin .....	18
» valokuvaaminen .....	115	valovuosi .....	157
tähdenlento-parvet, luettelo .....	163	Venus .....	124, 157
tähdenlento-parvien etsintä .....	113	vertikaaliympyrä .....	68
tähden nousu ja lasku .....	89	vesivaaka (tasain) .....	66
tähdenpeitto .....	122	virallinen aika .....	72
tähdistöt, nimet .....	11, 165	vuorokausi .....	71
» , taulukko .....	167	vuosi .....	71, 156
tähti aika .....	70, 145	vyöhyke aika .....	72
tähtijono .....	128	vyöhykevirheet, objektiivin .....	22
tähtijoukot .....	195	väriaberraatio .....	18
» , avonaiset .....	196	väripoikkeama .....	18
» , pallonmuotoiset .....	197	värisuotimet .....	119
tähtikaukoputki .....	15	yhteissuuruusluokka .....	186
tähtisumut .....	197	yleisaika .....	72
tähtitaivaan opetteleminen .....	10	yläkulminaatio .....	70
tähtivalokuvauksesta .....	116	zenit .....	66
tähtivuorokausi .....	71, 156	zenitetäisyys .....	69
tähtiväli .....	75, 157, 178		

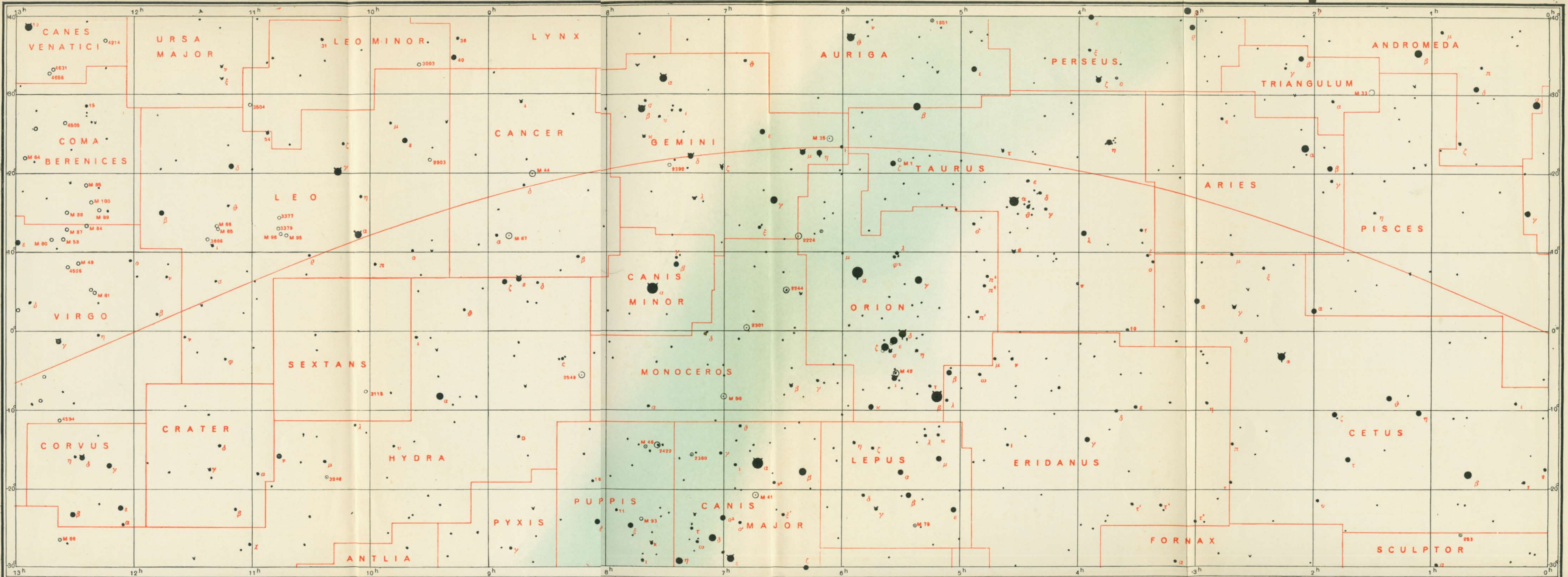






Tähtikartan mukailleen laatintu Ossian Jäämaa.



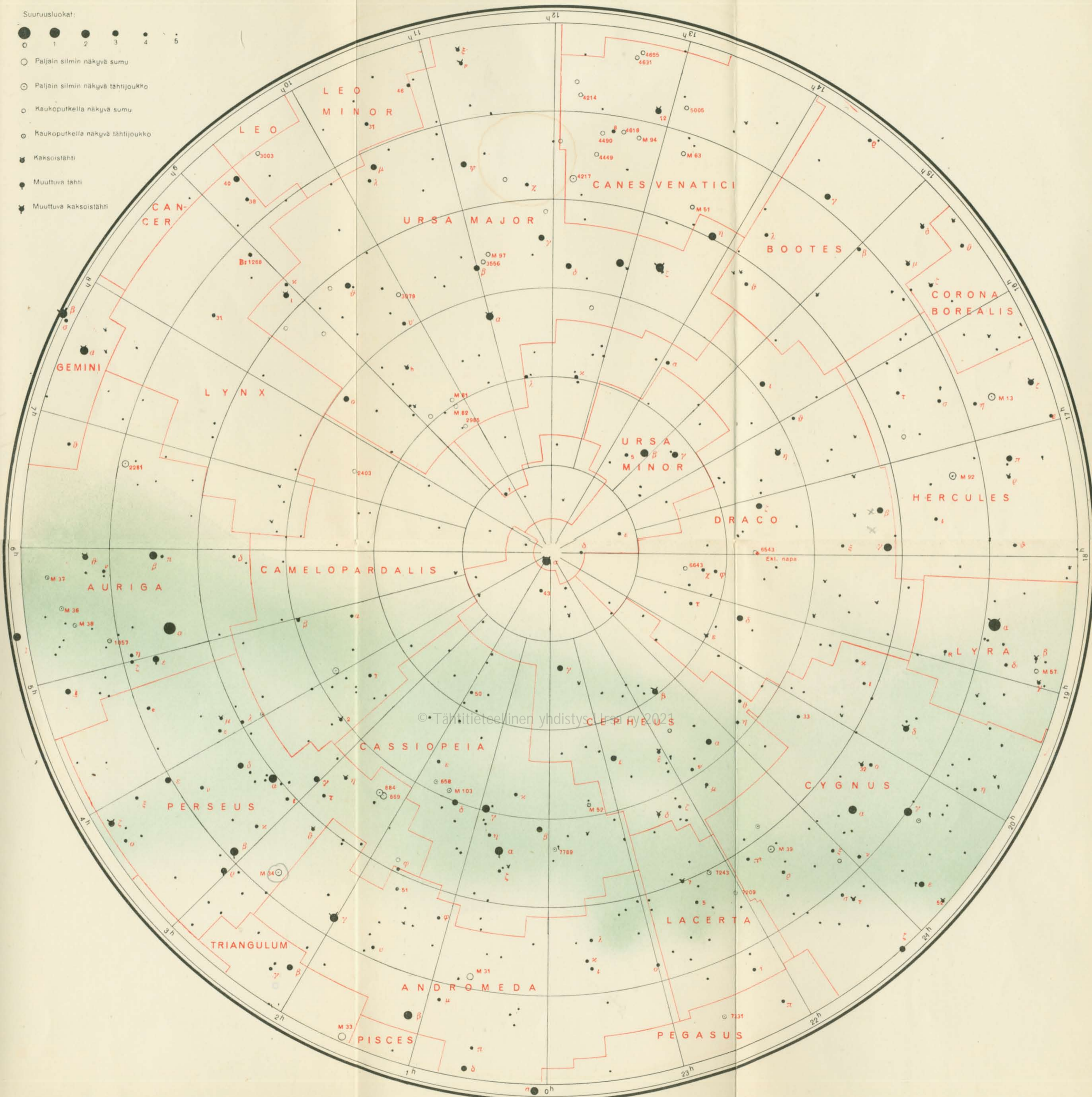


KARTTA 1.

Suuruusluokat:

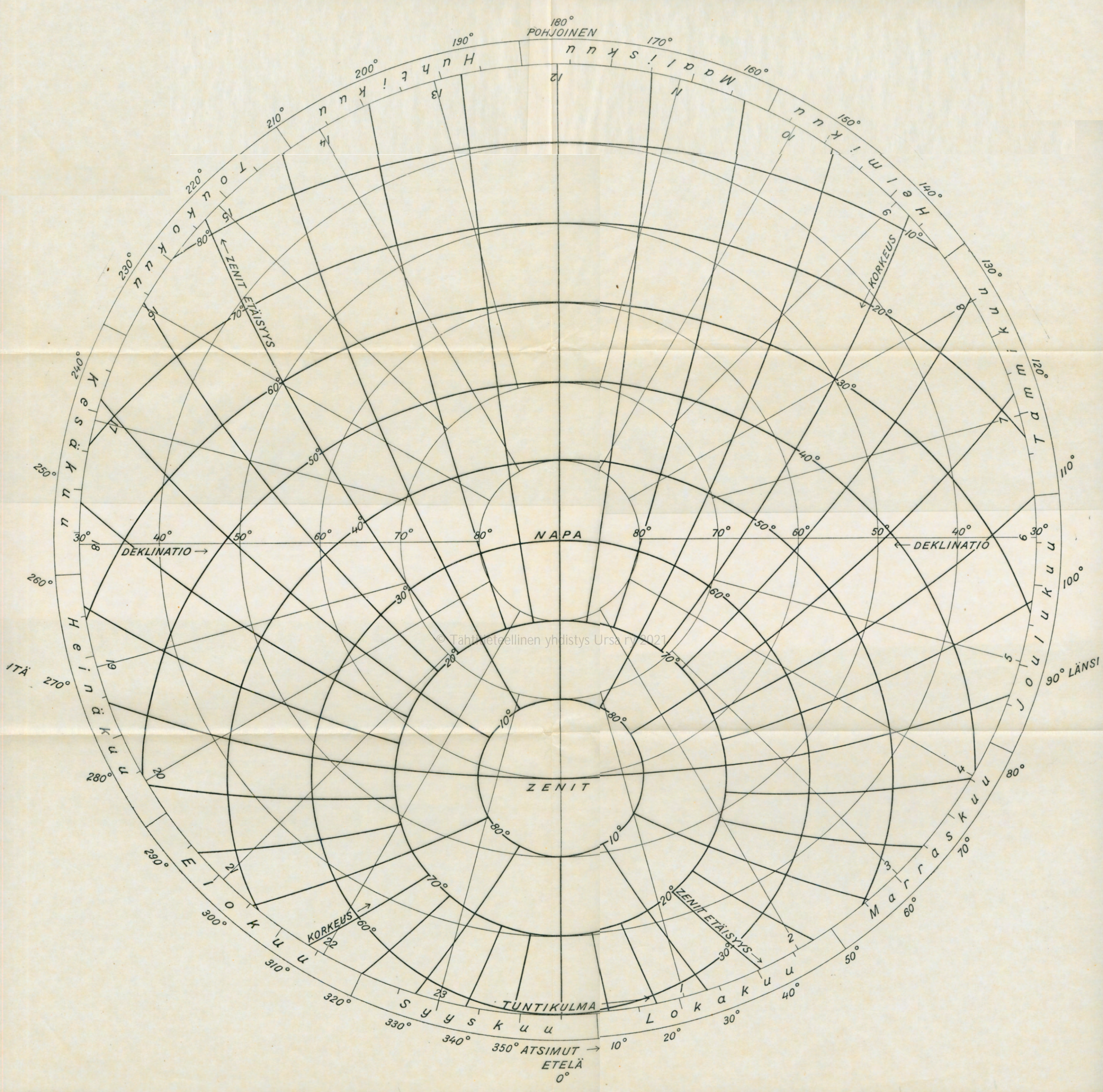


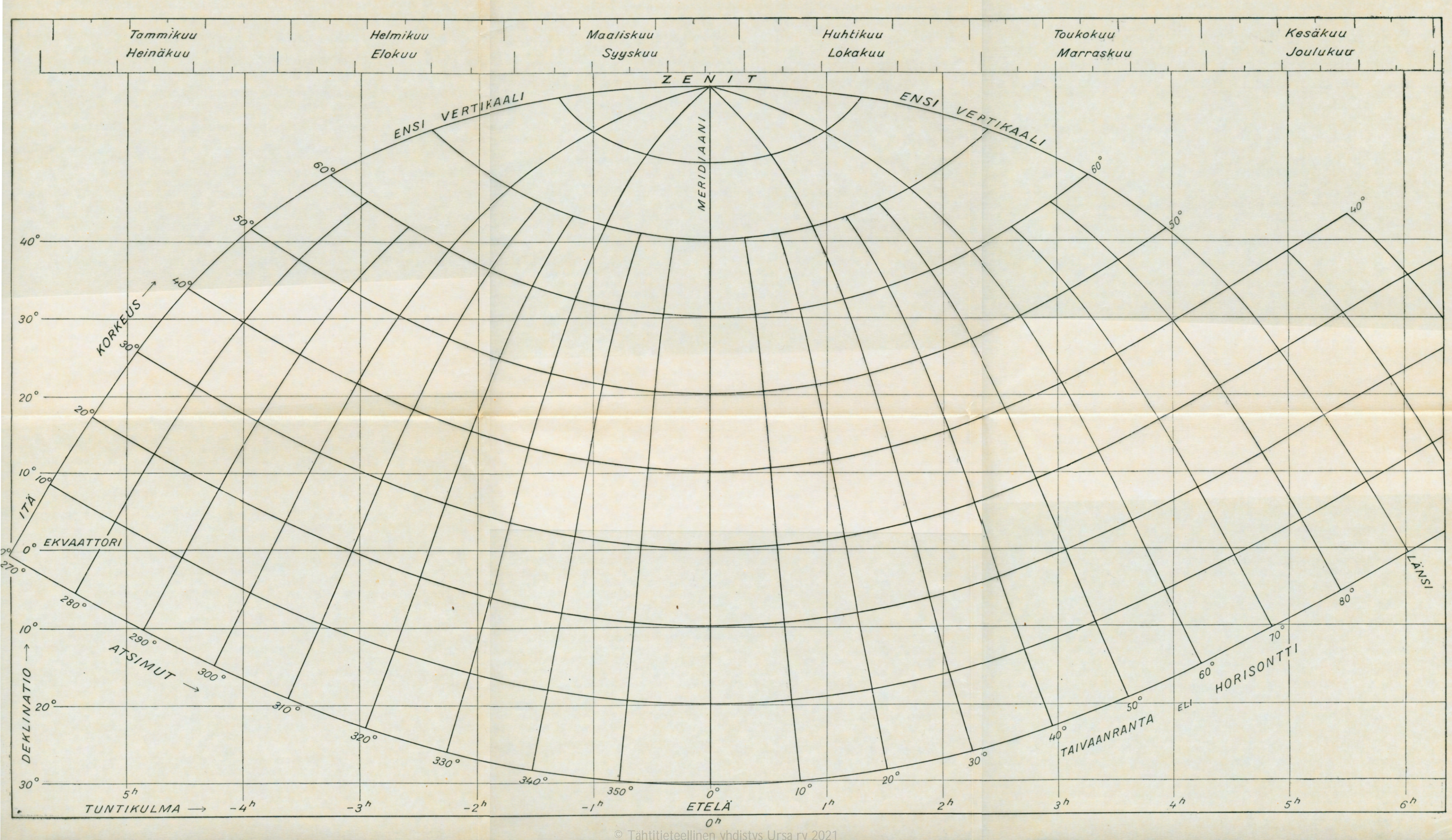
- Päijän silmin näkyvä sumu
- ⊙ Päijän silmin näkyvä tähtijoukko
- Kaukoputkella näkyvä sumu
- ⊙ Kaukoputkella näkyvä tähtijoukko
- ✳ Kaksistähti
- Muuttuva tähti
- ✳ Muuttuva kaksistähti

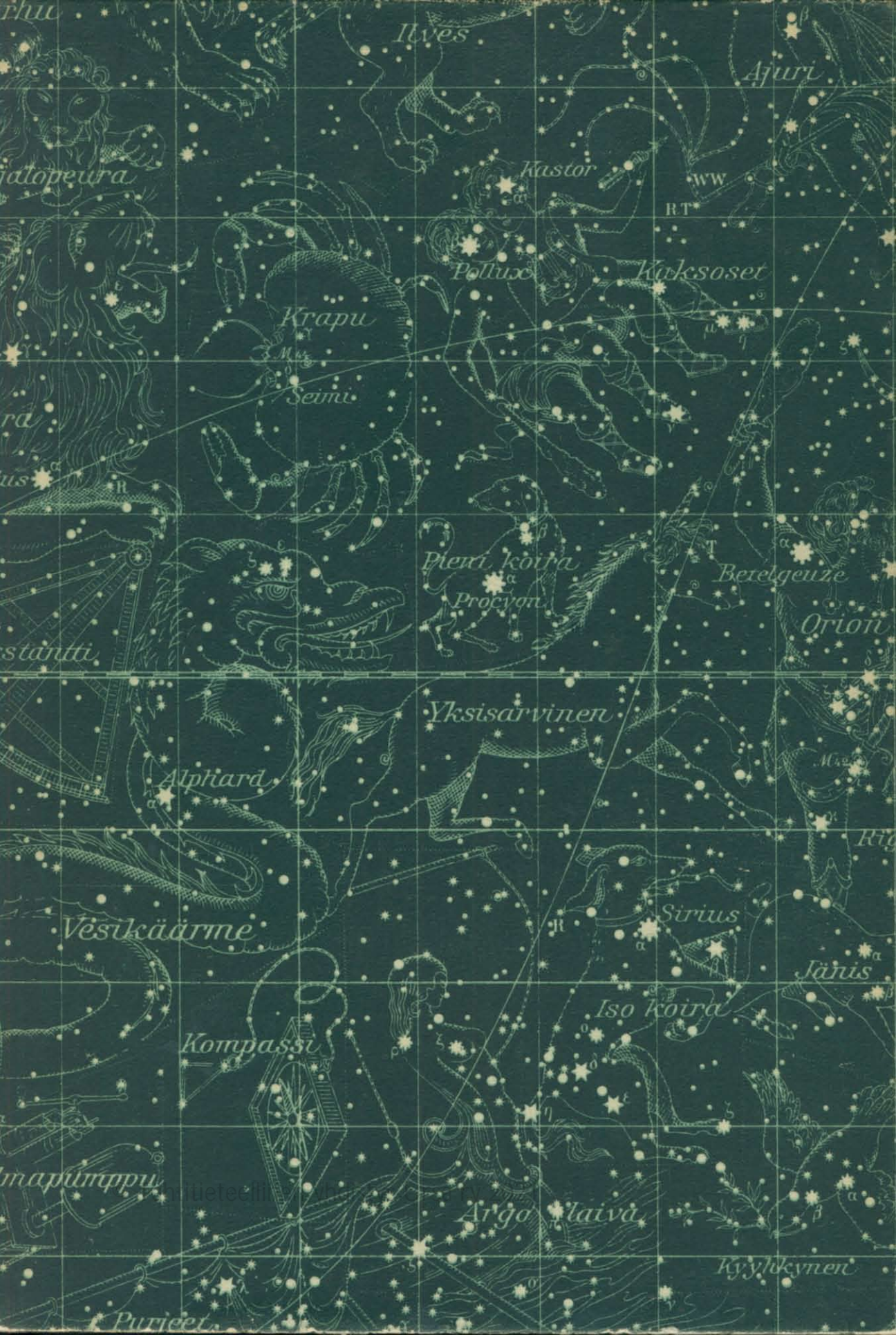


© Tähtitieteellinen yhdistys Ursa ry 2021









Ilves

Ajuri

ialopeura

Kastor

WW

RT

Pollux

Kukkoset

Krapu

Seimi

ra

us

Pieni koira

Procyon

Betelgeuze

Orion

stantti

Yksisarvinen

Alphard

Rig

Vesikäärme

Sirius

Jänis

Kompassi

Iso koira

mapiirappu

Argo laiva

Kyyhkynen

Purjeet