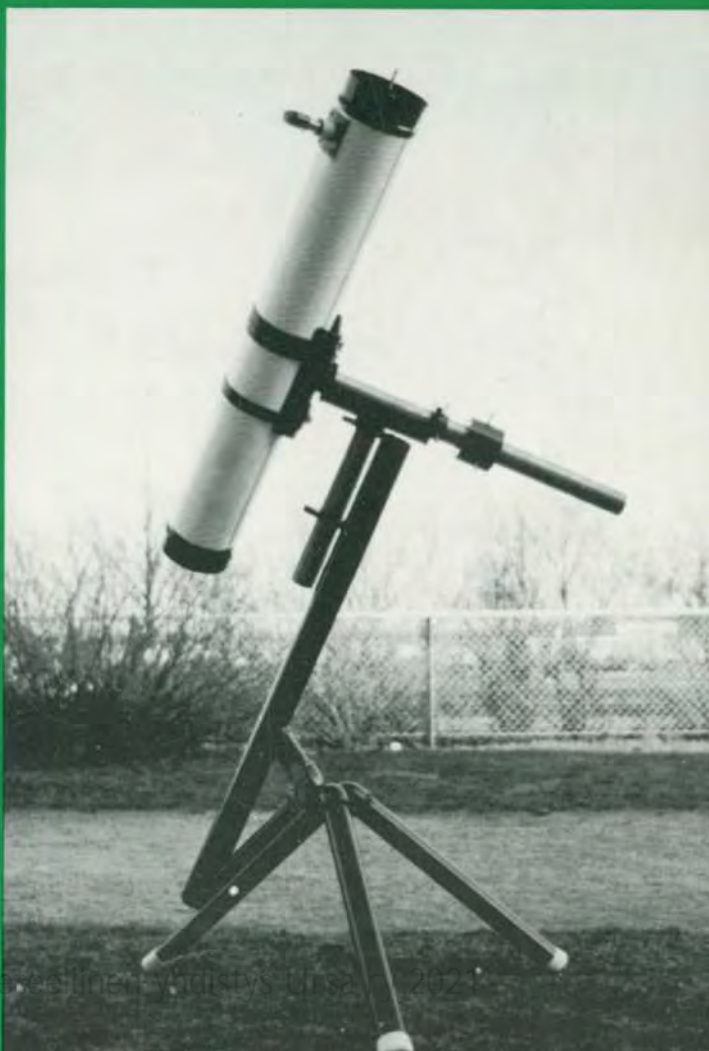


TEEMME PEILIKAUKOPUTKEN

J.M.
HEIKINHEIMO



Tähtitieteellinen
yhdistys URSA

© Tähtitieteellinen yhdistys URSA 2022

TEEMME PEILIKAUKOPUTKEN

**J.M.
HEIKINHEIMO**

**Tähtitieteellinen
yhdistys URSA**



Kustantaja:
Tähtitieteellinen yhdistys URSA ry.
Laivanvarustajankatu 3
00140 Helsinki 14

Painokset:
monistettuna
1. painos 500 kpl 1966
2. painos 500 kpl 1968
3. painos 250 kpl 1976
painettuna
4. painos 1000 kpl 1978
5. painos 1000 kpl 1979
6. painos 1000 kpl 1982

ISBN 951-9269-02-9

Paino:
Meder Offset, Järvenpää 1982

Kansikuva: Eero Rauhalan rakentama kaukoputki, josta on kerrottu Tähti-aika-lehdessä 2/71. Peilin halkaisija on 12 cm ja polttoväli 95 cm. Putki on tehty 1 mm:n vahvuisesta peilitileystä ja jalusta vesijohtoputkesta. Jalustoiheen, apupeileineen ja etsijöineen tämä kaukoputki maksoi (70-luvun alussa) noin 250 mk, josta jalustan osuus oli n. 100 mk, apupeilin n. 60 mk ja etsijän n. 20 mk. Loppu jää pääpeiliin (tavallista 2 cm paksua ikkunalasiasia), putken ym. välttämättömien pikkuhankintojen osalle. Jalustan paino on 25 kg ja itse putken 4,5 kg.

HARRASTELIJAN ALKUSANAT

Tähtitieteen harrastajilla on palava halu nähdä ja ymmärtää jotakin ulkona avaruudessa tapahtuvasta mahtavasta näytelmästä, joka monissa heistä herättää suorastaan uskonnollista hartautta. Sillä tähtijärjestelmä, olkoon se atomin pienoismaailma, oma kiertotähtiperheemme tai linnunradolista koostunut suunnaton linnunratojen linnunrata, kuvastaa heille ihmisen käsityskyvyn yläpuolelle kohoavaa järkeä, jonka toteaminen sekä nöyryyttää että vapauttaa.

Mutta tähtitieteen harrastajat ovat aluksi nuoria ja siis myös köyhiä ihmisiä, joilla ei ole sijoitettavana varoja kalliisiin kaukoputkiin. Tiedän sen kokemuksesta. Omalla kohdallani köyhyys koitui rikkaudeksi, sillä nyt omistan kaukoputkia, joiden kokoisia en pystyisi valmiina ostamaan. Olen siis osaani hyvin tyytyväinen ja soisin samaa muillekin.

Kirjoitin tämän vihkon Ursan toimeksilannosta toisille kaltaisilleni toivoen sen rohkaisevan heitä ponnistuksissa ensiluokkaisen peilikaukoputken aikaansaamiseksi. — Joku kysyy, miksi en yksin selostanut myös akromaattisen linssi-kaukoputken rakentamista? Ehkä sekin — mikäli tämän vihkon herättämä mielenkiinto antaa aihetta — tulee myöhemmin tehtäväksi. Katson kuitenkin akromaattiobjektiivin valmistamisen vaativan vähintään yhden tähtitieteellisen peilin antaman peruskokemuksen, jonka saavuttamiseen toivon tämän vihkon ohjeiden riittävän. Olen itse tehnyt koko joukon akromaattiobjektiiveja, mutta aina palaan lopulta peileihin. Akromaattien raaka-aine on kallista: yhden kolmituumaobjektiivin hinnalla voimme tehdä kymmentuumaisen peilin. Valinta on siis varsin helppo: Teemme peilikaukoputken!

Tekstiini liittyvät piirrookset on laatinut jyväskyläläinen teknikko Antamo Vaajakallio, neuvoja ja moraalista tukea on antanut kuopiolainen dipl.ins. Juhani Sarkava, kumpikin harrastelijaveljiäni ja peilintekijöitä, joista Sarkavaa voisin lainausmerkeissä nimittää ensimmäiseksi "oppilaakseni!" kahdentolista vuoden takaa. Kumpikaan ei ole nähnyt kirjoitustani täydellisenä, joten olen — ikävä kyllä — sen puutteista ja virheistä yksinani vastuussa. Toivon silti parasta.

Peilikaukoputken tekemisen kustannukset eivät ole suuria. Sensijaan siihen vaaditaan hyvin paljon kärsivällisyyttä, joka on siitä merkittävää ainetta, että se on hyvin harvinaista ja silti hyvin halpaa. Sen alkupään voi sijoittaa tämän vihkon lukemiseen. Maksaneeko valvan?

Mäntässä 20 p:nä helmikuuta 1965

J. M. Heikinheimo

NELJÄNTEEN PAINOKSEEN

ei oikeastaan erillistä esipuhetta tarvittaisikaan, mutta koska ajat ovat parissa vuodessa kovasti muuttuneet lienee silti paikallaan muutama sana.

Jo kolmannen painoksen alkusanoissa kuvastui epävarmuus eräitten tarvikkeitten saannista. Siksi oli alkusanoissa vain lueteltu sivut, joiden ylitse olisi soveliaista hypätä. Nyt en kertaakaan tuota suositusta. Aikojen ja konjunktuurien vaihdellussa tulee jollekulle peilin tekijälle hetki, jolloin hienoja hionta-aineita ei saa mistään ja jolloin turhan mutkikkaaltakin tuntuva liettämisohje on kullan arvoinen.

Esityksessäni on alunperin neuvottu vain hyvin yksinkertaisen atsimutaalipystytyksen rakentaminen. Silti ovat mieltel kaikki omat pystytykseni olleet parallaktisia, hieman huojuvia ja honteloita. Kun nykyisin näkee ja kuulee hirmuisen suurista kaukoputkista, jotka alunperin suunnitellaan atsimutaalisiksi, niin kaukaa takaapäin nousee muisto hyvin ohuesta Ø 360 mm peilistä, joka tuli käyttökelpoiseksi vasta, kun sitä oli atsimutaalipystytyksessä pyöritelty niin kauan, että sen otollisin "niijaussuunta" kävi selväksi.

Mäntässä 25. 3. 1978

J. M. Heikinheimo

SISÄLLYS:

Harrastelijan alkusanat	3	a) hätäkeino	38
I. Pääpeilin valmistaminen	5	b) parempi keino	40
a) Työn periaatteet ja alkuvalmistelut	5	c) paras keino	41
b) Karkea hionta	8	d) apupeilin leikkaaminen	42
c) Hieno hionta	11	III. Hieman okulaareista	44
Liettäminen	13	Ramsden- ja Tolles-okulaarit	49
d) Kiillotus	16	IV. Putki ja optisten osien asentaminen	51
e) Foucaultin koe	21	Optisten osien oikea asento	58
f) Pääpeilin tarkemmasta mittaamisesta	28	Tähtäyskaukoputki	58
Mittaussäiliö	30	Putken viimeistely	59
Optinen penkki	33	Kaukoputken jalusta	60
Mittaaminen	34	V. Hopeointi	63
Okulaarikoe	36	VI. Valmis kaukoputki	66
Jälkiviisautta	37	Kirjallisuutta	68
II. Apupeili	37	Toiminimiä	69

Jos olemme päättäneet itse ryhtyä hiomaan peilikaukoputkemme optisia osia saamme todeta joutuneemme perin hienoihin piireihin, sillä harrastelijaoptikkojen seura ei ole mitään nimettömiksi jääneiden joukkoa. Historia mainitsee m.m. sellaiset nimet kuin Huyghens, Herschel, Rosse, Brashear ym, jotka ainakin aloittivat harrastelijoina, vaikka ehkä myöhemmin ryhtyivätkin tekemään optiikkaa leipätyönään. Luetteloa voisi jatkaa pitkälle. Vain muutamia poimiakseni mainitsen Alwan Clarkin, amerikkalaisen muotokuvamaalarin, joka harrastelijana omin päin opetteli linssien suunnittelun ja hionnan ja myöhemmin poikiensa avustamana rakensi maailman nykyäänkin suurimmat linssikaukoputket, Lickin ja Yerkesin jättiläisrefraktorit, objektiivien läpimitat 92 ja 102 cm. Suunnilleen samoihin aikoihin, ehkä vuosikymmentä myöhemmin, hioi Ritchey peilit Wilson-vuoren 152 ja 254 cm:n kaukoputkiin, hankin alkujaan harrastelija. Ja vielä Palomar-vuoren viiden metrin läpimittaisen peilin ja kaukoputken suunnittelijakunnassa oli useita harrastelijoita, kuten esim. Russell W. Porter, jonka elämäntarina yksinään täyttäisi tukevan kirjan.

Tästä uljaasta joukosta tietoisina liennemme jo vallan valmiit parantamaan seuraa liittymällä siihen itsekin.

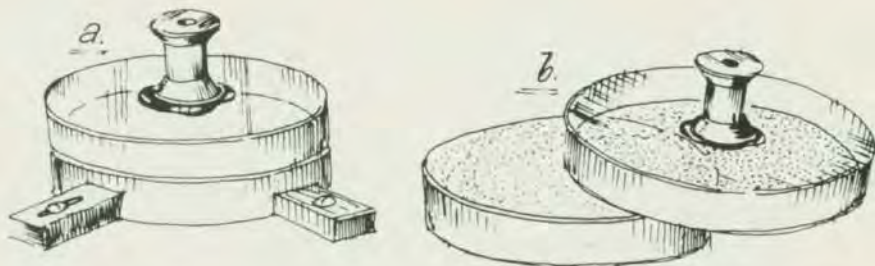
a) Työn periaatteet ja alkuvalmistelut

Peilin hionnan periaate on lyhimiten seuraava: Kaksi pyöreätä, likimain tasopintaista lasia pannaan päällekkäin ja niiden väliin veden ja hioma-aineen seosta. Kun nyt ylempää lasia liikutellaan alemman suhteen

niin, että ylempään keskipiste väliin käy alemman reunalla, kuluu alempi lasi kuperaksi ja ylempi koveraksi. Ilmiön ymmärtää tarkkaamalla paineen vaihtelua lasikiekkojen keskinäisen aseman muuttuessa (kuva 1). Kun ne tarkalleen peittävät toisensa (kuva 1.a), on paine pintayksikköä kohti yhtä suuri koko kosketuspinnalla. Kun taas ylempään keskipiste on alemman reunalla (kuva 1.b), keskittyy paine suurimpana ylempään keskelle ja alemman reunaan, jolloin nämä kohdat hioma-aineen vaikutuksesta kuluvat eniten. Ylempään levyn keskipisteen liike alemman levyn keskipisteen yli reunalta reunalle ei yksinään riitä tekemään tasaisen kaarevaa pallopintaa, johon aluksi pyrimme. Tästä enemmän karkean hionnan yhteydessä.

Suomessakin oli ennen suuria rautakauppoja, jotka harjoittivat paksun, hiotun peililasin tuontia. Sitä saattoi joskus saada jopa 40 mm paksuakin. Tavallisesti se myös oli laadultaan hyvää. (Vasta sitten, kun peilimme uhkaavat kasvaa 25—30 cm:n läpimittoihin, voimme harkita pyrexin tai duranlasin hankkimista.) Peiliksi kelpaavan lasin on oltava tukevaa ainetta. Pak-suuden on oltava vähintään 1/10 peilin läpimitasta, mieluummin vähän enemmän. Alle läpimitan kymmeneksen paksuuden omaava peili on erittäin vaikea hioa ja tarvitsee kaukoputkessa hienomekaanikon taitoja vaativat tukilaitteet.

Harrastelijakirjallisuudessa keholetaan yleensä valitsemaan noin kuuden tuuman eli siis suunnilleen 15 cm:n läpimittainen peili ensimmäiseksi yritykseksi. Tarvitsemme kaksi lasia, pyöreitä. raakahiotuin reunoin, reu-



Kuva 1.

noissa 2—3 mm:n levyinen 45° viiste. Tilaamme siis kaksi 155 mm:n läpimittaista ja 15—20 mm:n paksuista pyöreätä lasikiekkoa. Ylimääräinen 5 mm läpimitassa viistoreunan vuoksi. Viistoreuna siksi, etteivät peilin laidat olisi niin herkkiä lohkeilemaan karkean hionnan aikana.

Kenties sama rautakauppa pystyy toimittamaan meille myös hioma-ainetta. Karkeaan hiontaan sopii n:o 60 carborundumjauhe, jota kaiken varalta otamme puolen kiloa. Samalla voimme hankkia paria hienompaakin lajia, joten ostoslistamme olisi suunnilleen tällainen:

N:o 60 carborundumia	1/2 kiloa,
N:o 120	200 g.
N:o 220	200 g.

Ollaksemme loppuun asti valmiit kaikkeen tilaamme vielä ähiot apupeiliämmekin varten: kolme 8—10 mm:n vahvuista noin 10 cm:n läpimittaista kiekkoa hiottua peililasiasia. Ne voimme tilata vain leikattuina, hiomattomin reunoin. Koska kuitenkin sopivasta lähteestä hankittu valmis apupeili on suhteellisen halpa, voimme tiedustella jonkun optikkoliikkeen kautta ja vertailla kumpi kannattaa paremmin.

Kiinnitys- ja samalla raaka-aineksi kiillotusalustaan tarvitsemme vielä ainakin puolen kiloa puhdasta pikeä.

Lisäksi joko yksin tai ryhmämme puolesta yritämme tiedustella joltakin peilitehtaalta kiillotuspunaa, joka ei koskaan ole ollut kallista. Jonkun maahan-tuojan varastoista saattaisi löytyä vieläkin parempaa kiillotusainetta, nim. ceriumoksidia, joka ei tahraa.

Tarvitsemme myös hiomapaikan. En neuvo sijoittumaan keittiön nurkkaan, sillä hioma-aineet ja piki ja puna rikkovat lujimmankin kotirauhan. Tasa-lämpöinen kellari on sopivin, mutta joku ulkorakennuksen pohjoisen puoleinen suoja kelpaa kesäaikaan myös hyvin. Hioin kylä kerran 50 mm akromaatin keittiön halkolaatikon nurkalla, mutta isompaan en siinä ryhtyisi. Kesällä tulee toimeen paikassa kuin paikassa, kun vain aurinko ei paista sisään. Aikoinaan tein puolen tusinaa 12—25 cm:n pellejä vanhan pajan alasiimeen kiinnitetyn tynnyrinkannen päällä.

Hiomajalustaksi eli -pöydäksi kelpaa mikä hyvänsä 80—90 cm korkea kyllin tukeva koroke. Siihen on käytetty tyhjää, kivillä tai hiekalla painotettua tynnyriä, vanhaa, raskasta jääkaappia, sementtipylvästä yms. Hyvin sopivan hiomajalustan saa kolmesta tai neljästä tukevasta halosta tai parrusta, jotka laudoin sidotaan alapäästään mukavasti haaralleen ja yläpäästä lautasitein liitetään 40—50 cm:n läpimit-

taiseen pyöreään tai nelikulmaiseen pöytälevyyn, jonka saa kahdesta kerroksesta höylättyjä lautoja, jotka liimaa välissä naulataan ristiin (kuva 2).

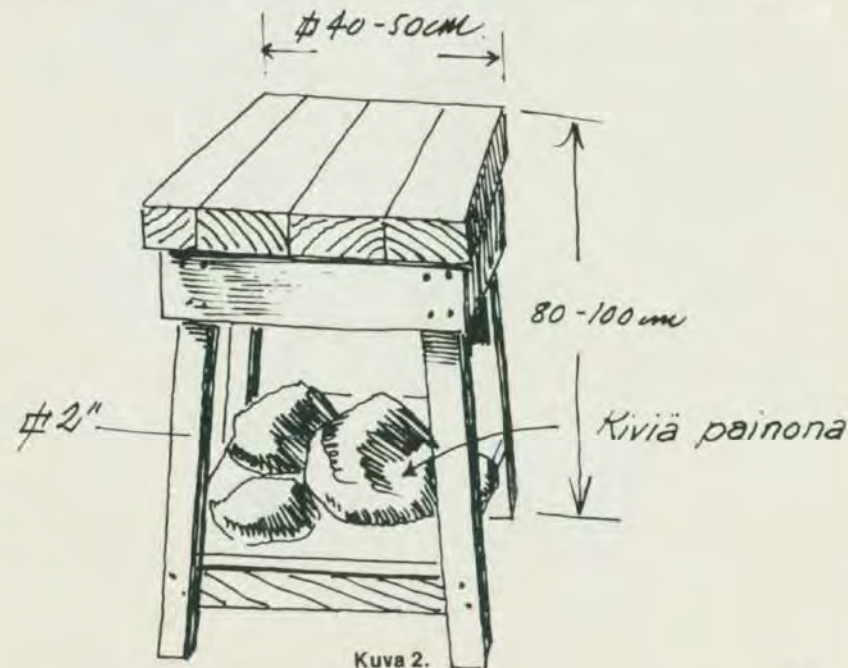
Tämä pöytälevy saisi mielellään olla "vatupassissa" joka suuntaan ja niin tukeva, että se kantaa peilimestarin millä nurkallaan hyvänsä. Sen horjumattomuutta lisätään panemalla sen alla olevalle hyllylle lujasti painoja, esim. isoja kiviä. Mikäli huoneessa on puulattia voidaan pöydän jalat naulata siihen kiinni.

Lasikiekkojen saavuttua otamme ne tarkasteltaviksi. Pyöreitä ovat eikä pieni soikeus haittaa. Peiliksi tulevan pinnan on oltava mahdollisimman taiseesti viistetty eikä sen reunalla saa olla lohkeamia tai syviä naarmuja. Pinnanvalittuamme kiinnitämme sen selkäpuolelle täsmälleen keskelle puusta sorvatun kädensijan tai ison lankarullan, jonka lasia vasten tuleva ympyrä saa olla noin 3—5 cm:n läpimittainen.

Peilin takapinnan keskusta hangataan tärpätillä ja pyyhittään kuivaksi. Kynttilän yläpuolella paahdamme kädensijan alapintaan hieman pikeä, tipautamme peilin takapinnan keskelle hieman sulaa pikeä ja painamme kädensijan paikalleen sekä keskitämme sen reunoista mittailen ennenkuin piki peräti kovettuu.

Miksi juuri pikeä? miettii sitä paitsaan saanut optikko. Siksi, että se pitää hyvin, sitä saa äkkikäyksittä kuormittaa lujastikin sen silti lohkeamatta irti, ja toisaalta tarvitaan vain terävä napaus puukalikalla kädensijaan niin se lentää irti ikäänkuin ei koskaan olisi kiinni ollutkaan. Pike on äärimmäisen viskoosi neste, jolla ei ole muoto- kimmoisuutta. Tämä ominaisuus on kiillotuksessa korvaamaton.

Hioma-aineille n:o 60 ja n:o 120 riittää eri kuppi ja eri lusikka. Niitä hionnot asteet mikäli sellaisia saamme panemme heti niiden saavuttua varas-



Kuva 2.

topulloihin tai kannellisiin purkkeihin ja merkitemme ne nimilapuin. Niistä tarpeen mukaan siirämme aineita pieniin käyttöpulloihin. Suosittelen kierrekorkkeja, koska ne eivät uloskierrettäessä aiheuta pullon kaulaan äkillistä allpainetta, joka korkin auetessa imaisisi sisään tarjolla olleet katosta karisseet roskat.

Hiomajalustan on oltava sellaisessa palkassa, että sen ympäri helposti pääsee liikkumaan. Lähellä sijaitseva katettu hylly on toivottava, mutta ei välttämätön.

b) Karkea hionta

Mielulmmin jo edellisenä päivänä kiinnitämme pöytäan sen kiekon, jota emme kelpuuttaneet peiliksi, siten, että kaadamme pöydän — siis hiomajalustan — keskelle runsaan noin 10—12 cm:n läpimittaisen renkaan sulaa pikeä ja painamme kiekon siihen lujasti kiinni. Varovaiset ja viisaat lämmittävät kiekon vedessä puupalikoitten päällä hitaasti noin 40° lämpöön, kulvaavat ja sitten painavat kiinni pikeen. Hiomistani sadoista peileistä ja linsseistä on vain yksi haljennut kuumuudesta: pidin sitä kynttilän yläpuolella ja yritin sulattaa keskelle jäänyttä pikinappia. Jokin raju tietysti oltava uhkarohkeudellakin.

Toinenkin kiinnitystapa on olemassa: kiinnitämme pöytäan ruuveilla kolme hieman peiliä — ja siis kiekkoakin — matalampaa puukalikkaa niin, että ne hieman väljästi asettuvat alustakiekon tangenteille. Laskemme kiekon niiden väliin. Yhden puukalikan ja kiekon rakoon työnnämme pöydän pinnan suuntaisesti ohuen kilian, joka puristaa kiekon kahta muuta kalikkaa vasten ja siten pitää sen paikallaan. Tämä käy kyllä päinsä hionnan aikana, mutta peilin kiillottamiseen tämä kiinnitys on liian löyhä. Parasta siis alunperin kitata kiekko pöytäan niin lujas-

ti, että se kestää sekä hionnan että kiillotuksen rasitukset.

Seuraavana päivänä aloitamme hionnan. Kastelemme pöydän märäksi, kaadamme siihen kiinnitetylle kiekolle vettä ja sirotamme siihen tasaisesti noin teelusikallisen n:o 60 carborundumia (josta tästälähin käytämme lyhennystä carbo) ja painamme kädensijalla varustetun kiekon sen päälle. Alempi kiekko on tästä lähtien hiomajalusta ja ylempi on peili, joten käytämme vain näitä nimityksiä.

Hiomaliike on työntö, johon sisältyy sekä työntö että veto. Työntöjä on eripituisia:

Täystyöntö: peilin keskus kulkee alustan keskipisteen yli alustan reunalta toiselle reunalle ja takaisin.

Puolityöntö: peilin keskus kulkee alustan säteen mittaisen matkan, jonka puolivälissä on alustan keskipiste, edestakaisin.

Näistä voimme päätellä, millaisia ovat kolmannes-, neljännes- jopa kahdeksannestyöntökin, jos niistä sattuu tulemaan puhetta.

Kuva 3.



Peili kiertyy käsissä myötöpäivään. Hiota itse sivuaskelin vastapäivään.

Aloitamme täystyönnöillä, siis peilin keskipiste alustan reunalta alustan keskipisteen yli vastapäiselle reunalle ja takaisin. Tämä saa tapahtua noin 60 kertaa minuutissa, ei enemmän. Samalla opettelemme saamaan peilin kiertymään käsissämme työnnön aikana noin 1/10—1/20 täydesstä ympyrästä ja samalla siirrymme hitaasti hiomapöydän ympäri, noin kierroksen minuutissa tai parissa (kuva 3).

Samalla painamme peiliä molemmin käsin ja varomme, ettei se keikahda ääriasentoon tullessaan. Kädensija ei ole tässä kädensija sanan varsinaisessa mielessä, sillä siihen ei nojata. se vain jakaa toisen peukalon toiselle ja toisen toiselle puolelleen ja näyttää missä peilin keskipiste kulkee. Eräs ystäväni keksi merkitä kädensijan nuppiin nuolen, josta sopi tarkata peilin kiertymistä.

Tällä kolminkertaisella liikkeellä, jossa peili kulkee edestakaisin alustan yli, samalla kiertyy käsissä ja peilintekijä hitaasti siirtyy alustan ympäri, hiomme nyt ensimmäisen carbo-latauksen loppuun. Kun se lakkaa jyrämästä nostamme peilin sivuttain luitattaen pois, huudomme alustan vedellä, joka lämmöntasauksen vuoksi tuotiin paikalle jo eilen, sirotamme uuden latauksen ja jatkamme suorita täystyöntöjä. Jokaista carbon ja veden lisäystä ja sen loppuun hiomista nimitetään kirjallisuudessa englantilaisella sanalla wet (=märkä). Hiomme aluksi kymmenkunta märkää aivan loppuun ja sitten kolme tai neljä märkää vain puolityönnön. Viimeisen määrän hiomme melkein kulvumisen rajoille, mutta lopetamme ennenkuin peili tarttuu kiinni. Sitten pesemme peilin, sillä meidän on nyt varmistauduttava sen tämänkertaisesta polttovälistä niin hyvin kuin voimme.

Jotta kaukoputkestamme tulisi niin monipuolisesti käyttökelpoinen kuin

suinkin, koetamme saada pääpeilimme polttoväliksi 120 cm, jolloin sen aukkosuhde on siis F/8.

Alustan polttovälikokeen voimme tehdä aurinkoisella säällä ulkosalla. Mahdollisimman lähellä talon nurkan heittämää varjoa suuntaamme vesikalvon peittämän peilin aurinkoa kohti ja kokeilemme miltä etäisyydeltä peilin nurkkalautaan tekemä valoläikkä on pienimmillään. Tämä etäisyys voidaan mitata ja vastaa muutaman tuuman tarkkuudella peilin polttovälillä. Se saattaa nyt olla 200 jopa 400 cm, tuskin kuitenkaan vielä alle 120 cm.

Mikäli polttoväli on vielä kovin pitkä jatkamme hiontaa pidentämällä liikkeen jälleen täystyönnöksi. Jos polttoväli tosiaan näytti 3—4 metriltä hiomme puolenkymmentä märkää loppuun ja kokeilemme taas polttoväliä pannen merkille paljonko se lyheni. Ehkä se viidellä märällä lyheni neljästä kolmeen metriin. Hiomme taas viisi märkää ja pääsemme jonnekin kahden metrin nurkille. Tämän jälkeen etenemme varovasti pari kolme märkää kerrallaan ja lyhentäen työnnöt puoleen. Ei ole alietta mennä alle 120 cm:n polttoväliin. Minä tosin menen, sillä minulla polttoväli aina pitenee hienohionnassa, mutta tiedän multa, joilla se vielä hienohionnassakin lyhenee. Mutta eihän, meillä ole valmista putkea, johon pitäisi tehdä optiikka! Jos joku päättää tehdä 150 cm:n polttovälin ja joku toinen 100 cm:n polttovälin, niin olkoon se heidän asiansa. Putkihan tehdään vasta perästä päin. Malliesimerkin vuoksi pidämme kuitenkin tässä esityksessä kiinni 120 cm:n polttovälistä.

Peilin syventämiseen on nopeampia ja tehokkaampia keinoja kuin edellä mainitut suorat työnnöt. Voidaan esim. antaa peilin kiertyessään kulkea alustan ympyrän reunan lähellä ympyrän jänteitä pitkin edestakaisin sahaavin liikkein koko alustan ympäri (kuva 4.a)

röimme alustan paperiliuskoilla. Vasta paperin päälle laskemme alustan peitteeksi nurin käännetyin muovisen pesuvadin, läpimitta noin 30 cm.

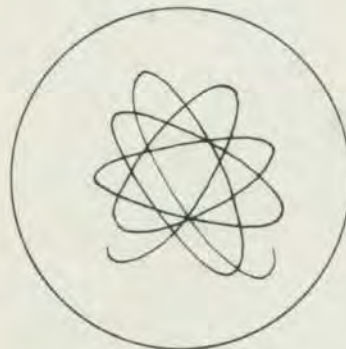
Jatkamme hiontaa n:o 120 carbolla, jota edellisen hioma-aineen jättämien lovien poistamiseksi tarvitsemme noin 15 märkää, kukin noin 10 minuutin pituinen. Tämä sääntö ei ole poikkeukseton. Joku saa n:o 60:n jäljet pois jo viidellä viiden minuutin märällä. Se voidaan arvostella vain kuivasta, puhdistetusta pinnasta, jota tutkimme suurenuslasilla vertaillen peilin keskusta reuna-alueita. Jos viiden määrän jälkeen keskus on selvästi reunaa sileämpää, jatkamme hiontaa, joka tällä asteella tapahtuu noin 1/2 tai 1/4 työnnoin. N:o 60:n lovet on poistettava n:o 120:llä, sillä niille eivät enää hienommat asteet voi paljoakaan.

N:o 120 jälkeen on peilintekijän pahimpana vihollisena pöly ja käytössä olevaa hioma-ainetta karkeammat muruset. Siksi peitämme alustan e.m. tavalla milloin työ keskeytyy. Työtä jälleen jatkaessamme kastelemme pöydän pesuvadin ympäriltä ja annamme veden imeytyä sen alla olevaan paperiin. Sitten nostamme vadin hitaasti pois, ettei sitä äkkiä kohottaessamme syntyvä ilman pyörre veisi kannen alle jääneitä kuivia hiukkasia hioma-alustalle. Hioma-alusta huuhdotaan sitten runsaalla vedellä ja vasta sen jälkeen jatketaan hiomista. Puhdistamme kädet ja kynnenalukset ja käärimme hihat kynnärpäihin, sillä kangas on karkeille jyväsille otollinen piilopaikka. Hienojen hioma-aineitten käyttöpulot on väliaikoina peitettävä paperilla. Niiden pohjiinkin voi takertua jotakin, ja siksi ei käyttöpulloa saa koskaan nostaa hyllyltä suoraan hioma-alustan yli, vaan aina sen ympäri kierrättäen. Pullo avataan sivummalla ja sen sisällä säilytyllä esim. kynsilakkasiveltimellä toimitetaan tarvittu hioma-aineen lisäys.

Kuta hienompiin asteisiin tullaan sitä ankarammin on vasta-alkajan noudatettava tätä luulosairaukselta vaikuttavaa siisteyttä. Märkyys on paras apulaisemme. Ketään suursiivoojaa ei saa päästää työpaikkaan ennenkuin peili on täysin valmis. Hioma-alustan yläpuolella oleva katto olisi hyvä noin parin neliömetrin alalta peittää puhtaalla paperilla. Vilkas liikehtiminen on myös saatava loppumaan, joten isän leikkiä seuranneet lapset on hienohionnan alussa valitettavasti karkoitettava työpaikaltamme.

Alleviivaan näitä siisteysvaatimuksia ehdottomasti tarpeellisina. Useamman peilin kokemus tekee niistä vaistomaisia ja samalla opettaa missä määrin sääntöjä käy kiertäminen.

N:o 120:llä hiomme keskimäärin 1/3 työnnoin ja alamme myös vaihtelevasti käyttää muitakin kuin vain suoria työntöjä. Säilyttäen e.m. kolmanneksen peilin liikunnan keskimäärisenä laajuutena alamme nyt tietoisesti varoa vyöhykevirheitä tuottavaa liikkeitten yhtäläisyyttä ja käytämme lisänä episyklii-likettä, jolloin peilin kädensija piirtää noin piparkakun ulkoreunaa muistut-tavan kuvion, ja sen ohessa ellipsiilikettä (kuva 5), jolloin peilin kädensija piirtää soikion alustan keskipisteen ympärille. Peilin on tällöinkin kieryttävä käsissä ja hiojan asteltava alustan ympäri. Karkean hionnan lopussa neuvottu veden lisääminen ja siten tehty imukoe suoritetaan jokaisen lopulla, hienoimmista asteissa useamminkin.



Kuva 5.

Ehkäpä 15 märkää n:o 120 riitti poistamaan karkeitten jyvästen kolot, ja mikäli imua ei esiintynyt suoritamme samat puhdistustoimenpiteet kuin n:o 60 jälkeen. Nyt on hiomajätettä pöydällä paljon vähemmän, mutta kokoamme senkin jäteastiaamme. Pöytä siivotaan kuten ennenkin ja jatkamme hiomista n:o 220 carbolla, jolla hiomme taas noin 15 märkää poistaaksemme n:o 120 jättämät lovet. Liikket suunnilleen samat kuin n:o 120 lopulla.

Koska luotettavat, sinetöidyt hienohionta-aine-pakkaukset ovat kalliita ja esiintyvät kaupassa varsin suurina erinä, on meillä nyt oikea aika selostaa, miten voimme itse valmistaa tarvitsemamme hienoimmat hioma-aineet tähän astisen työskentelymme tuottamista hiomajätteistä.

LIETTÄMINEN

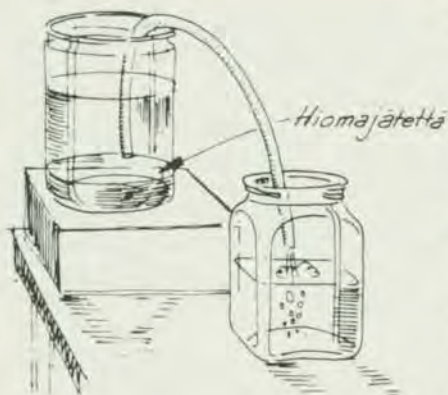
Otamme noin 8—10 litran vetoisen korkeahkon astian, mieluummin lasisen. Lisäksi tarvitsemme ainakin kolme noin 5 litran lasipurkkia, joiden on oltava täysin puhtaita. Jätämme ne toistaiseksi sivuun ja peitämme kunkin puhtaalla lasiruudun palalla tai kortilla.

Vedottomuus, pölyttömyys ja häiriintymättömyys ovat työn perusedellytyksiä.

Isoon astiaan ammennamme varastoimaamme hiomajätettä korkeintaan viidenneksen astian tilavuudesta. Täytämme astian vedellä reunaan saakka. Hiomajäte ja vesi sekoitetaan perusteellisesti litteällä puulastalla, pysäytämme sillä veden kiertoliikkeen ja nostamme lastan pois sekä vilkaisemme kelloa. Kuorimme lusikalla nopeasti veden pinnalla olevat kuplat ja mahdollisesti kelluvat aineosaset pois, minkä jälkeen odotamme 60 minuuttia siitä, kun kelloon vilkaisimme.

Niiden kuluessa suoritamme valmistelut. Ajan tultua miltei täyteen imemme 50—60 cm pitkän puhtaan kumiletkun täyteen puhdasta vettä ja suljemme sen sormella molemmista päistä. Kun mainittu 60 min. on kulunut upotamme letkun toisen pään sekoitusastian pinnan alle ja otamme sormen pois, mutta pidämme toista päätä edelleen suljettuna. Vapaaksi päästetyn letkun pään upotamme sekoitusastiaan noin puoliväliin astian syvyyttä, toinen, suljettu pää ohjataan yhteen varaamistamme pienemmistä astioista huomattavasti sekoitusastian pintaa alempana ja sormi otetaan pois, jolloin letku lappona toimien johtaa toiseen astiaan noin puolet sekoitusastian sisällöstä (kuva 6). Pienemmän astian tultua miltei täyteen keskeytämme valumisen ja peitämme pienemmän astian, jonka siirrämme syrjään laskeutumaan noin vuorokauden ajaksi. Varustamme sen lapulla, johon merkitsemme: 60 min.

Täytämme sekoitusastian uudelleen vedellä, sekoitamme ja odotamme 30 minuuttia ja laskemme täyteen toisen varaamistamme astioista, jonka myös panemme peitetynä syrjään ja merkitsemme sen kylkeen: 30 min. Samoin valmistamme myös 10 min. asteen.



Kuva 6.

Voisimme valmistaa myös 3 minuutin asteen, mutta se on karkeudeltaan hyvin lähellä n:o 220, joten sitä emme tarvitse.

Kaikissa liettämässämme asteissa on carborundumin lisäksi runsaasti lasijauhoa. Sen valtaosan erottaminen hioma-aineesta on mahdollista ja toivottavaa, sillä lasi on hieman kevyempää ja jotkut sen sirut suurempia kuin hioma-aineen. Suhteellisesti eniten on lasia 60 min. asteessa, ja suurimman osan siitä poistamme näin: Kirkas vesi, jonka alla laskeutuma lepää ylöspäin vaalenevana kerroksena, kaadetaan miltei kokonaan pois, kunnes laskeutuman päällä on vettä vain tuuman verran. Pyörittelemme astiaa varovasti, kunnes noin neljännes laskeutumasta leijaillee vedessä, joka kaadetaan pois. Astiaan jäänyt hioma-aine sekoitetaan nyt veteen, jota astiaan kaadamme, ja sen annetaan taas laskeutua vuorokausi, minkä jälkeen y.m. pesu voidaan uusua. Tässä käy kyllä helposti niin, että koko vaivalla lietetty hienoin aste hukkaantuu. Siksi voimme jättää pesun ensimmäiseen kertaan ja tohtoroida hioma-ainetta lisäämällä siihen talkkia, joka sekin lietetään. Pari kahvikupillista talkkia sekoitamme noin viiteen lit-

raan vettä, annamme seistä 70—80 minuuttia ja kaadamme puolet seoksesta toiseen astiaan laskeutumaan vuorokaudeksi, jonka jälkeen päällä oleva vesi kaadetaan pois. 60 min. carboon sekoitamme tätä talkkilietettä noin suhteessa 1:1, 30 min. carboon panemme sitä noin 25 % ja 10 min. carboon ei ollenkaan.

Näin saamamme hioma-aineet hämmennämme pienen vesimäärän kanssa velliiksi, jonka kaadamme käyttöpulloon, kunkin asteen omaansa. Bakteeritoiminnan estämiseksi lisäämme kuhunkin pienen määrän alkoholia. Mikäli kierrekorkkin voimme järjestää pienen muovivartisen siveltimen pullon sisällä säilytettäväksi, on se tietysti hyvä olemassa.

+ + +

Ja nyt jatkamme hienohiontaa. N:o 220:stä 10 min. carboon on hieman tavallista pitempi matka, joten n:o 220 lovet häviävät 10 min. carbolla vasta noin 20 mären jälkeen. Sensijaan 30 min. astetta kuluu vain noin 10 märkää ja 60 min. noin 8 märkää. Ennen seuraavaa astetta aina täysi puhdistus!

Työnnön pituus ja liikkeen laajuus pienenevät hiukan koko ajan niin, että ne hienoilmassa, siis 60 min. asteessa ovat vain 1/4—1/8 läpimitasta.

10 min. asteesta alkaen on uusi märkä levitettävä siveltimellä tai puhtaalla sormella hioma-alustalle melko tasaiseksi kerrokseksi. Sivellin täyttää tehtävänsä muuten hyvin, mutta voi pudottaa joukkoon karvan joka hienohiotujen pintojen välissä rullatessaan voi aiheuttaa peilin reunoilla epätasaista kulumista. Puuomainen velli sijoitetaan alustan keskelle siveltimellä, aine määrä noin herneen kokoinen, ja levitetään puhtaalla sormella laajenevana spiraalina alustan reunaa kohti, kunnes koko alusta peittyy. Sormen päällä tun-

tee irtipäässeeseen siveltimenkarvan tai myös vahingossa mukaan tulleen karkeamman jyväsien.

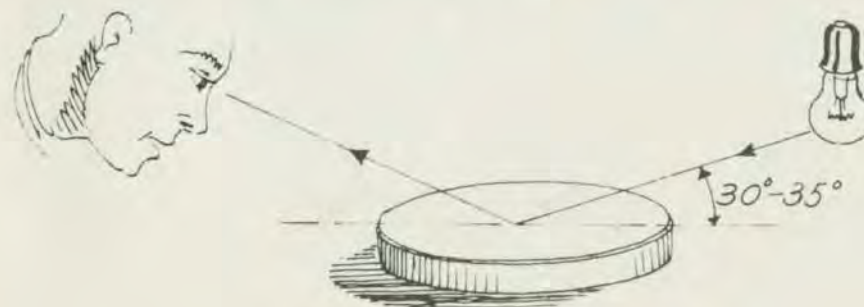
Hienohionnassa vaatii veden käyttöä jatkuvaa tarkkailua. Liika vesi pursottaa hioma-aineen kiekkojen välistä melkein kerralla pois, liian vähä vesi taas puurouttaa hiomajätteen ja työn edistymiselle välttämätön tasainen kosketus hiomapintojen kesken estyy. Sopivan märkyyden oppii tarkkaamalla voiko narrata kuplat kiekkojen välistä niin, että viimeisenkin mentyä hioma-ainetta on parahiksi ja luisto hyvä. Mikäli veden lisääminen kesken mären käy välttämättömäksi on pipetti siihen sovelias mutta sumutin vielä parempi, kun vain varoo ettei sumua kantava ilmavirta vie alustalle vieraita aineksia.

Luistoa on koko ajan tarkkailtava. Hienohionnan 10, 30 ja 60 min. asteissa ei märkää saa koskaan päästää kuivumaan niin, että tarttumisen vaara on ilmeinen. Luiston hidastuessa on aina varovasti lisättävä vettä ja mieluiten uusittava märkä aina kymmenen minuutin kuluttua. Peiliä ei saa jättää seisomaan alustalle edes piippua syyttääkseen! Mären alkaessa, ja ennenkuin yhtään työntöä on suoritettu, on hyvä painaa peiliä, jolloin narahtava ääni saattaa kieliä karkeamman jyväsien mukaan joutumisesta. Silloin voi vielä

pienellä kärsivällisyydellä nostaa peilin pois. Vaikeasti se nousee, mutta mahdollinen karkeampi jyväsien on näin saanut aikaan vain neulanpiston eikä pitkää naarmua.

Talkki on mukana vain kannattimena, joka jossakin määrin estää naarmujen syntymistä, koska se vain vähitellen antaa hioma-aineen päästä puremaan lasia. Talkki siis myös hidastaa pinnan siliämistä. Erityisesti talkkia sisältävien aineitten aikana on jokaisen mären jäte pestävä lasista ja niitteen reunoista ennen uutta märkää. Visella- tai muovivaahdosieni on hyvä apuväline pintojen siivoamisessa. Sieniä on oltava yksi kutakin astetta kohti, samoin eri vesi kullekin asteelle. Paperinenäiliina on hyvä kuivaaja, mutta silloin on odotettava kunnes pinta on aivan kuiva, jolloin sitä viimeksi pyyhkäistään puhtaalla kämmensyrjällä selluloosakuitujen poistamiseksi.

Mikäli nyt olemme lasien toisiinsa tarttumatta saaneet hioutuksi 60 min. aineella mainitut 8 märkää, voimme — toivottavasti lopullisesti — pestä peilin ja alustan ja antaa peilin kuivua pyyhkimättä. Sen kuivuttua nostamme sen kirkaskupuista lappua kohti, jolloin meidän pitäisi varsin selvästi nähdä lampun hehkulanka peilin hienoksi hiotun pinnan läpi. Sitten sijoitamme



Kuva 7.

peilin vaakasuoraan hiottu pinta ylös-päin ja kokeilemme miten suuressa kulmassa se suostuu heijastamaan silmäämme jonkinlaisen valon lampusta (kuva 7).

Viimeinen, häipyvä heijastus on tummanpunerva. Mikäli tällöin tulo- ja heijastuskulma ovat kumpikin erikseen vaakatasosta mitattuina noin 30–40°, on peilimme valmis kiillotettavaksi. Luonnollisesti kuuluu asiaan myös pinnan lovien ja naarmujen etsiminen suurenuslasilla. Jos niitä löydämme, tulevat ne olemaan peilissä vielä kiillotuksenkin jälkeen, mutta — ellei niitä ole paljon — eivät vaikuta paljoa peilimme suorituskykyyn. Luonnollisesti jokainen peilintekijä koettaa saada naarmuttoman pinnan, mutta ainakaan ensikertalaisella ei ole syytä epätoivoon, jos hänellä on peilissään esim. puolenkymmentä tuuman mittaista naarmua ja pari-kolmekymmentä neulanreikää. Ne eivät käytännössä vaikuta peiliin tarkkuuteen, mutta perin ikäviä kauneusvirheitä ne siiti ovat.

+ + +

Edellä on puhuttu pääasiassa carborundumin käytöstä hioma-aineena, vaikka alussa kyllä mainittiin muitakin mahdollisuuksia, kuten smirgeli ja aloksiitti. Jos jollakulla on aikaa ja halua voi hän korvata 60 min. carborundumin 30 minuutin smirgelillä ja hiontaa vielä senkin jälkeen 60 min. smirgelillä. Viimemainitun voi jättää kokonaan poiskin ja viimeistellä vain 30 min. smirgelillä 30 min. carborundumin jälkeen.

Aikoinaan hioin pelkästään smirgelillä alusta loppuun. Se oli hidasta, mutta antoi hyvän pohjan kiillotukselle. Nykyisen 32-senttisen pääkoneeni peilin viimeistelin smirgelillä ja katsoin sen kannattaneen. Muuan 42 cm:n peili taas viimeisteltiin n:o 800 (noin 30

min.) carbolla hyvin pitkiksi venytettyjä märkiä käyttäen ja sekin kiillottui hyvin.

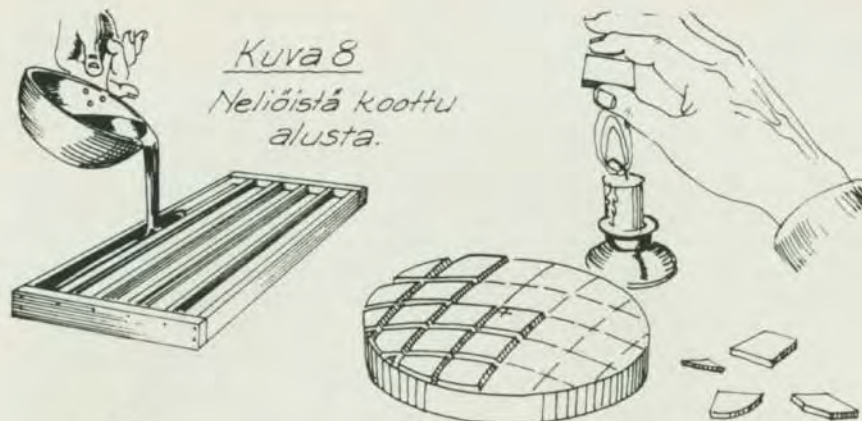
Yleensä mikä hyvänsä karkeasta hienoimpaan etenevä hioma-ainesarja pystyy sopiviin märkiin jaettuna tuotamaan kiillotuskelpoisen pinnan. Hiojalla on kuitenkin oltava jo senverran kokemusta, että hän osaa lovia suureuslasilla seuraten päätellä milloin voi siirtyä seuraavaan asteeseen.

Jos nyt topputarkastuksessa löysimme kovin paljon naarmuja, jotka haluaisimme poistaa, on meidän palattava esim. 10 min. asteeseen ja hiottava sillä niin monta märkää, että naarmut häviävät. Sitten — valitettavasti — on otettava 30 min. ja 60 min. asteet kokonaan uudelleen.

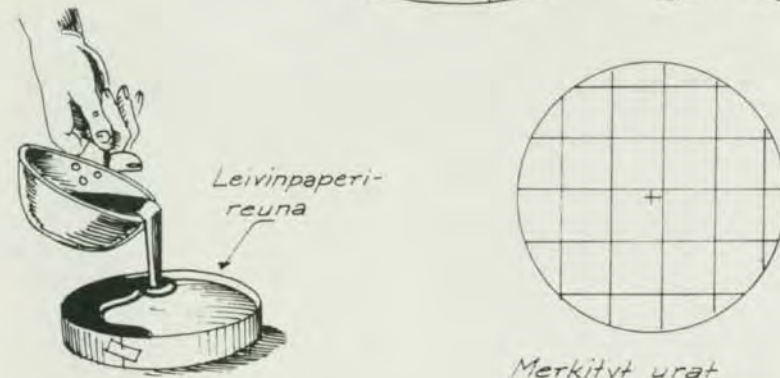
Hienoksi hiottu, naarmuton pinta on hyvin kaunis ja nostaa tekijänsä mielialaa saaden unohtamaan takana olevat hiontavaivat, jotka muuten peili peililtä käyvät vähäisemmiksi. On vain yksi hiottuakin pintaa kauniimpi: sama pinta kiillotettuna.

d) Kiillotus

Ainoa tarkkuusoptiikassa kelvollinen kiillotusväline on pikialusta, koska sillä muihin verrattuna on se etu, että sillä ei ole muotokimmoisuutta ja siten se pystyy mukautumaan kiillotettavan pinnan muotoon. Tosin nykyisinkin on paperialustan käyttäjiä, mutta paperikimmoisuutensa vuoksi tuottaa aaltomaisen pinnan. Myös amerikkalaisen harrastelijan A. W. Everestin v. 1951 julkaisemalla HCF (honey comb foundation) alustalla on kannattajia. HCF on mehiläispesin tarkoitetta mehiläisvahasta tehtyä levyä, jonka pintaan on valmiiksi kohokuviona painettu hunajakennon kuusikulmainen kuviointi. HCF kuulemma kiillottaa nopeasti, mutta aiheuttaa kiillotettavaan pintaan väreilykuvion, jonka aallot suunnilleen vastaavat alustan kuvioinnin jaksolli-

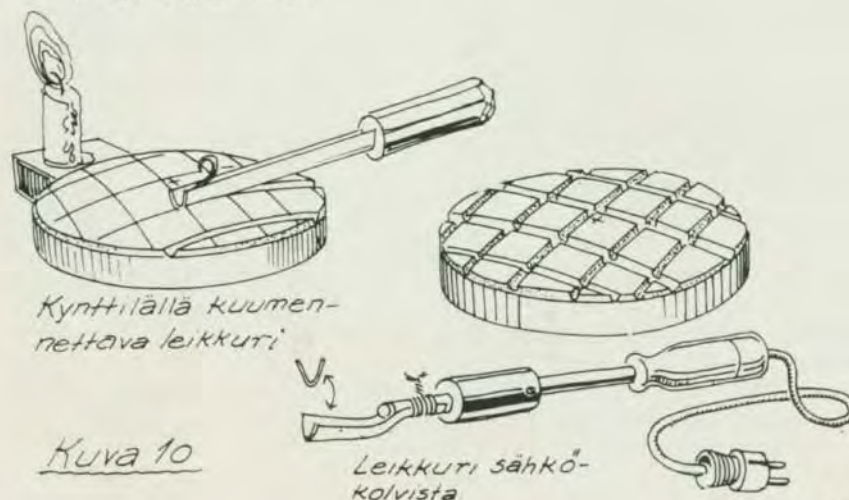


Kuva 8
Neliöistä koottu alusta.



Merkityt urat

Kuva 9
Pien valaminen



Kuva 10

Leikkuri sähkökolvista

suutta. Niinpä käsittelemme tässä vain pikialustaa.

Se voidaan valmistaa usealla eri tavalla. Eräs niistä on valaa piki n. 2 cm:n levyisiksi ja 5—6 mm:n paksuisiksi listoiksi, joista kuumalla veitsellä katkotaan neliön muotoisia paloja, jotka altapäin liekissä miltei tippuviksi kuumennettuina painetaan kiinni lyijykynäviilloin merkitylle alustalle (kuva 8). Toinen, huonompi tapa, on valaa piki suoraan alustalle, muovata se määrällä peillillä ja painaa pikeen määrän puulastan reunalla uurteet, jotka jakavat sen n. 2 cm:n neliöihin. Edellinen tapa on erinomainen ja kenties ainoa, milloin suuret pinnat ovat kysymyksessä. Tässä kuitenkin otamme esille vain yhden — siis kolmannen — valmistustavan, joka nähdäkseni 15—25 cm:n peilleille on hyvin sovelias.

Varmistaudumme siitä, että hiomalusta ja pöytä ovat puhtaat ja alusta täysin kuiva. Otamme noin 4 cm:n levyisen suikaleen n.s. leivinpaperia, kiedomme sen alustan ympärille pitkin kiekon reunaa ja kiinnitämme sen vapaan pään teipillä. Esim. puhtaassa vesikauhassa, jonka peltivarteen pistämme puisen kädensijan, sulatamme hiljaisella tulella tai keittolevyllä nyrkin kokoisen palan pikeä. Sulaminen saisi tapahtua hitaasti, mikäli mahdollista kiehumatta. Avotulella sulatettaessa on tulenvaaran takia pidettävä varalla sopiva kansi, jolla voi tukahduttaa tulien. Väiillä tiputamme lastalla peltilevyille noin tuuman laajuisen laimiskon pikeä ja huiskuttelemme levyä kunnes piki kovettuu ja täysin jäähty hiomapaikkamme lämpötilaan. Sitten kokeilemme peukalon kynnellä, jonka kuormana on vaakasuorassa vapaasti riippuva kyynärvarsi, miten kovaa piki on. Jos kynsi 20—30 sekunnissa painaa pikeen noin 1 mm:n syvyisen loven on kovuus sopiva. Jos mainittu lovi syntyy 5 sekunnissa on meidän lisättävä pi-

keen pari peukalonpään kokoista palaa puhtaan näköistä hartsia. Hartsi liukee ja sekoittuu pikeen hyvin hitaasti, joten sitä on heti, kun piki on sulana, ruvettava sekoittelemaan juuri vuollulla puulastalla kunnes mitään hartsimöhkääletä ei enää tunnu, ja vielä jonkin aikaa senkin jälkeen. Piki saa sitten hieman jäähtyä, jolloin isommat kuplat nousevat pinnalle, mutta sen on vielä oltava kyllin juoksevaa kaadettavaksi paperilluskan ympäröimälle alustakielelle. Kaadamme alkaen alustan reunoilta ja edeten siitä kierukan muotoisesti keskustaan, jossa se saisi jäädä hieman koholle. Pien paksuus arviolta noin 5—7 mm (kuva 9). Kaikkea pikeä ei ehkä tarvinnut kaataa. Lopun annamme jähmettyä kauhaan, jonka kylmänä käärimme kelmuun suojaan pölyltä.

Nyt on tarpeen saippua ja vesi. Määrällä sormella varovasti pien pintaa koetellen toteamme milloin sen pinta alkaa olla kohtalaisen sitkeä, mutta vielä hyvin peräänantava. Repäisemme alustaa ympäröivän paperilluskan kiertoliikkeellä pois, jolloin pikireunusta ehkä lähtee mukaan sitkeitä säikeitä, mutta se ei tässä vaiheessa haittaa. Sitten saippuoimme peilin aivan määräksi, pyyhimme saippuaisella kädellä kevyesti pikipintaa ja painamme peilin alustalle ensin keskisesti ja sitten hieman sivuttain liikutellen kunnes näemme pikialustan pääasiassa mukautuneen peilin pinnan muotoon. Pien keskelle muodostuu helposti ilmatasku, joka estää keskuksen pääsemästä pikipinnan tuntumaan. Se voidaan joko myöhemmin paikata tai jo tässä vaiheessa panna pien keskeltä reunalle ulottuva paksu pumpullilanka peilin ja pien väliin, jolloin ilma pääsee sitä myöten pois. Myös viivaimen reunalla painettu matala uurre keskeltä reunalle ajaa saman asian. Luistatamme peilin pois ja annamme alustan jäähtyä. Se on siksi aikaa syytä peittää pesuvadilla

tai puhtaalla kelmulla. Pöytä pidetään koko ajan märkinä!

Alustan jäähtyessä leikkaamme pelistä pienen lapion, jonka noin 10 cm:n pituusen terän taitamme pitkittäin jyrkän V:n muotoiseksi. Lisäksi haemme paikalle spriilampun tai kynttilän (kuva 10).

Alusta on nyt jäähtynyt ja sen on saatava välttämätön uurreverkkonsa. Määrittelemme alustan keskipisteen niin, että se joutuu jonkin alustaneliön kulman sisäpuolelle, ei neliön keskelle eikä uurteeseen. Alustaneliöt saavat olla noin 2—2,5 cm joka sivultaan, joten mittaamme niiden mukaan uurteiden sijainnin ja painamme niitä varten heikot merkkiurat puhtaan viivaimen reunalla. Kuumennamme äskeisen lapion kynttilän liekissä ja hiljaa lykäten työnnämme keskimmäiset ristiin menevät uurteet auki lasia myöten. Yhden kerran kuumennus antaa meille uraa ehkä 3—4 cm. Uudelleen kuumentessamme tiputamme lapioon kertyneen pien jollekin paperille. Tälläkin hieman vaivalloisella tavalla saamme kyllä uurteet aikaan, mutta paljon helpommalla pääsemme jos voimme asentaa peltilapiomme sähköjuottimen kärkeen. Mitään ohjainta emme käytä, sillä lapion luontaisen kulkusuunnan opimme pian. Uurteiden valmistuttua tuemme kuumaa lapiota alustan lasireunaan ja leikkaamme pikialustan reunan sileäksi ja hieman sisäänpäin kallistuvaksi (kuva 10).

Noin teelusikallinen kiillotuspunaa ruokalusikalliseen vettä on sopiva sekoitussuhde. Tätäkin sekoitusta on mukava säilyttää vaikkapa kynsilakkapullossa, jossa on pensseli. Maalaamme sillä pikialustan neliöt paksusti, kastelemme peilin hyvin ja painamme sen keskisesti pikialustalle. Painamisen aikana näemme pikinelioitten vähitellen tulevan kauttaaltaan kosketukseen peilin kanssa. Ellei näin tapahdu

säällisessä ajassa, s.o. kärsivällisyytemme vielä kestäessä, on peili nostettava pois, voideltava glyseroilla ja jätettävä alustalle. Pois luistamisen estämiseksi tuemme sen kädensijasta kolmeen suuntaan langoilla, jotka kiinnitetään nastoin pöytälevyyn, ja peiteastia tai kelmu pannaan pölysuojaksi päälle. Rengasmaisen paino kädensijan ympärillä jouduttaa tätä n.s. "kylmäprässää".

Tässä väiillä huomautan, että kädensijan on koko kiillotuksen ajan pysyttävä aivan keskellä peilin takapintaa. Mitätemme sen aseman tarkasti. Jos jollakin suunnalla reuna on liian kaukana saamme kädensijan keskelle siten, että sen ympärille pujotettu jämerä kumiringas kiristetään siitä liian kaukana olevaan reunaan puu- tai muovihakasella, jonka pykälä ottaa peilin laitaan ja jännittää kumin. Tätä laitetta on koko ajan tarkattava ja välimatkoja mitattava, että tiedämme keskeyttää vedon oikeaan aikaan! Tämä tarkistustamittaus on hyvä suorittaa melkein jokaisen määrän jälkeen.

Kun kaikki neliöt vihdoinkin ovat moitteettomassa kosketuksessa peiliin, pesemme peilistä ja pikialustasta glyserolin hiomapaikanlämpöisellä vedellä, levitämme uutta kiillotuspunaa ja painamme vielä hetken, jotta puna ehtisi tarttua pikeen. Sitten aloitamme kiillotuksen keskimäärin noin 1/3 työnnön pitäen koko ajan huolta siitä, että peili tiiviisti liukuu pikeä pitkin hypähtelemättä. Teemme nyt työntöjä vain noin 40 kpl minuutissa. Kolme minuuttia työskennelyämme keskistämme peilin ja painamme sitä alustaa vasten suunnilleen saman ajan. Näin teemme aina, vaikka siitä ei erikseen mainittaisikaan, sillä paineen vaihtelu liitistää reunaneliöitä nopeammin kuin keskustaa. Jos laiminlyömme tämän varokeinon, voi peillimme pinta lopulta liiaksi poiketa pallopinnasta.

Kiillotuspuna, joka tarttuu pikeen, istuu siinä kuin miljoonat mikroskooppiset höylänterät, ja alustan vaikutus lasiin on siis lähinnä höyläävä. (Tämä on tosin akateeminen kiistanaihe, sillä jotkut väittävät lasin pinnan virtaavan hankauksen vaikutuksesta.) Kiillotuksen alussa on luisto verrattain hyvä, sillä vain hienoksi hiotun pinnan "vuorenhiiput" ottavat alustaan, joten kosketuspinta on aluksi melko pieni. Huippujen leikkautuessa pois kasvaa kosketuspinta, ja luisto tulee raskaammaksi.

Kiillotuksen jokainen märkä on syytä ajaa melko kuivaksi eli niin pitkälle, että peili vielä voidaan luistattaa alustalta pois. Pikineliöt voidellaan sitten nopeasti uudelleen punalla ja kylmäprässituokion jälkeen jatketaan kiillotusta. Useampien märkien mentyä voi kokeilla veden lisäämistä punan sijasta. Mikäli kuitenkin luisto käy tästä nykiväksi on punaa lisäävä, sillä nykivä luisto höylää pintaa epätasaisesti. Kiillotusta — kylmäprässituokiot mukaan luettuna — on syytä jatkaa enemmittä keskeytyksittä noin tunnin ajan kerrallaan. Kaikkiaan tulee peili vaatimaan noin 6 tuntia kiillotusta. Tunnin kuluttua toteamme peilin kiillottuneen jo melko paljon. Keskeytämme työn noin tunniksi ja tarkastamme alustan. Jos sen uurteet ovat edelleen hyvin auki voimme tunnin kuluttua prässätä alustaa peilillä ja jatkaa kiillotusta. Mutta jos uurteet pyrkivät sulkeutumaan, on ne jälleen avattava kuumalla lapiolla, ja silloin joudumme keskeyttämään työn ainakin kahdeksi tunniksi, jotta pien lämpötila ehtisi tasautua. Jos tällöin keskeytämme työn esim. yön ajaksi, voitelemme peilin taas glyserolilla, tuemme sen langoilla alustalle ja peitämme.

+ + +

Työn näin keskeydyttyä lienee sopiva aika puuttua erääseen turhantarkkuudelta kuulostavaa seikkaan: Peilin pintaan ei kiillotuksen kestäessä saa koskea käsin! Mittauksen yhteydessä tulimme näkemään miten sormen kosketus lämmittää lasin pintaa niin, että siihen kohtaan syntyy jonkin aikaa "kuhmu". Jos silloin heti jatkamme kiillotusta leikkautuu kuhmu pois ja peillisämme on sen tilalla kuoppa! Siis; tahallamme tai vahingossa peilin pintaa kosketettuamme saamme odottaa puolen tuntia ennenkuin voimme jatkaa kiillotusta.

Mikäli peilin kiilto alkaa keskeltä ja hämärtyy siitä hiljalleen reunoja kohti, ovat asiat hyvin, mutta jos keskus on tunnin kuluttua jo miltei valmiissa kiillossa ja reuna-alue tuskin alkanutkaan kiiltää, on otetta huomattavasti lyhennettävä ja käytettävä kylmäprässä entistä enemmän.

Kiillotuksen aikana on muistettava käyttää vaihtelevia työntöjä: suoria, episyklisiä ja elliptisiä. Liikkeen laajuus on pääasiassa noin 1/3 työntö, mutta välillä on hyödyksi ottaa joku kävelykierros 1/2, 1/4 ja 1/8 työntöjä, ettei pintaan syntyisi pahempia vyöhykevirheitä. Peilin kiertyminen ja alustan ympäri kävely ovat vähintään yhtä tärkeitä kuin hionnassa. Jokaista liikkeen muutosta otetaan täysi kävelykierros, ettei optikkojen suurpöppöä, astigmatismia pääsisi syntymään. Se nimittäin esiintyy yhtä hyvin jotakin vyöhykettä kuin koko pintaakin koskevana.

Kiillotamme peilin täyteen kiiltoon ennenkuin puhumme mitään sen korjailusta. Noin 6 työtuntia kiillotettuamme puhdistamme peilin ensin märällä ja sitten kuivalla paperinenäliinalla ja tutkimme sen pintaa suurennuslasilla. Emme nyt katso siihen mahdollisesti jääneitä naarmuja ja neulanreikä vaa puhtaita alueita, ja vertaamme keskustaa ja reunoja. Jos reuna ja keskus ovat

yhtä kirkaat otamme vertailukohteeksi hyvin puhdistetun silmälasilinssin, jonka sisäpinta on säilynyt kulutukselta. Kohdistamme suurennuslasilla linssin pinnalle kirkaskupuisen lampun kuvan ja sitä liikutellen tarkkaamme, miten hekkona ja kipunoimattomana se esiintyy täysin kiillotetulla pinnalla. Sitten teemme saman kokeen peililemmen. Kenties vertailu antaa aiheen jatkaa vieläkin kiillotusta.

Mikäli pinta joitakin pieniä naarmuja ja lovia lukuunottamatta oli kirkas, lopetamme kiillotuksen ja peitämme kiillotusalustan hyvin, sillä tarvitsemme sitä vielä peilimme muodon korjailmiseen.

Peilin muodon toteamista ja korjailun edistymisen tarkkailua varten tarvitsemme mittausmenetelmän, joka on kyllin tarkka ja mahdollisimman yksinkertainen.

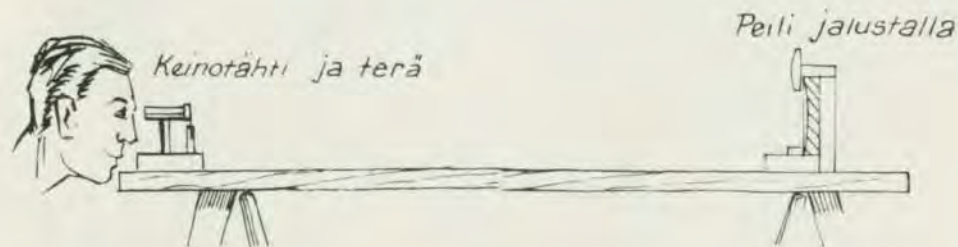
e) Foucaultin koe

Tuemme pitkän penkin sopivalle korkeudelle niin, että voimme tuolla istuen sijoittaa silmämme vaaksan verran penkin pintaa ylemmäksi (kuva 11). Penkin pitää olla vaakasuorassa ja vähintään 260 cm pitkä. Sen toiseen päähän sijoitamme peilin tukilaitteeseen (kuva 12) siten, että sen optinen akseli osoittaa suunnilleen penkin toisen pään keskivaiheille, jonne sijoitamme mittauslaitteemme.

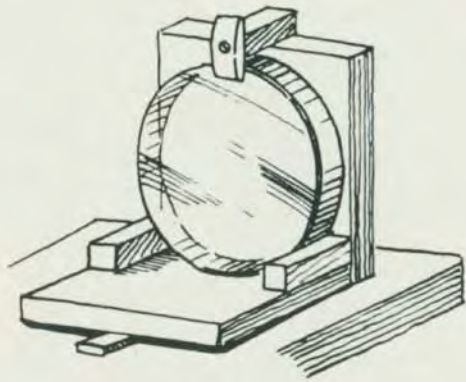
Mittauslaitteina toimii kaksi höylättyä lankunpätäkää, kummallakin pituutta noin 20 cm. Kuvan osoittamala tavala sijoitamme toiseen noin 10 cm:n korkuisen pystypuun, jonka yläpäähän sijoitamme partaterän niin, että sen terä on pystyssä ja leikkaava särmä oikealla.

Toiseenkin lankunpalaan tulee samankorkuinen pystypuu, joka kantaa kuvassa 14 esitettyä valonlähdettä, keino-ähtettä, joka on hienolla silmäneulalla puhkaistu esim. alumiinisen lääkeputken kierrekannen keskelle. Putken keskivaiheilla on himmeä, hienohiottu lasi, joka on tuettu paikalleen vaikkapa pahvirenkailla, ja putken toisessa päässä käsivalaisimen polttimo, joka on sijoitettu putken pohjan keskelle tehtyyn reikään. Polttimoa voidaan syöttää esim. kahdella sarjaan kytketyllä litteällä käsivalaisimen paristolla. Polttimon ikä lyhenee näin "yliajettuna", mutta saamme kirkaaman valon.

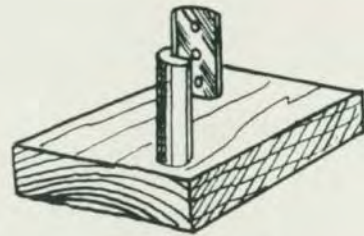
Näille varsinaisille mittauslaitteille naulaamme penkin vapaaseen päähän keskelle pitkittäissuuntaisen noin 30 cm:n pituisen ohuen ohjausriman. Sen oikealle puolelle sijoitamme valolaitteemme niin, että sen keino-ähti tulee peiliin päin. Riman vasemmalle puolelle asetamme partaterää kannattavan lankunpätjän, terä oikealle päin. Koska keino-ähti-lääkeputki on kiinni vain



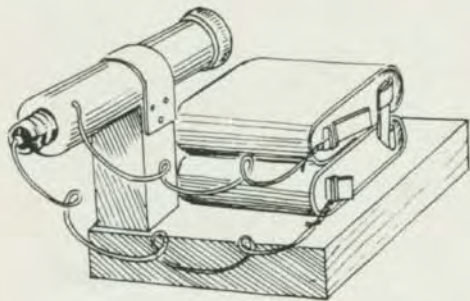
Kuva 11.



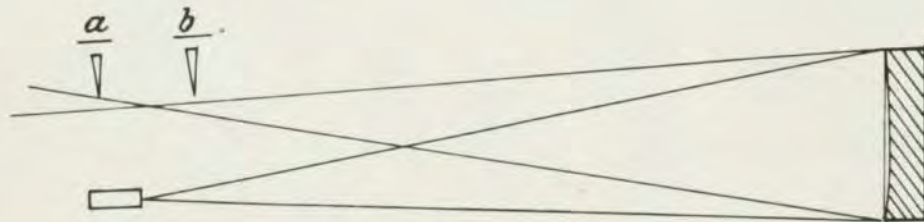
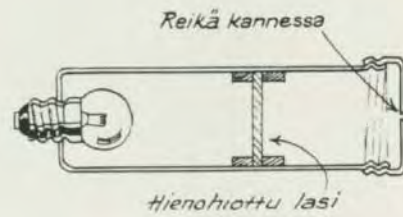
Kuva 12.



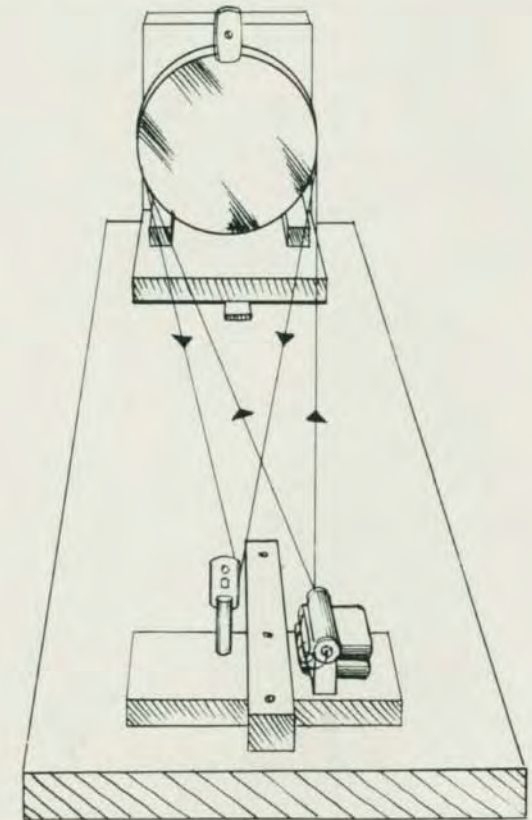
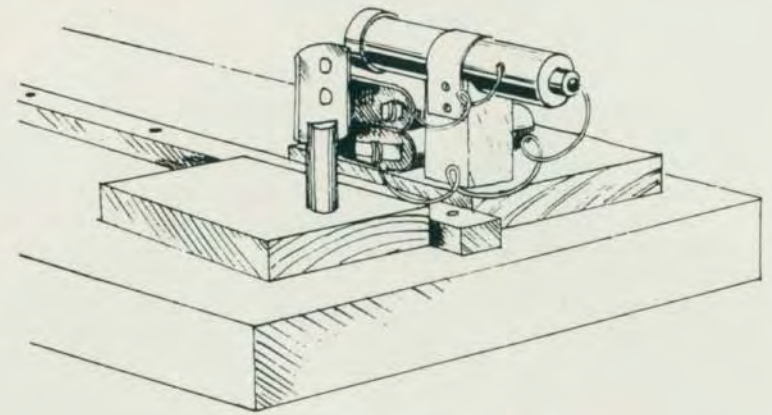
Kuva 13.



Kuva 14.



Kuva 15.



Foucaultin kokeen järjestely.
Kuva 14 a.

rungostaan, ruuvaamme nyt putken kannen irti, jolloin valaistu himmeälasi paljastuu. Panemme valkean kortinpalaan partaterän peilipuoleiselle sivulle ja peilin tukilaitteita liikutellen kohdistamme valoläikän kortinpalaan sekä peillä lähemmäs tai kauemmas siirtäen tarkennamme lasiympyrjän kuvan kortille suunnilleen tarkaksi. Sitten ruuvaamme keinotähteä kantavan kannen jälleen paikalleen. (Mittauspaikkamme yleisvalaisimet ovat e.m. toimenpiteiden aikana sammutettuina.)

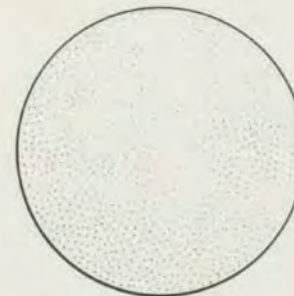
Edellen pimeässä toimien jatkamme mittauslaitteemme asetelua. Himmeälasi oli kauempana peilistä kuin nyt paikalleen ruuvaamamme keinotähti. Mittaamme himmeälasin ja keinotähden väliin jäävän matkan ja siirrämme niitä kantavaa lankunpätäkää mitatun välin verran peilistä pois päin. Sitten siirrämme partaterää kannattavan lankunpätjän vasemmalle pois tieltä ja etsimme äskeisen kortinpalaan kohdalta ilmasta sellaisen paikan, jossa keinotähden valo näyttää täyttävän peilin. Toivottavasti se kohta on partaterän korkeudella: ellei, on peilin asentoa sen tukilaitteiden alle työnnettyin kiiloin säädettävä. Kun nyt siirrämme partaterän kannatinta vasemmalta oikealle niin, että terä leikkaa silmään tulevaa sädekimppua, näemme heti kummalla puolen peilin tämänkertaista kuvapistettä (=kaarevuuskeskusta) terä on. Jos terän varjo siirtyy peilin päälle oikealta, on terä kuvapisteen ulkopuolella (kuva 15,a), jos taas varjo tulee vasemmalta, siis terän liikesuunnalta, on terä kuvapisteen sisäpuolella eli kuvapisteen ja peilin välissä (kuva 15,b). Näiden havaintojen mukaan siirrämme nyt terää kunnes löydämme sille kohdan, jossa varjon tulosuuntaa ei enää voida havaita, vaan hämärtyminen alkaa yhtäaikaa joka paikasta tai ainakin suurin osa peiliä pimenee tasaisesti hämärtyen.

Keinotähden ja partaterän (siis lääkeputken kannen ja terän oikealle osoittavan leikkuureunan) pitäisi nyt kummankin olla peilistä yhtä etäällä. Todennäköisesti ne eivät ole. Jos tuon yhtäkkisen hämärtymis- ja pimenty miskohdan löytyessä tähti oli lähempänä peiliä kuin terä on tähteä vedettävä ulospäin ja terää lykättävä peiliä kohti, suunnilleen saman verran kumpaakin. Mikäli terä oli lähempänä peiliä ja tähti kauempana, on korjaus päinvastainen. Tässä näin muutetussa asennossa etsimme uudelleen yhtäkkisen pimennyskohdan. Voimme olla tyytyväiset, jos terän ja keinotähden etäisyys peilistä osuu saman senttimetrin sisälle.

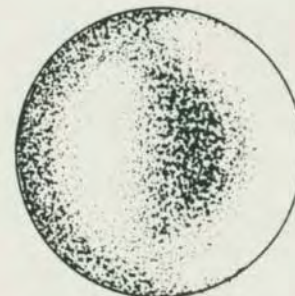
Kun nyt tästä samasta kohdasta työnnämme terän vasemmalta oikealle valopisteeseen niin, että se leikkaa siitä vain osan, jää valoa vielä jäljelle. Hyvin hidasta terän sivuttaisliike näyttää meille paljon peilimme tämänkertaisesta muodosta. Jos nyt yhdenmukaisesti pimeneminen (kts. kuva 16)

- 1) hämääryttää peilin pinnan tasaisesti, ilman että minnekään jää viipyviä valopaikkoja, on peilimme pallopinta.
- 2) Jos varjo alkaa peilin vasemmas- ta reunasta ja peilin keskipisteen läheltä oikealta yhtäaikaa, on peili paraboloidi tai hyperboloidi. (Ellipsoidin vastaavia varjoalueita tuskin pystymme havaltsemaan näin pitkän kaarevuussäteen ollessa käsiteltävänä.)
- 3) Jos pimeneminen alkaa peilin oikeasta reunasta ja keskipisteen läheltä vasemmalta yhtäaikaa, on peili litistynyt pallopinta.

Tämä terän takaa katseleminen on vain "maaston" yleisluodon karkeaa arvioimista. Silti piirrämme näkemämme varjot vihkoon tai lehtiöön. Kenties näimme myös jonkun renkaanmuotoisen vyöhykkeen. Onko se painuma vai



Tapaus I (pallo)



Tapaus II (paraboloidi, hyperboloidi tai ellipsoidi)



Tapaus III (litistynyt pallo)

Kuva 16.

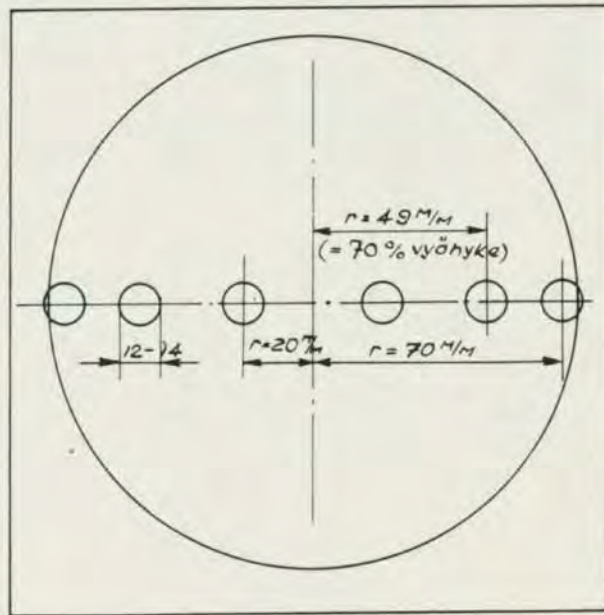
kohouma? Jos renkaan äärimmäinen oikea reuna on valoisa, on rengas koolle jäänyt vyöhyke. Jos taas renkaan äärimmäinen oikea reuna on pimeä, on peilissä renkaan muotoinen painuma. Kuvittelemalla valon tulevan oikealta peilin pintaa pyyhkäisten on "maaston" muoto helpoin tulkita.

Nyt siirrymme mittaukseen. Valmistamme ohuesta pahvista kuvan 17 osoittaman naamion, jonka tuemme peiliin eteen niin, että uloimmat reiät ovat yhtäläisessä asemassa peilin reunoihin.

Reikäriivin on oltava vaakasuorassa ja peilin keskipisteen korkeudella. Äärimmäisinä oikealla ja vasemmalla olevat reiät jätämme auki ja peitämme muut reiät naamiota vasten nojaavilla pahviliuskoilla. Terää kannattavan lankunpätjän alle asetamme penkin pituus-suuntaan pitkän paperiliuskan, jonka kiinnitämme penkkiin parilla nastalla

tai teipillä. Lankunpätjän havaitsijan puoleiseen päähän aivan paperiliuskan tuntumaan on hyvä liimata viivottimen pätkä niin, että sen havaitsijaan päin oleva särmä on kohtisuorassa ohjausrimaan.

Valolähdettä ei nyt enää siirrellä. Terää kannattavaa lankunpätkää liikuttelen haemme nyt kohdan, jossa valokimppua terällä leikatessamme molemmat naamion uloimmat aukot hämärtyvät yhtä aikaa. Terävällä lylykynällä vedämme jalustasa olevaa viivotinta pitkin alla olevalle paperiliuskalle pitkän viivan. Siten peitämme naamion uloimman ja keskimmäisen reikäparin niin, että vain kuvassa 70 % aukoksi merkitty pari jää auki. Etsimme sille yhteisen hämärtyiskohdan ja vedämme sille merkiksi lyhemmän viivan. Siten peitämme myös 70 % aukot ja jätämme vain keskimmäisen reikäparin auki. Niitten suhteen menettelemme



Kuva 17.

samoin, mutta niitä varten vedämme vain aivan lyhyen viivan.

Yksi mittauskerta on nyt suoritettu. Terän jalustan alla olevaa paperiliuskaa pituussuunnassa siirtämällä ja kiinnittämällä sen taas uuteen asemaan voimme uudistaa mittauksen useaan kertaan. Niistä lasketut keskiarvot ovat lähempänä todellisia mittauservoja kuin yhden kerran havaintovirheet.

Tässä väliillä laskemme peilin korjausarvot suhteesta r^2/R , jossa r on peiliympyrän tai sen jonkin vyöhykkeen säde ja R on peilipinnan kaarevuussäde. Kaarevuussäteen saamme mittaamalla matkan peilistä mittausterään, joka on yhtä kaukana peilistä kuin keinotähtikin. Oletamme, että etäisyys R on 240 cm. Naamion aukoparien säteet ovat: uloin pari $r=70$ mm, keskimäinen (70 %) pari $r=49$ mm ja sisin $r=20$ mm. Uloimman parin korjausarvoksi saamme 2,04 mm, keskimäisen 1,00 mm ja sisimmän 0,17 mm. Yleiskorjaus (uloimpien ja sisimpien reikäparien väli) on näinollen $2,04-0,17=1,87$ mm. Tämä merkitsee, että uloimman reikäparin hämärtyiskohta on 1,87 mm kauempana peilistä kuin sisimmän parin vastaava yhtäaikainen hämärtyiskohta. Keskimäisen (70 %) parin ja sisimmän parin välinen korjausarvo $1,00-0,17=0,83$ mm tarkoittaa samoin sitä, että keskimäisen parin yhtäaikainen hämärtyiskohta on 0,83 mm sisimmän parin

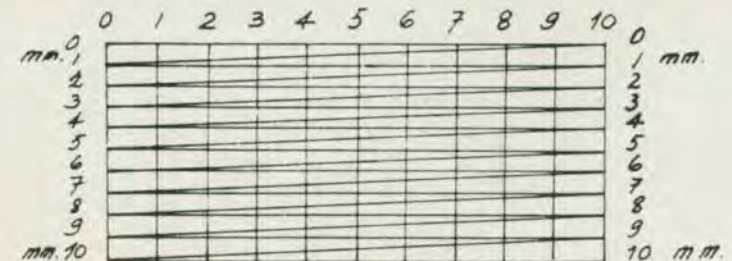
hämärtyiskohtaa ulompana peilistä. Jos suorittamamme mittauksen keskiarvot antoivat nämä tulokset ei peiliä kenties enää tarvitse korjailla, mikäli siinä ei esiinny vyöhykkeitä ja pinta näyttää sileältä.

Viilvavälien melko tarkkaan mittaamiseen voimme käyttää n.s. Barr'in asteikkoa (kuva 18). Niitä tapaa koululaisten käyttämien astelevyjen alareunassa, mutta sellaisen voi kyllä itsekin valmistaa.

Edellä selostettu "palikka-Foucault" on yleensä aivan riittävän tarkka mittauskeino. Jos saamme peilimme kokonaiskorjauksen jonkkin 1,5—2,0 mm:n välimaille ja keskimmäisten reikien hämärtyiskohdan tämän arvon puoliväliin, voimme aluksi olla hyvin tyytyväiset. Peilimme voi olla jopa paraboloidi, ja vaikka ei aivan ollisikaan, kestää se jo varsin voimakkaalta suurennuksella. Peili on sängen hyvä, jos sen tekemä kuva säilyttää terävyytensä vielä 300 x suurennuksella, joka on tämän aukon käytännöllinen maksimi.

Todennäköisesti mittaus kuitenkin osoitti vallan toisenlaisia arvoja. Esimerkiksi tähän tapaan (vertaa kuva 16, I, II ja III):

I) eripituiset viivamme osuvat aivan päällekkäin, joten syntyi vain yksi viiva. Peili on silloin pallo ja voidaan korjata paraboloidiksi kiillotamalla sitä noin 3/4 ja puolityön-



Kuva 18.

nöin. Työskennellään noin viisi minuuttia kerrallaan, jäähdytetään tunti ja mitataan uudelleen. Pitkä kylmäprässä jokaisen työerän edellä. Tämä pätee kaikissa korjaustoimenpiteissä.

- II) lyhin vilva oli kauimpana peilistä, pisin lähimpänä ja keskimäinen niiden välissä. Peili on litistynyt pallo. Korjausmenetelmä sama kuin edellä.
- III) lyhin vilva oli lähinnä peiliä, pisin kauimpana ja keskimäinen kyllä niiden välissä, mutta lyhimmän ja pisimmän vilvan välimatka oli pitkä, ehkä peräti 10—15 mm. Peili on hyperboloidi. Lieviä tapauksia voidaan korjata kiillottamalla 1/4—1/8 työnnöin, jolloin reunat hyljälleen kuluvat. Vaikeampia tapauksia korjaamme esim. näin: repäisemme voipaperista noin 15 cm:n läpimittaisen säännöttömän palan ja panemme sen pikialustan keskelle. Sijoitamme peilin keski-kestä alustalle ja painamme kunnes paperin ympärillä näkyvä pikialusta on kokonaan puristunut peiliä vasten. Sitten poistamme paperin ja kiillotamme aluksi 1/4—1/8 työnnöin, jotka paperin alla olleen alustan osan alkaessa jälleen koskettaa peiliä pidennämme noin 1/3 työnnöiksi. Jäähdytys ja mittaus kuin edellä. Tämän käsittelyn uusimme niin monesti kuin tarve vaatii.

Jos peilissä näkyy koholle jäänyt rengasmaisen vyöhykkeen korjaamme sen siten, että suorita työntöjä tehden annamme peilin keskipisteen kulkea alustan keskipisteen oikealta puolelta niin, että k.o. vyöhyke kulkee alustan reunan kohdalla (kuva 19).

Peili kiertyy käsissä ja työnnöt ovat hyvin lyhyitä. Työskentelemme noin minuutin kerrallaan, sillä kohovyöhyk-

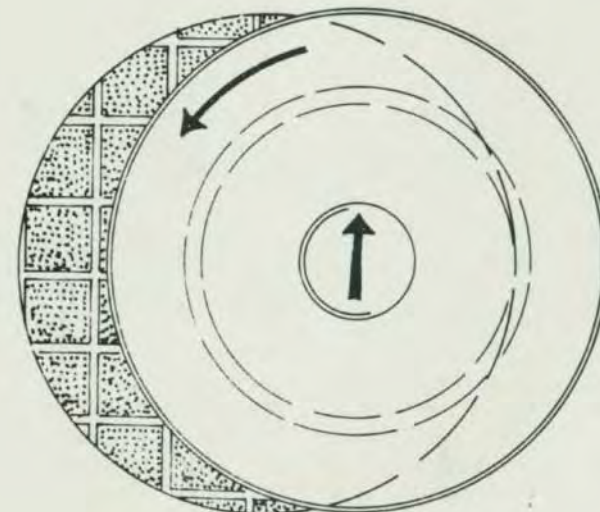
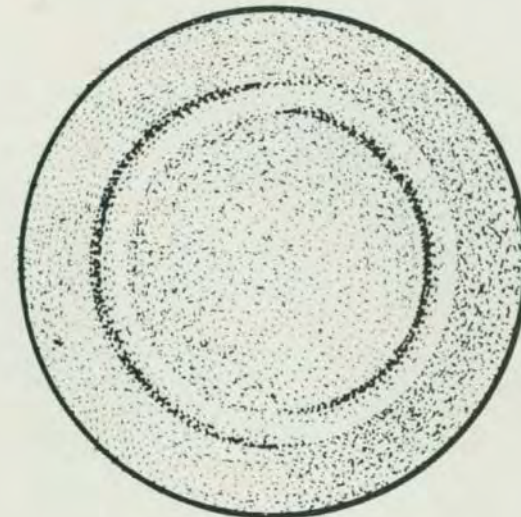
keestä tulee äkkiä painunut vyöhyke, jolloin joudumme noin 1/3 työnnöin kuluttamaan koko pinnan painuneen vyöhykkeen tasalle. Vyöhykkeen poistuttua tasaamme sen kohdalle tavallisesti syntyvän epäsäännöllisyyden käyttämällä noin 1/3 työnnön laajuista ellipsiliikettä.

Näinkin valovoimaista (F/8) peiliä emme voi jättää palloinnaksi ellemmme aio käyttää ainoastaan heikkoja suurennoksia. Edellä mainittu 1,5—2,00 mm:n yleiskorjaus riittää melko pitkälle, ja tätäkin pelivaraa voidaan edellä esitetyin keinoin vielä huomattavasti pienentää. Tämän tarkkuuden saavuttuamme voimme hopeoida peilin tai viedä sen aluminoitavaksi.

Myöhemmin, uuden hopeoinnin tai aluminoinnin tultua tarpeelliseksi, haluamme ehkä tuntea peilimme tarkemmin ja paikallistaa käytössä huomaamme virheet, sillä uuden hopeoinnin edellä on mukava jatkaa peilin korjailua yhä lähemmäksi n.s. täydellisyyttä. Tästä tarkemmasta korjailusta puhumme seuraavassa.

I) Pääpeilin tarkemmasta mittaamisesta

Ursan julkaisussa Tähtitiedettä harrastajille III (siv. 124 ss) selostin pääpeilin mittausta okulaarimenetelmällä, jolla kyllä voi suorittaa peilin likimääräisen korjailun. Samassa yhteydessä mainittiin Foucaultin periaatetta noudattava pimennysmittaus, suunnilleen sama kuin edellä esitetty. Jos merkitsemme peilin täyttä korjausta sadalla prosentilla, sallii äskelinen mittauksemme noin 25 % toleranssin. Parantamalla mittauslaitteitamme voimme kuitenkin alentaa korjaustoleranssiamme niin, että virhe lopulta on vain 5 % tai kenties vain 1 %. Matemaattiseen redukointiin kajoamatta totean, että 5 % virhe merkitsee käytännössä täydellistä peiliä ja 1 % virhe nostaa sen toiveluokkaan.



Kuva 19.

Matemaattiseen puoleen kiinnostuneita varten viitataan tässä Texereau'n kirjaan: La construction du Telescope d'amateur. Kirja on saatavissa myös englanninkielisenä.

Meidänhän ei tarvitse ansaita leipämme peilinteolla, ja siksi meillä on varaa käyttää aikaa rajattomasti ja asettaa tavoitteemme niin korkealle kuin haluamme.

Mittausväline

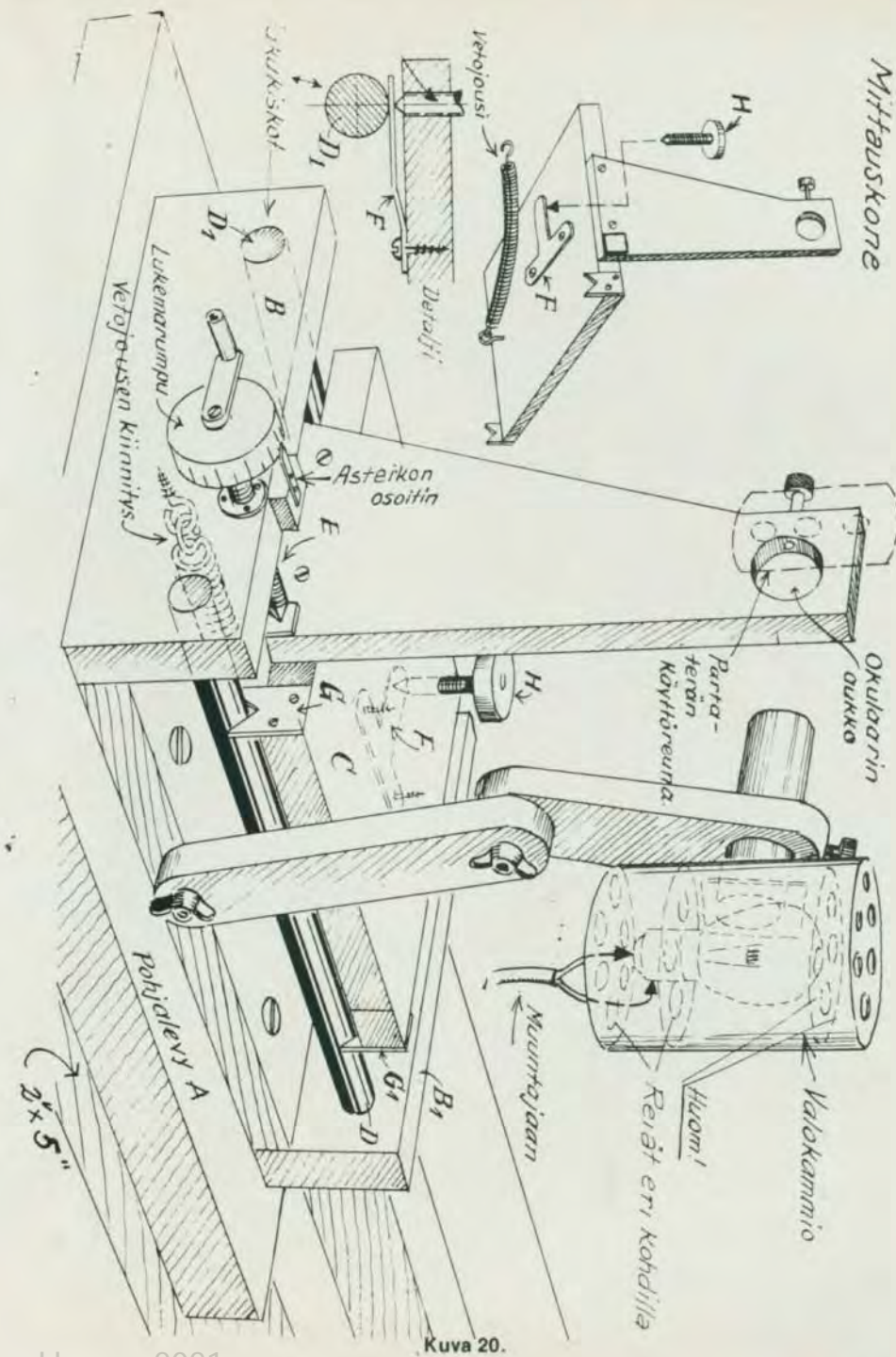
Mittauskojeemme tärkeimmät osat näemme kuvassa 20. Siinä A on tukavasta höylätystä lankusta tehty pohjalevy. Sen päihin kiinnitetään kaksi 5—6 cm korkeata poikkipuuta B ja B1, joihin on samalle korkeudelle upotettu päistään kaksi yhdensuuntaista kirikkaaksi vedettyä 8—10 mm:n teräskankea D ja D1. Niille tarkoitettut reiät on porattava yhtäaikaan poikkipuiden vielä ollessa irtaallaan. Teräskankien päällä tulee liikukumaan mittausvaunu C. Sen kohtiin G ja G1 kiinnitetään 3 mm:n vahuisesta massinkilevystä tehdyt V-muotoiset luistipalat, jotka ohjaavat vaunua D-kankea pitkin. Vaunun alapinnalla on 1 mm:n messingistä tehty pilkkuviivalla kuvattu levy F, jonka yksi haarake toimii luistina D1-kankea vasten. Levyn D1-kankeen nojaavan hharakkeen kohdalla on vaunun läpi menevä peukaloruuvi H, jolla vaunua voidaan hieman kallistaa. Tämä ruuvi ei ole tarkkuusruuvi, mutta sillä pitää olla tasainen, pyöreä kärki. Sensijaan mittausruuvi E, joka tulee B-poikkipuuhun lähelle D-kangen-päätä, tulisi olla niin tarkka kuin suinkin. Ruuvin nousu on 1 mm kierrokselta. Ruuvin ulkopäähän tulee 100-jakoinen astelkkorumpu. Sorvissa voidaan tällainen ruuvi tehdä yhdellä kiinnityksellä kehänpohjineen kaikkineen. Aihioiksi kelpaa hyvä, pehmeä teräskanki, johon sorvataan kierre ja sen taakse hartia, jonka päälle jakokehä (tai sen aluskiekkö) menee niin

ahtaasti, että sitä ei tarvitse erikseen kiinnitellä. Mikäli sorvissa ei ole kierreleikkuuseen mahdollisuuksia, on ruuvin kara sorvattava alkupäästään n. 1 cm:n matkalta kartiokkaaksi niin että sen pari alkumillää mahtuu sellaisinaan kierreleuan sisään. Kierreleuan varren voi kiinnittää sorvin teränpitimeen, joka irroitetaan johtoruuvista. Kiristettävä leuka olisi sopivin, mutta kiinto-leuallakin saa tarkan tuloksen, jos ruuvin aihio sorvataan n. 1/10 mm leuan vaatimaa ulkomittaa ohuemmaksi.

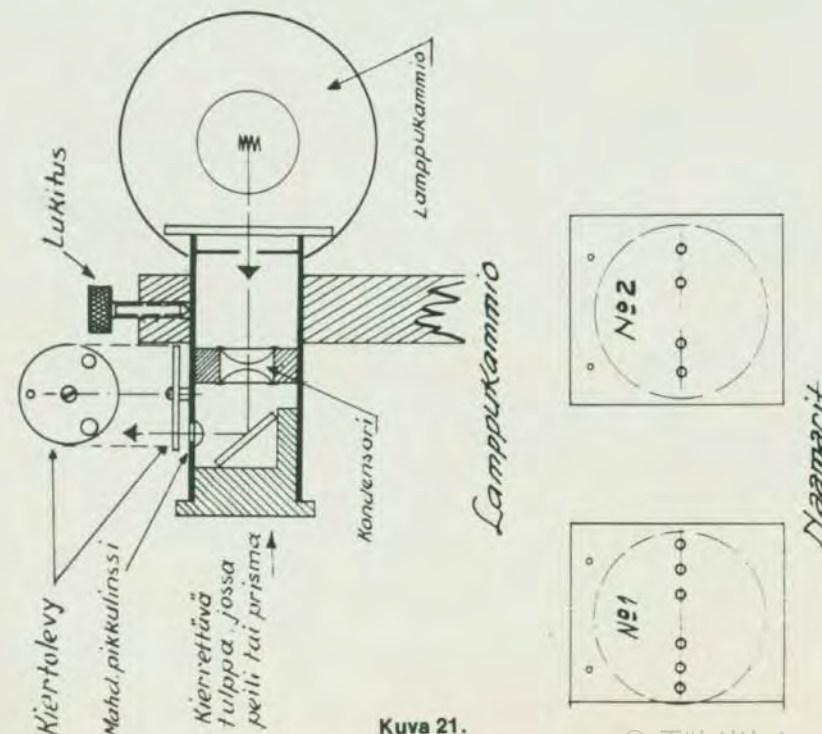
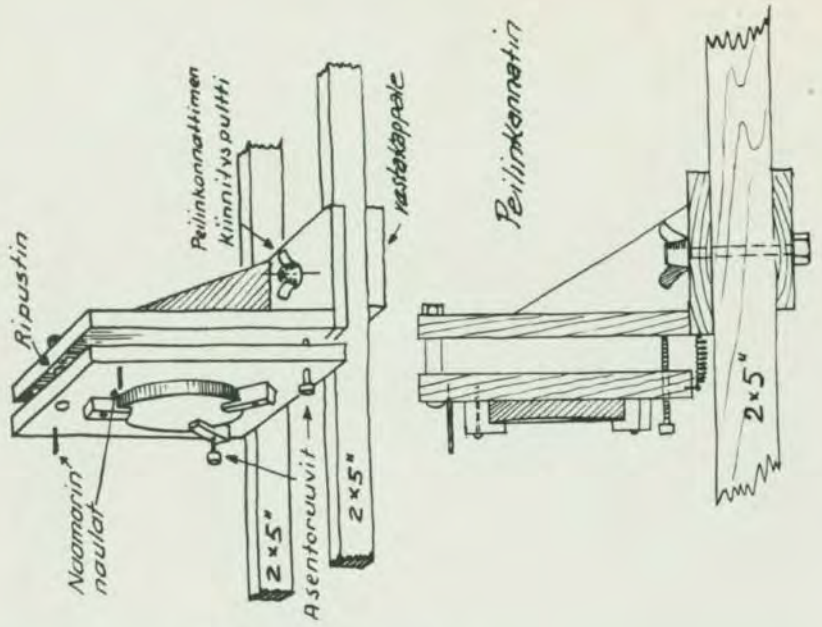
Kuitenkin, koska kierreleualla tarkan ruuvin tekeminen on epävarmaa ja yletömästi kärsivällisyyttä koettelevaa, olisi parasta sorvauttaa ruuvi ja samalla valmistuttaa sen mutteriksi kierreholkki messingistä tai pronssista suunnitteen kuvan osoittamaan malliin.

Millä tavalla ruuvimme tehtäneenkin on se ennen asentamista tarkistettava. Ruuvi kierretään holkkiinsa miltei holkkiin läpi asti. Hyvällä mausermitalla mitataan matka holkkiin pohjasta ruuvin vapaaseen päähän. Jonkin merkin mukaan kierrämme ruuvia esim. 10 kierrosta ja mittaamme jälleen. Joku ystävällinen konepajan mittamies, jolla on 1/50 mm lukeva mausermitta ja kenties kyllin iso tuhannesosia näyttävä mikrometri, olisi tässä hyvin toivottu apulainen.

Ruuvin holkista ulos tulevan osan liikkumavara saa olla n. 20 mm. Holkille porataan reikä poikkipuuhun kohtaan E hieman D-kankea korkeammalle, ja kiinnitys reikään varmistetaan esim. katalyyttiiliimalla. Vaunun ruuvinpuoleiseen päähän kiinnitetään kuvan osoittama pystylauta ja sen kylkeen liimataan pieni tasainen teräspala, johon ruuvin terävä, kärjestään pyörästetty pää nojaa. Teräspalan voi korvata peilinpallalla, jolloin sen tyhjän holkkiin läpi katsomalla voi tarkentaa ruuvin akselia vastaan kohtisuoraan. Vaunun alle sen G1-puoleiseen päähän



Kuva 20.



Kuva 21.

kiinnitetään kierrejousi, jonka toinen pää on kiinni poikkipuussa B. Se pitää vastapalan aina kiinni ruuvin päässä ja vähentää ruuvin "klappia". Ruuvin ulkopäähän on hyvä kiinnittää pieni kampli, josta pimeässäkin tuntee täydet kierrokset. Lukemarumpu on paras hankkia valmiina.

Vaunun pystyraudan yläpään oikeaan reunaan porataan reikä, johon okulaari parahiksi sopii. Partaterän taas voi kiinnittää reiän päälle parilla pienellä pikinapilla.

Valolähde ja sen edessä oleva keino-tähti voidaan järjestää esim. kuvan 21 osoittamaan tapaan. Kuvan 21 järjestely ei ole ohjeellinen, vaan valaistuksen voi järjestää muullakin tavalla ja varmaan paljon paremminkin. Kuvassa on lamppukammio, jossa on 65V 35W auton valonheitinlamppu (huom.: muuntaja!). Sen ja kondensaattorin välissä on hienoksi hiottu himmeä lasinpala noin 5—10 mm:n reiän päällä. Kondensaattori ei oikeastaan ole muuten välttämätön, mutta sen avulla saadaan kuuma lamppukammio kauemaksi mittausterästä ja samalla keino-tähden ja terän väli pienemmäksi. Mikäli aivan keino-tähden valonpuolelle voidaan sijoittaa 4—5 mm:n polttovälinen tasokupera linssi saadaan vielä parempi valaistus. Putkeen tähden taakse sijoitetaan 45° kulmaan pinta-hopeoitu pelli tai pieni suorakulmainen prisma (esim. ampumahautaperiskoopista), joka poikkeuttaa valon putken sivulla olevaan tähteen. Tähdet voidaan sijoittaa kiertyvään levyyn, jossa on kolme reikää, joiden päälle tinapaperiin puhkaistut tähdet kiinnitetään liimalla.

Kiertolevyn kaikkein pienin keino-tähti voidaan tehdä hiomalla puuvarteen kiinnitetty ohut silmäneula hyvin teräväksi hienohiottua lasia vasten. Neulaa kierretään hionnan aikana ja sen terävyyttä tarkataan voimakkaalla suurennuslasilla tai — vielä parempi —

mikroskoopilla. Lopuksi neula kiilloitetaan kiiltävällä lasilevyllä. Sileälle teräspalalle asetetaan päällekkäin kymmenkunta 7—8 mm:n levyistä tinapaperiliuskaa ja niiden peitteeksi postikortti, jonka läpi teroitettu neula painetaan kevyesti kohtisuoraan tinapaperipinoon ja nostetaan hieman pyöryttäen pois. Suurennuslasilla katsotaan tuliko reikä kaikkiin liuskoihin. Alimpaan ehkä ei tullut, mutta sitä seuraaviin varmasti. Reiän pyöreys todetaan mikroskoopilla. Käsittelemme niin monta tinapaperipinkkaa että lopulta onnistumme. Alta valaistun lasilevyn päällä suurennuslasia käytetään sijoitamme tähden kiertolevyn reikään, jonka reunat on sivelty ohuesti liimalla. Toiseen reikään sijoitamme silmäneulalla esim. lylyjylevyä vasten puhkaistun tinapaperin ja kolmannen jätämme vallan auki.

Lamppukammion nivelikäs kannatin tekee mahdolliseksi tähden sijoittamisen oikealle korkeudelle. Kannattimen rakenne on syytä tehdä paljon tukevammaksi kuin kuvassa, joka on käsiteltävä lähinnä periaatepiirroksiksi.

Optinen penkki

Tarvitsemme kaksi vahvaa, kolmi-jalkaista pukkia, joiden yläpäässä on vaakasuorassa tukeva noin 40 cm:n pituinen poikkipuu. Lisäksi tarvitsemme kaksi noin 3 metrin mittaista suoraa sileäksi höylättyä lankkua, esim. 2" x 5". Kolmijalkojen korkeus noin 90 cm. Poikkipuiden on oltava samaa lankkua, sillä pitkät lankut kiinnitetään poikkipuiden päihin niin, että muodostuu pitkä laatikkomainen kehys, jonka pitkät sivut ovat noin 1 cm päätyputta korkeammalla. Hyvin leveä, noin 50 cm:n pituinen koivulankku vielä mit-tauskoneen alle.

Kuvassa 21 on optisen penkin osaluonnoksia ja yksityiskohtia peilin kannattimen kiinnityksestä ja säätölait-

teista. Peilin kannatin voidaan pitkän pultin ja penkin sivulankkujen alla olevan poikkikappaleen avulla lukita kaarevuusetaisyyden vaatimalle matkalle mittaussvälilneestä. Penkin mitat riittävät korkeintaan 120 cm:n polttovälin testaamiseen. Pitempiä polttovälejä varten voidaan penkin sivuja pidentää tai panna kummankin kolmijalan päähän vain lyhyet sivulankut, jolloin kolmijalkojen välistä etäisyyttä voidaan mielin määrin muuttaa. Kiinteällä penkillä on kuitenkin se etu, että se pitää peilin ja mittaussvälilneen etäisyyden luotettavammin muuttumattomana. Peilin ja mittauskoneen ollessa eri alustoilla olisi kolmijalkojen tilalla käytettävä sementtipatsaita ja lattian oltava valubetonina. Tässä esitettyä penkkiä voi sensijaan käyttää missä hyvänsä.

Peilin kannattimena toimivaan lautaan on yläreunaan merkitty kaksi nau-laa tai tappa, joihin mittauksessa tarvittavat naamiot ripustetaan. Ennen peiliä kannattavien kolmen puupalikan paikalleen asettamista otamme kaksi tai kolme tukevaa kartongin tai ohuen pahvin palaa, jotka niukasti peittävät peiliä kantavan laudan. Panemme pahvit päällekkäin ja lyömme niiden yläreunaan lähelle nurkkia kaksi reikää, joihin kannaton naula sopii, ja samalla kertaa pistämme pahvien keskelle reiän, joka on keino-tähden korkeudella penkin sivulankkujen yläpinnasta. Sitten lyömme kannattomat kannatinnau-lat pahvin reikien kautta palkoilleen ja pistämme pahvien keskusreiän läpi merkin peiliin kannatinlauta-an, johon merkkiä keskipisteestä käyttäen piirrämmme peiliin ulkomittaa vastaavan ympyrän, jonka mukaan peilin kiinnityspalkit sijoitetaan. Ylimmässä palkissa on oltava pykälä, joka estää peilin keikahtamasta. Ylin palkki on tehty kierrettäväksi peiliin pois ottamista varten. Alemmat palikat eivät välttämättä tarvitse kuvassa olevia pykäläiä.

Pahvien vielä päällekkäin ollessa piirrämmme päällimmäiseen keskireiän kautta kulkevan vaakasuoran viivan ja merkitsemme sen päättymiskohdat myös alempaan pahviin, johon niiden avulla vedämme vastaavan viivan. Tälle viivalle tulevat mittaussaukkojen keskipisteet. Merkitsemme ne harpilla paritain keskipisteestä lukien seuraavasti:

Naamio n:o 1

- 1 pari, säde 20 mm.
- 2 pari, " 49 mm.
- 3 pari, " 70 mm.

Naamio n:o 2

- 1 pari, säde 30 mm.
- 2 pari, " 60 mm.

Kuhunkin vaakasuoralle näin merkittyyn pisteeseen piirrämmme harpilla sopivan ympyrän ohjaukseksi 12—14 mm:n reikäraudalle, jolla lyömme reiät kumpaankin naamioon. Yhdemukainen pyöreä reikä on silmälle helpompi kuin yleisesti käytetyt sektorin muotoiset aukot, joita luonnollisesti voimme myös käyttää.

Mittaaminen

Oletamme, että mitattavana on \emptyset 15 cm:n f/8 peili. Laskemme r^2/R kaikille naamarien säteille, jolloin r mitataan kunkin reiän keskipisteestä naamarin keskipisteeseen:

Säde	Korjaus
20 mm	0,17 mm
30 mm	0,37 mm
49 mm	1,00 mm
60 mm	1,50 mm
70 mm	2,04 mm

Nämä arvot laskettiin siis 240 cm:n kaarevuusetaisyydelle t.s. 120 cm:n polttovälille. Ylläolevat arvot etenevät peiliin keskeltä reunaan päin, mutta koska tulomme mittaamaan edestakaisin on meidän myös laskettava kukin väliporras erikseen:

20—30 mm:n väli	0,20 mm
30—49 mm:n väli	0,625 mm
49—60 mm:n väli	0,50 mm
60—70 mm:n väli	0,54 mm

Sisimmän ja uloimman reikäparin välinen yleiskorjaus on siis $2,04 - 0,17 = 1,87$ mm.

Kummankin naamarin reikien välit laskemme myös erikseen.

Lukemarumpu olisi sopivinta järjestää sellaiseen asentoon, että se kammien ollessa ylhäällä näyttää nol-laa. Suurinta valoaukkoa käyttäen asetellemme mittaussaukkojemme niin, että terä ja valoaukko ovat yhtä kaukana peilistä. Sitten kierrämme esiin isomman neulanreiän, joka parhaiten soveltuu mittaukseen. Mittauksen aikana ei peilin pintaan saa koskea.

Otamme ensin naamion n:o 1, ripustamme sen varovasti peiliin eteen ja peitämmme pahviliuskoilla muut, paitsi 70 mm:n reikäparin. Rummun edelleen näyttävässä nol-laa etsimme mittaussaukkojen koko alustaa liikutellen kohdan, jossa terä hämärtyttää ja sammuttaa molemmat reiät tasaisesti ja yhtäaikaan. Kiertämällä kallistusruuvia H edestakaisin varmistamme, että näin todella tapahtuu. Tällöin emme katso reikien kirkaasti loistavia diffraktioreunuksia vaan reiän keskusaluetta. Tällä vyöhykkeellä on lisäksi reuna, joten tarkkaamme sen sisäpuolelle jääviä reikäalueita. Tasatahtinen hämärtyminen on helpompi todeta kuin täysi pimentyminen.

70 mm:n reikäparin yhteisen hämärty-miskohdan löydyttyä jätämme vuorostaan 49 mm:n reikäparin auki. Vasta nyt käytämme lukemarumpua, jota myötäpäivään kiertäen ja samalla ahkerasti H-ruuvia säädellen haemme taas yhteisen hämärty-miskohdan, jonka luemme rummusta ja merkitsemme muistiin. Samoin menttellemme 20 mm:n reikäparin suhteen.

Sitten avaamme 70 mm:n reikäparin uudelleen ja rumpua takaperin kiertäen etsimme uudelleen sen hämärty-miskohdan. Jos rumpu silloin jälleen näyttää nol-laa ovat sekä kojeemme että arvostelukykymme erinomaisessa kun-nessa.

Jätämme rummun nol-laan ja vaihdamme peiilille naamion n:o 2. Paljastamme ensin 60 mm:n ja sitten vuorol-laan 30 mm:n reikäparit. Nekin merkityämme olemme suorittaneet mittauksemme kertaalleen "ulkoa sisäänpäin".

Tehdäksemme saman sisältä ulospäin vaihdamme naamariin n:o 1. Ko-jetta liikuttamatta, vain ruuveja säädellen haemme 20 mm:n vyöhykkeen hämärty-miskohdan ja merkitsemme rummun asennon. Kammesta oppii pian tuntemaan lähimmän kymmenesosa-millin, mutta sadasosat on syytä katsoa punaisella valolla ja suurennus-lasilla. Samoin ruuveilla haemme 49 ja 70 mm:n lukemat ja merkitsemme. Ennen naamarin vaihtoa palaamme rum-pua kiertäen 20 mm:n vyöhykkeelle ja toteamme lukemamme tarkkuuden. Naamarin vaihdon jälkeen mittaamme rummun (siis mittaruuvin) avulla sisältä ulospäin myös 30 ja 60 mm:n vyöhyk-keet. Kaikki merkittään vain rummun lukemien eikä toiveittemme mukaan.

Nyt meillä on kaksi mittaussarjaa: yksi ulos, yksi sisään. Jatkamme, kunnes meillä on esim. neljä sarjaa kum-paakin, minkä jälkeen voimme sijoittaa ne ryhmiin ja laskea kunkin asennon keskiarvot eri vyöhykkeille.

Mikäli kunkin vyöhykkeen lukemat osuvat ihannearvon kahden puolen niin, että ali- ja yllilukemat eivät yhteensä tee enempää kuin 0,10 mm rum-mulla, voimme olla aluksi tyytyväisiä ainakin sinne asti, että kerkiämme tutkimaan virheen jakautumisen. Mikäli virhe ei kasaannu reunalle, on 0,10 mm:n yleispoikkeaman omaava peili käytännössä täydellinen. Mutta, koska

rumpu lukee sadasosia, voimme jatkaa mittauksia ja samalla mittauskojeseemme tutustumista. Mikäli saamme mittausvirheen ja peilin todennäköisen virheen asettumaan 0,05 mm:n sisälle ihanearvoista, on meillä peili, joka ei ainoastaan kestä suurimpia käytännöllisiä suurennuksia, vaan kaikki ylisuurretkin. Sellainen peili on aarre heikkoja kontrasteja havaittaessa.

Peilin viereen sen kannatinlevylle ripustettu lämpömittari on hyvä olemassa. Lämpötila ei testaukseltaan vuorokauden aikana saisi paljoa vaihdella. Testauksen edellä se ei pariin tuntiin saisi muuttua 2° C enemmän. Lämpötilan tarkkailua on hyvä harrastaa jatkuvasti ja pitää siitä kirjaa. Peilin mittausta jatkamme ainakin viikon ajan, jolloin joka päivä yritetään saada ainakin pari sarjaa aikaan.

Tietysti voimme käyttää edellisten lisäksi vielä lisänaamareitakin, joltten reiät paljastavat muos e.m. naamareitten piiloon jättämät peilin osat, mutta mikäli pinta ilman naamareita rummun ollessa 49 mm:n vyöhykkeen asennossa näyttää vyöhykkeettömältä ei se juuri kannata. Graafinen esitys peilin tilasta voi olla hyödyksi edullisinta korjaustapaa määriteltäessä. Merkitsemme millimetripaperille x- ja y-akselit. X-akselille merkitsemme peilin vyöhykkeet todellisina mittoina ja y-akselille kutakin vyöhykettä vastaavat lukemat esim. siten, että yhtä korjauksen millimetriä vastaa 20 mm y-akselilla. Tarkkaavaisen lukijan huomiota lienee herättänyt 20 mm:n reikäparin sisälle jäävä keskusalue. Sen tutkimme näin: kun sisäänpäin mitatessamme olemme saapuneet 20 mm:n reikien yhteiseen hämärtyiskohtaan, otamme naamarin pois ja katselemme vain peilin keskusta. Kierrämme rummun ruuvia sisäänpäin loput 0,17 mm. Mikäli keskus nyt terällä leikattaessa näyttää aivan lattealta, ovat asiat hyvin.

Jos keskellä on noin 1—2 cm:n läpimittainen kuoppa, jätämme sen rauhaan, sillä se tulee melko tarkoin peittymään apupeiliin varjoon. Vastaavan kukkulan ilmetessä voimme leikata sen pois punaan kastetulla sormenpäällä. Sormi leikkaa tavattoman nopeasti, joten saamme helposti kukkulan tilalle syvän loven. Kenties — varovaisuuden vuoksi — on parasta unohtaa kaikki, mikä peittyy apupeiliin varjoon.

Saatuamme peilin lukemat niin lähelle oikeita arvoja kuin kärsivällisyytemme tällä kertaa sallii voimme vaikka hiukan leikkiäkin. Otamme puhtaan silkkipaperin ja panemme pari sormenpäästä sen eristämistä peilin pinnalle 5—10 sekunnin ajaksi parin sentin päähän sen reunasta. Kun nyt katsomme terän takaa näkyvät sormien lämmön aiheuttamat kuplat selvästi. En tiedä onko niiden korkeus 1/100000 vai 1/1000000 mm:n kerralukua, mutta kovin suurta luokkaa ei noin heikon lämmityksen aiheuttama laajeneminen missään tapauksessa saattane olla. Vaihtelemalla terän asentoa voimme seurata kuhmujen häipymistä puolenkin tuntia. Tämä havainto vakuuttanee meidät siitä, että kiillotettavaa pintaa ei saa sormin kosketella. Sitten panemme peilin eteen johdelankuille laudan tai pahvin ja sen päälle taskusta otetun ävännipun tai tulitikkulaatikon. Terän takaa näemme hätkähdyttävän selvästi esineestä nousevan lämpimän ilmapatsaan. Takataskusta otettu lompakko saa alkaen todellisen pyörremyrskyn. Kenties päätämme käsitellä naamio-pahveja tästä lähtien vain yläreunoihtaan.

Okulaarikoe

Käytämme tähän 6—10 mm:n positiivista okulaaria ja pienintä neulanreikäämme. Tarkennamme tähden kuvan. Parhaan tarkennuksen asennosta hieman peiliin päin pitäisi tähden ym-

pärillä näkyä yksi tai kaksi ohutta taipumisrengasta, tarkennusasennosta ulospäin taas monta, sitä useampia mitä kauemmas menemme. Tarkennuspisteen sisäpuolella on sisin rengas voimakkaampi, ulkopuolella taas uloin rengas voimakkain ja renkaat heikkenevät keskellä olevaa tähden kuvaa kohti. Renkaitten selvä näkyminen riippuu kokonaan mittausta paikan ilman liikkumattomuudesta. Jos olemme juuri käyneet poistamassa naamarin peilistä on meidän istuttava ainakin 10 minuuttia mittauskoneemme takana ennenkuin renkaitten liikkeet rauhoittuvat. Niiden on rauhoituttava, sillä tällä kokeella ratkaisemme lopullisesti sen, onko peilimme kenties astigmaattinen. Jos ulospäin ruuvilla kierretäessä tähden ympärille ilmestyy ensin yksi ja sitten useampia täysin pyöreitä renkaita voimme olla erittäin tyytyväisiä. Peilissä ei ole astigmatismia. Toisaalta jo 1/10 valoallon suuruinen astigmatismi vetää renkaat selvästi soikeiksi.

Mikäli astigmatismia esiintyisi, olisi meidän tehtävä uusi pikialusta entistä kovemmassa piestä ja kiillotettava pei-

liä sen päällä lyhyin liikkein. Alustan ympäri astelemisen ja peilin kiertymisen käsissä tulee tällöin tapahtua erittäin säännöllisesti. Pitkät kylmäprässit ovat erittäin tarpeellisia. Vasta kun astigmatismi on näin saatu voitetuksi, pääsemme muovailemaan peilimme uudelleen.

Jäikivisausta

Peilimme syvyysero pallosta paraboloidiin on noin 1/2 valoallonpituutta. Pyrkimyksemme 1/8—1/6 valoallon pintatarkkuuteen ei siis ole ollenkaan mahdotonta. Suuret optiset tehtaat mainostavat kaukoputkiensa 1/8 valoallon tarkkuutta, toisaalta taas väittää joku planeettahavaintoja 1/16 valoallon virheen olevan häiritsevän. Nähdäkseni tämä riippuu virheen sijainnista. Jos siis joku onnistuu tekemään apupeiliin varjoon ilmireiän tai kuusituumaisen kukkulan, voi kaukoputki siiltä toimia hyvin. Mikään mittauskone ei korvaa hyvällä säällä suoritettuja tähtihavaintoja peilin hyvyyden lopullisessa arvostelussa.

II. APUPEILI

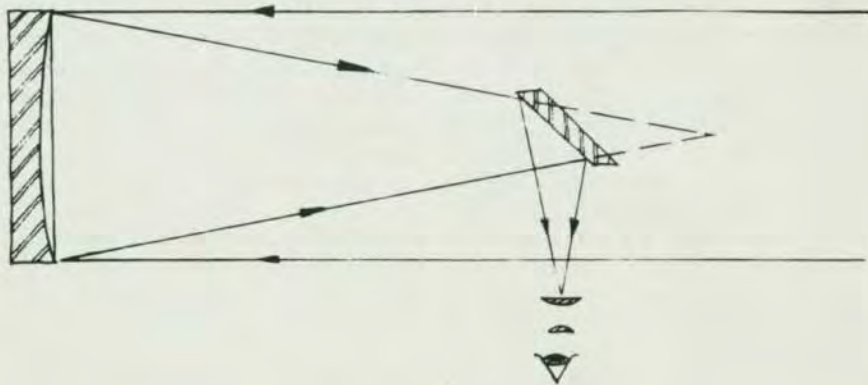
Newton-mallisessa peilikaukoputkessa, jollaista nyt teemme, on okulaarin kohdalla pääputken keskellä pieni tasopeili 45° kulmassa pääpeilin optis-

ta akselia vastaan. Sen tehtävänä on poikkeuttaa suppeneva sädeklomppu okulaariin. Rakenteen yleispiirteet näemme kuvassa 22.

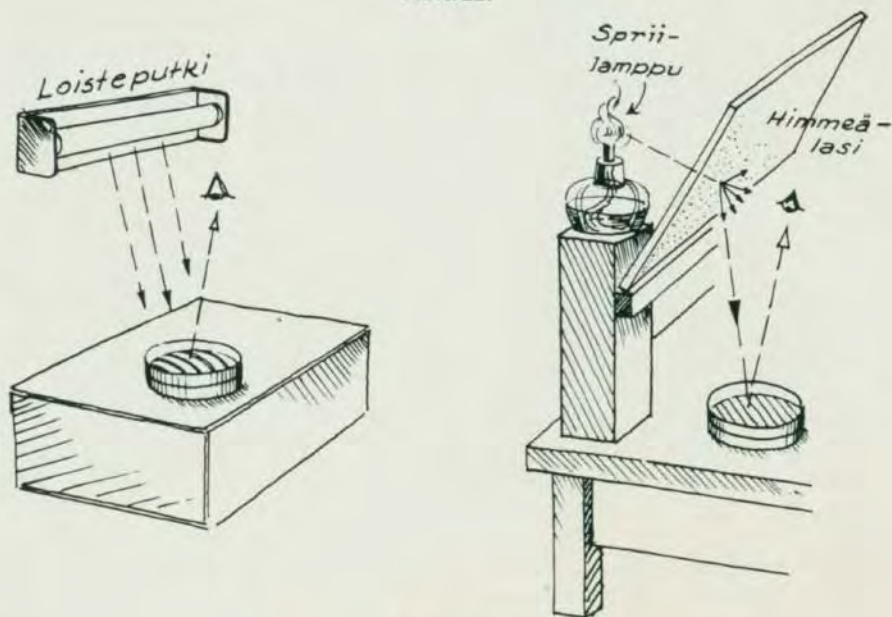
Apupeiliä tehdessämme tarvitsemme vähintään 3 mieluummin 4 8–10 cm:n läpimittaista 8–10 mm:n paksusta hiotun peililasin kappaletta. Vedetty lasi ei kelpaa. Lasit ostamme pyöreinä ja hiomattomin reunoin.

a) hätäkelno

Lasitehtaassa hiottu peililevy on paikka paikoin melko hyvää tasoa. Huopakiihlotuksen ansiosta siinä kuitenkin on runsaasti mikroskooppista



Kuva 22.



Kuva 23.

aaltoilua, joten mitään hyvää optista tasoa se ei edusta. Hyvin tasainen pala voi kuitenkin palvella kaukoputkessa, kunnes ehdimme tehdä paremman apupeilin.

Otamme kolme kiekkoa ja merkitsemme niiden puhtaimmat pinnat reunan lohkopintaan kiinnitetyllä liimapaperipalalla niin, että ensimmäinen on A, toinen B ja kolmas C. Kuhunkin paperipalaan merkitsemme vielä nuolen tietääksemme mikä pinta on tutkittavana.

Jokainen valokuvauksen harrastaja on suurennustyössä tutustunut eräaseen interferenssi-ilmiöön, n.s. Newtonin renkaisiin. Juuri tätä ilmiötä käytämme tasopintojen tutkimiseen. Valolähteeksi kelpaa loisteputki tai vaikkapa sprillamppu, jonka sydämeen on hierottu keittosuolaa, jolloin saamme siitä natriumviivan valon. Kokeen järjestely näkyy kuvasta 23.

Puhdistamme lasilevyjen merkityt pinnat hyvin. Pinta on puhdas, jos sille henkäistäessä muodostuu tasainen, laikuton ja tasaisesti haihtuva tiivistymä.

Asetamme ensiksi A-pinnan B-pintaa vasten. Alustaksi kelpaa pöydällä oleva tumma imupaperi tai musta valokuvapaperin kääre. Painamme A-kiekkoa keskeltä varovasti peukalon kynneillä, kunnes alamme nähdä lasien välissä valoisia ja tummia renkaita tai viivoja. Ne voivat olla loisteputkea käytettäessä heikosti spektrin värisiäkin. Lopetamme painamisen ja tarkkaamme viivoja mahdollisimman läheltä lasiin lankeavan valon lähdeä, jonka tulisi olla noin 70 cm:n päässä lasista tai vieläkin kauempana. Jos näkemämme viivat ovat suoria tai tasaisesti kaartuvia voimme jatkaa koetta. Keskeltä painamalla voimme ehkä keskistää tumman laikun ja nähdä sen ympärillä vuoroin valoisia vuoroin tummia renkaita. Siirtämällä painamiskohtaa reunalle

päin tapahtuu toinen seuraavista ilmiöistä: 1) renkaitten keskiö seuraa mukana reunalle = pinnat ovat toisiinsa nähden kuperia, tai 2) renkaitten keskiö pakenee painamiskohtaa = pinnat ovat toisiinsa nähden koveria. Mikä niistä on mitäkään, sen saamme tietää vasta kokeen lopussa.

A:n ollessa B:n päällä houkuttelemme keskiön reunalle. Rautalangasta taivutettuun viulunjousen muotoiseen kehykseen kiristämme jänteeksi ohuen nylonlangan. Laskemme sen A:n selkäpuolelle kuvan 24 osoittamalla tavalla ja katsomme montako kaarta se leikkaa. Jos nyt lanka valoisan (tai tumman) kaaren päästä päähän asetettuna ei missään kohdassa leikkaa toista samanlaista kaarta, on meidän arvioitava tai mitattava kuinka kaukana lanka on kummastakin lähinnä toisistaan olevasta kaaresta. Oletamme nyt, että lanka kiekon keskellä sivusi seuraavaa kaariviivaa. Renkaitten keskiö seurasi painamiskohtaa, siis lasit A ja B ovat toisiinsa nähden kuperat. Saamme yhtälön

$$A + B = +1 \text{ viivaa}$$

Sitten sijoitamme B:n C:n päälle, havaitsemme paineen aiheuttaman liikesuunnan sekä katsomme langalla. Ehkä se tässä näyttää esim. 6 viivaa kuperaa, joten

$$B + C = +6$$

Samoin kokeilemme A:ta C:n päällä ja saamme esim. 3 viivaa kuperaa, siis

$$A + C = +3$$

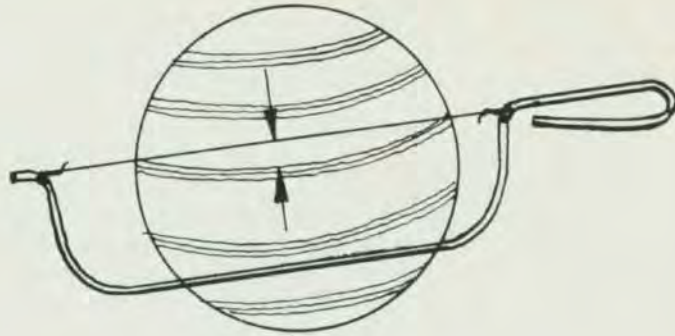
Kaikkiaan meillä siis on yhtälöt

$$A + B = +1$$

$$B + C = +6$$

$$A + C = +3$$

Ensimmäisestä yhtälöstä ratkaisemme B:n = 1-A ja sijoitamme toiseen yh-



Kuva 24.

tälöön, jolloin meillä on kaksi yhtälöä $A - C = -5$ ja $A + C = +3$,

joista edellisestä otamme $A:n = C - 5$ ja sijoitamme sen kolmanteen yhtälöön, josta saamme $2C = +8$: $C = +4$. Jatkamalla sijoittelua saamme lopulta:

$$A = -1) B = +2 \text{ ja } C = +4.$$

Koska jokainen valoallonpituus saa aikaan kaksi Newtonin rengasta voimme tulkita nämä valoallonpituuksina näin:

$A = -1$ viivaa (1/2 aallonpituuden koveruus)

$B = +2$ viivaa (yhden aallonpituuden kuperuus)

$C = +4$ viivaa (kahden aallonpituuden kuperuus)

Varminta on vielä kokeilla toteutuvatko yhtälöt saamillamme $A:n$, $B:n$ ja $C:n$ arvoilla, sillä algebra unohtuu helposti.

Tällä kertaa meitä onnisti, sillä tällainen hätäapupeilikään ei saisi olla enempää kuin 1/4 valoallonpituuden verran virheellinen. Jos koko 10 cm:n läpimittaisen A-kiekkon pintavirhe oli puoli aallonpituutta, niin esim. sen keskeltä leikatun 5 cm:n läpimittaisen palan virhe olisi 1/4 aallonpituutta.

Meidän on välillä tarkasteltava apupeilin kokoon vaikuttavia tekijöitä.

Päapeilin läpimitta on 15 cm. Sen ympärille putkeen on jäätävä noin 2 cm:n levyinen tyhjä tila, joten putken sisäläpimitaksi tulee vähintään 19 cm. Peilistä tuleva sädekimppu on katkaistava apupeilillä niin, että peilin taivaankappaleesta (siis n.s. äärettömältä etäisyydeltä) tekemä kuva tulee ainakin 2 1/2 cm putken kyljen ulkopuolelle. Puolet putken läpimitasta on 9 1/2 cm, johon lisätään 2 1/2 cm = 12 cm. Sen verran siis apupeili katkaisee peilin polttovälistä, josta 12 cm on kymmenes osa. Pistemäisen tähden ympyrä on sillä etäisyydellä peilistä 1/10 peilin läpimitasta eli 15 mm. Kuun läpimitta 120 cm:n polttovälin kuvatasossa on runsas 10 mm. Jos pidämme Kuun halkaisijan laajuista näkökenttää minimivaatimuksena, saamme ellipsin muotoisen apupeilin pikkuakseliksi 15 mm + 10 mm = 25 mm. Ison akselin saamme kertomalla tämän luvun vakioilla 1,41, joten se siis on noin 35 mm.

A-kiekkomme tarkkuus siis riitti hätäapupeiliin.

b) parempi kelno

Askeinen vertailu antoi meille yhden pinnan, jolla on -1 viivan virhe, siis puolen aallonpituuden koveruus. Jätämme sen syrjään vertailukappaleeksi, jonka virhe tunnetaan. B-kiekkon virhe, yhden aallonpituuden kuperuus, on

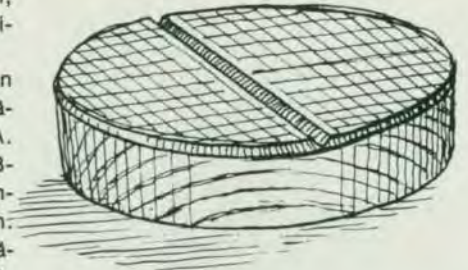
sellainen, että se voidaan korjata kiillottamalla. Teemme jollekin tasaiselle puukiekkolle kovanlaisen pikialustan, johon laitamme vain yhden epäkeskisen uurteen (kuva 25).

Pelitämme punalla sivellyn alustan muovisella sääskiverkolla ja kylmäprässäämme sitä yli yön kiekolla A. Seuraavana päivänä kiillotamme B-kiekkoa alustan päällä pari tuntia vaihtelevin, korkeintaan 1/3 työnnöin. Aluksi, märkää uusiessamme, kylmäprässäämme pari kertaa kiekolla A, myöhemmin vain kiekolla B. A-kiekkon puhdistamme perusteellisesti. Asianmukaisen puhdistuksen ja jäähdytys-tauon jälkeen kokeilemme A-kiekkoa B:n päällä tai päinvastoin. Mikäli B on A:n päällä on sen, jotta B olisi taso, osoitettava yhden viivan koveruutta niin tarkoin kuin suinkin. B:n reunat kääntyvät kyllä kiillotuksessa, mutta muistanemme tarvitsevamme siitä vain pienen palan keskeltä. Näin käsitellystä pinnasta polstuu huopakiihlotuksen jälki niin, että voimme pitää sitä optisena pintana.

c) paras kelno

Tarvitsemme yhden 150 mm:n läpimittaisen lasikiekkon lisää, toisena voimme käyttää vanhan hioma-alustakiekkomme selkäpuolta. Leikkaamme tai leikkautamme 8—10 mm:n paksuudesta hiotusta peilliasista kaksi suorakaiteen muotoista kappaletta, joiden tulee olla pituudeltaan runsaan senttimetrin ja leveydeltään puolen senttimetriä suuremmat kuin aiottu apupeili. Asettelemme ne irtaalleen toisen kiekkomme keskelle ja täytämme niiden ympäristön sopivan muotoisilla samasta lasista leikatuilla kappaleilla (kuva 26).

Saatuamme niistä kiekon sopivasti täyteen (välit noin 1—2 mm) hiomme niiden selkäpuolet kiekkoa vasten hiomeiksi. Tähän käytämme vanhan alus-



Kuva 25.

takiekkomme selkäpuolta. Tämän kiekon lämmittämme vedessä puupallikoitien päällä hitaasti niin kuumaksi, että käsi ei enää kärsi viipyä vedessä. Samalla sulatamme pienessä mukissa pienen määrän paraffiinia, johon sekoitamme puoleksi mehiläisvahaa. Kulvaamme lämpimän kiekon hyvin, panemme sen paksun sanomalehden päälle ja sivelemme sulaa vahaa kiekon tasaiselle puolelle ohueksi kerrokseksi, johon painamme ensin apupeilien alhiot himmeä pinta edellä ja sitten täytepalat, kaikki samoin lämmitettyinä. Uuden kiekon kiinnitämme hiomapöytä alustaksi siten, että saamme sen tarvittaessa helposti irti, esimerkiksi kolmikantaan asetetuilla puupallikoilla ja kiillalla. Se vaihtoehtohan mainittiin jo pääpeilin karkeaa hiontaa valmisteltaessa. Jonnekin sivuun sijoitamme puukiekkolle tehdyn pikialustan, jossa on vain yksi epäkeskinen uurre. Piki saa olla melko kovaa.

Kokoon kitatun hiomakappaleen jäähdytyttyä aloitamme hionnan lyhyin liikkein n:o 500 jauheella. Kun kaikki hiomakappaleemme palat ovat himmentyneet tasaisesti, puhdistamme sen hyvin vedellä ja kankealla pensselillä niin, että raoista lähtee kaikki hiomajäte. Hiomme muutamia märkiä n:o 800:lla ja sen jälkeen 1 tunnin liet-

teellä. Irrotamme hioma-alustakiekon, jonka puhdistamme hyvin puhtaaksi ja käytämme sitä kylmäprässiväliseenä piklalustan tasoltamiseen. Puna ja hyttysverkko ovat tässä tarpeen. Sitten kiillotamme hiomakappalettamme kunnes peilialhiot kiiltävät niin paljon, että voimme testata niitä A-kiekollamme tai — vielä paremmin — sen päällä kokeilulla sopivan kokoisella lasinpalalla. Havainnon perusteella ratkaisemme ovatko peilialhiot koveria tai kuperia. Jos ne ovat kuperia ja virhe ei nouse päälle kahden viivan, voidaan virhe korjata kiillottamalla hieman pitemmin liikkein. Samansuuruinen koveruus voidaan myös korjata kiillottamalla, mutta silloin on hiomakappale kiinnitettävä pöytään ja alustaa liikutellaan sen päällä. Jos virhe on suurempi palaamme hiontaan 1 tunnin lietteellä. Tällöin huomioidaan koveruus ja kupeisuus aivan samoin kuin e.m. kiillotuskorjauksessakin.

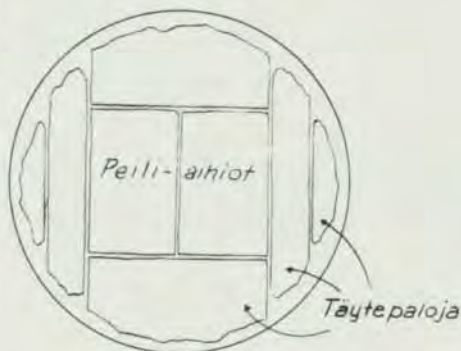
Välillä tietysti kiillotamme sikäli, että saamme peilialhiottemme pinnan muodon selville. Noin viivan kuperuuteen tai koveruuteen päästyämme jatkamme kiillotusta loppuun saakka. Silloinkin on hyvä välillä antaa työn jäähtyä ja katsoa peilien muodon kehittymistä. Tällä tavoin voimme saada apupeilimme niin tarkoksi kuin haluamme. Tolsenhan vain tarvitsemme, toista voimme ehkä tulevaisuudessa käyttää johonkin muuhun tarkoitukseen. E.m. nylonlankaa ja läpinäkyvää vliivotinta käyttäen voimme päästä 1/10 valoallon tarkkuuteen, joka riittää erinomaisesti ja tekee oikeutta apupeilimme kyvyille.

d) Apupeilin leikkaaminen

Suunnikkaan muotoisen apupeilin ulkosyrjät voimme hioa käsin tasaista lattarautaa vasten. Hioma-aineeksi kelpaa n:o 220 ja 380 sekä vesi. Veden sijasta on kyllä edullista käyttää raakaa

tärpättiä, mutta tärpättiä sisältäviä rättejä ja paperitulloja ei saa jättää nurkkiin eikä roskakoreihin makallemaan. Itsesytytysvaara! Tasopuolen kapea reunaviiste on hiottava joutilasta lasinpalaa vasten n:o 500:lla. Lyhyet sivut hiotaan viistoiksi kuvan 27 mukaan lattarautaa vasten.

Tällainen suorakaiteen muotoinen apupeili, jonka lyhyet sivut on viistetty 45° kulmaan, on mielestäni täysin hyvä, mutta se varjostaa pääpeiliä



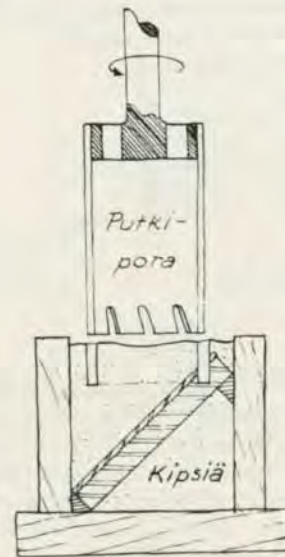
Kuva 26.



Kuva 27.

enemmän valoa kuin ellipsin muotoinen apupeili. Myös valon taipumisilmiöiden suhteen ellipsi on edullisempi. Sen projektio pääpeiliillä on silloin ympyrä.

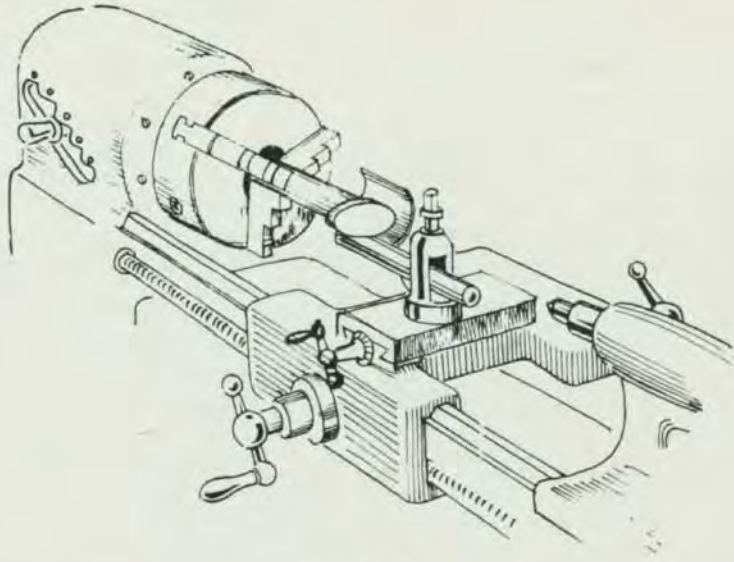
Ellipsin muotoisen apupeilin saamme leikkaamalla sen esim. putkiporalalla. Siksi kelpaa pehmeä, 1—1 1/2 mm:n seinävahvuuden omaava messinki-, kupari- tai rautaputki, jonka sisämitta on millin verran aiotun peilin pituus. Peilialhiolle tehdään pieni laatikko, johon se voidaan tukea 45° kulmaan poraputken suuntaan nähden (kuva 28). Laatikon ollessa kallellaan täytetään sen peilin selkäpuolelle jäävä osa kipsiveliillä ja peili, jonka pintaan on kovalla piellä kitattu ikkunalasi suojaksi, painetaan paikoilleen sille varattuun tukia vasten. Putkiaineen kappale tuetaan nyt laatikon yläosaan niin, että sen läpi tähdätyn suunta peiliin on oikea. Peilin



Kuva 28.

ja vaseliinilla hyvin voidellun putken ollessa paikoillaan täytämme myös laatikon yläosan kipsillä. Parin päivän kuluttua nostamme putken pois. Se tai vastaava putki kiinnitetään sopivaksi sorvatulla tuurnalla pylväsporakoneeseen, jonka nopeus säädetään n.200—300 kierrokseen minuutissa. Syötämme reikään vettä ja n:o 220 carboa. Laatikko on luonnollisesti tuettava niin, että sen reikä täsmää putken kulkusuuntaan. Poran syöttöviivun on oltava hyvin herkkä. Mikään automaattisyöttö ei tule kysymykseen! Annamme putken hyvin heikosti painaen leikata parin sekunnin ajan, sitten nostamme, että uutta vettä ja hioma-ainetta pääsee putken reunaan, ja painamme taas pari sekuntia. Välillä on hyvä kokeilla leikkuureunan lämpöä kormella. Se ei saisi tunnettavasti kuumentua. Siksi sitä utterasti nostellaan ja huolehditaan siitä, että vetää ja hioma-ainetta on runsaasti tarjolla. Poraaminen saattaa kestää pari tuntia, jopa enemmänkin. Sen lähetessä loppuaan puhdistamme reiän haalealla vesisuihkulla ja sitten poraamme varovasti loppuun. Heti peilin taustan puhjettua on pora nostettava pois, muuten voi valvalla tehty peili vahingoittua pahasti. Laatikon purkamisen jätän peilimestarin ratkaistavaksi.

Toinen, minua enemmän miellyttävä keino on panna sorviin koivuinen tuurna, joka sorvataan hieman aiottua peilin pituuspuolelta ohuemmaksi ja leikataan hienolla sahalla päästään 45° viistouteen. Tähän vinoon päähän kitataan peilialhio hartsipitoisella piellä lujasti kiinni, samoin peilin päälle suojalasi. Sorvia käsin kiertämällä katsotaan, että viimeisteltyä pintaa ei mene hukkaan. Teränpitimen kiinnitetään kaareva, pehmeä rautalevy (kuva 29), joka teränpitimen ruuvia varovasti kiertäen ja raudalle carboveliä syöttäen saatetaan pyörivää peiliä lähelle niin, että peilin



Kuva 29.

Äärimmäiset nurkat alkavat sitä kevyesti raapia. Raapimisen vaimentuessa lähennetään kaarevaa rautaa taas aavistuksen verran. Välillä odotetaan raapimisen vaimenemista ja taas kierretään syöttöruuvia. Kiire ei auta: liian nopeasti suoritettu syöttö vain lohkaisee peilin irti pikikiinnittimestään. Car-

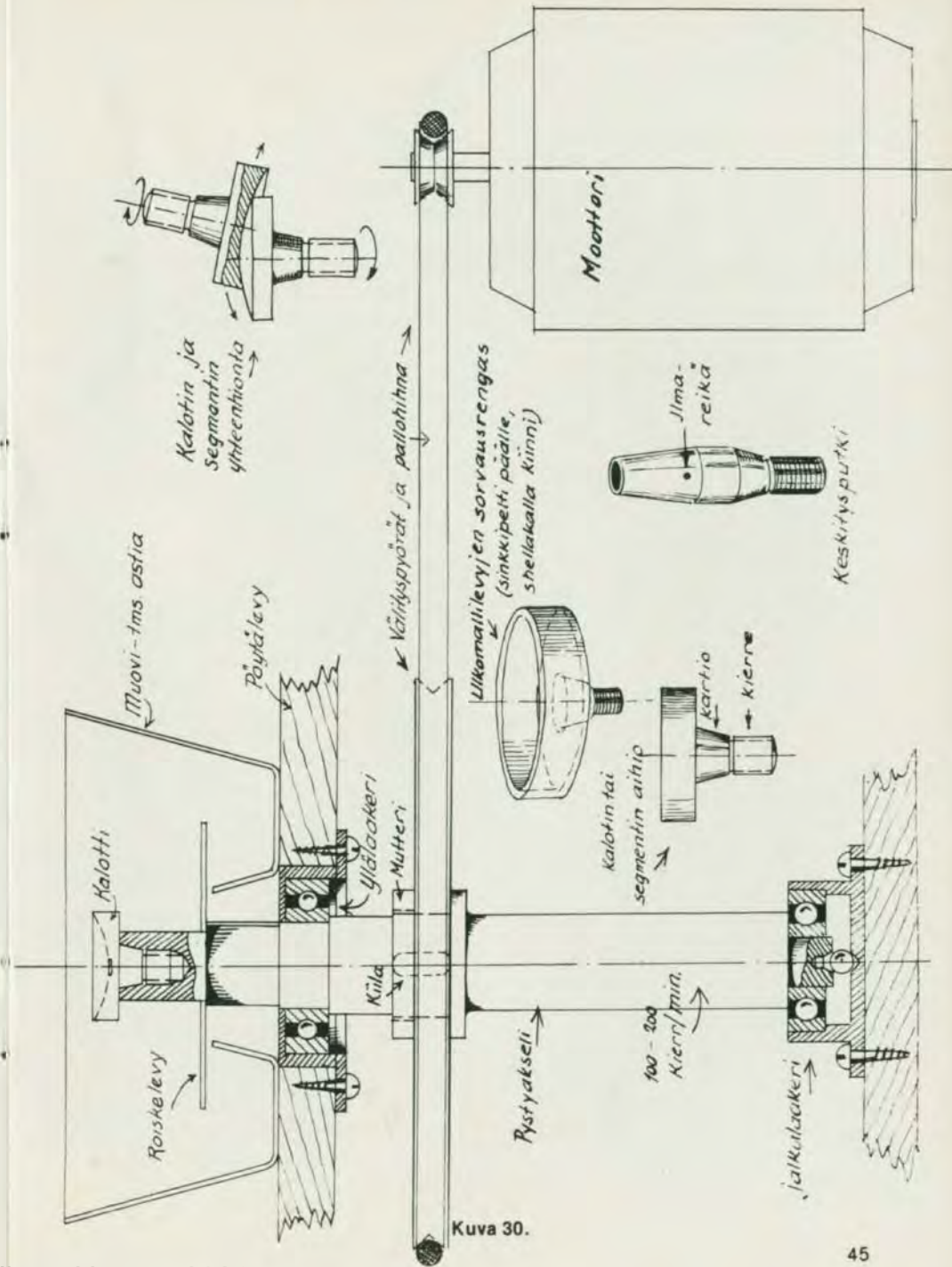
bovelliä on lusikoitava jatkuvasti ja sorvin johteet suojattava vaikkapa kelmulla. Roiskesuojina voi käyttää sopivasti asetettuja pahvinkappaleita.

Suojalasi liotetaan irti tinnerissä, tärpätissä tai bensiinissä. Peilin reunaviiste hiotaan lasia vasten hyvin hienolla hioma-aineella.

III. HIEMAN OKULAAREISTA

Isoja kappaleita noin tuuman läpimitasta ylöspäin voimme hioa käsin samoin kuin peillejäkin, mutta okulaarilinsseihin on edullisinta käyttää yksinkertaista hiomakonetta, jonka hiomakalottia pyörittävä pystyakseli saa tehdä noin 100—200 kierrosta minuutissa. Akselin yläpäässä on oltava joko kierre-

tai kartiopinta kalottien ja niiden raakakappaleitten kiinnitystä varten. Ohelnen luonnos (kuva 30) ei ole mitoitettu, mutta antaa silti tarpeellisia vihjeitä. Laakereina on parasta käyttää kuulalaakereita. Ompelukoneen hihna ja 5 mm:n vanerista kolmeen-neljään kerrokseen liimatuista kiekkoista kotut hih-



Kuva 30.

napyörät kelpaavat mainiosti. Mikäli moottorin vauhti on kovin suuri voi väliakselina käyttää esim. polkupyörän etunapaa, jolloin välityspyörien läpimitat elvät kasva mahdolltomiin.

Kalotti- ja vastaavat segmenttialhiot on tehtävä sorvilla tai teetettävä sorvalla messingistä valmiilla kierre- tai yhdistetyillä kierre- ja kartiovarrella varustettuina. Kaarevuusmallit voimme koneellamme sorvata itse ohuesta sinkkipellistä. Koveran kalotin mallilevyn pyöreä aihio leikataan pellistä hie-man aiottua suuremmaksi ja kiristetään ruuvilla akselin päähän. Sorvaus toimitetaan terotetulla viilanpäällä tai kolmi-kulmakalvalmella, jota tuetaan koneen yli tilapäisesti kiinnitettyyn palkkiin. Voimakoneeksi kelpaa mikä hyvänsä valovirralla pyörivä, esim. ompelukoneen tai kassakoneen moottori tms.

Kalottialhion kierrämme kiinni akselin päähän ja sorvaamme teroitettua viilan päätä käyttäen ja sitä poikkipalkkiin tukien koveruuden, joka kokeillaan pyöreällä mallilevyllä. Sitten tarvitsemme 5—6 cm:n läpimittaisen kuppimaisen apukappaleen, joka voidaan kierreellä kiinnittää akselin päähän. Sen tasaiseen yläreunaan kiinnitämme kuumentaan kuivalla shellakalla tai pienillä ruuveilla ohuen sinkkilevyn, johon sorvaamme keskelle aukon, jonka läpimita on sama kuin pyöreän mallilevyn. Tämän n.s. ulkomallilevyn leikkaamme lehtisahalla kahteen osaan. Ulkomallilevyä mittana käyttäen sorvaamme nyt toiseen aihioon vastaavan kuperuuden. Näin saadun kuperan segmentin pyöriessä koneessa hiomme sen ja koveran kalotin yhteen vettä ja n:o 150 smirge-liä käyttäen. Koveraa kappaletta on liikuteltava ja kierrettävä sormissa aivan kuin peiliä hiottaessa. Väliillä puhdistamme kappaleet ja tarkastamme mallilevyllä. Jos säde näyttää lyhenevän vaihdamme koveran kappaleen koneeseen. Suunnilleen samat lait kuin pei-

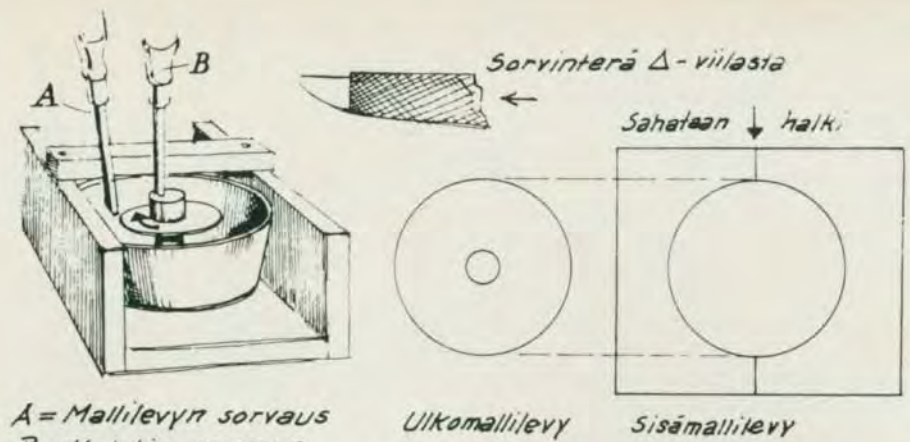
lissä pätevät tässäkin: kuperan ollessa alla vaikuttavat pitkät työnnöt sädettä lyhentävästi, koveran ollessa alla taas pidentävästi. Hionnan väliillä pistämme pyörivän kalotin keskiöön matalan syvennyksen, noin 1/20 kalotin läpimittasta. Samoin teemme segmentille. Väliillä on syytä seisauttaa kone ja hioa käsin ja tunnustella siten kappaleitten yhteen soveltuvuuden kehittymistä.

Teemme nyt kokeeksi pari lähes tasokuperaa linssilä, kummankin polttoväli noin 30 mm. Yksinkertaisille linseille riittävä tarkkuus saadaan seuraavilla peukalosäännöillä:

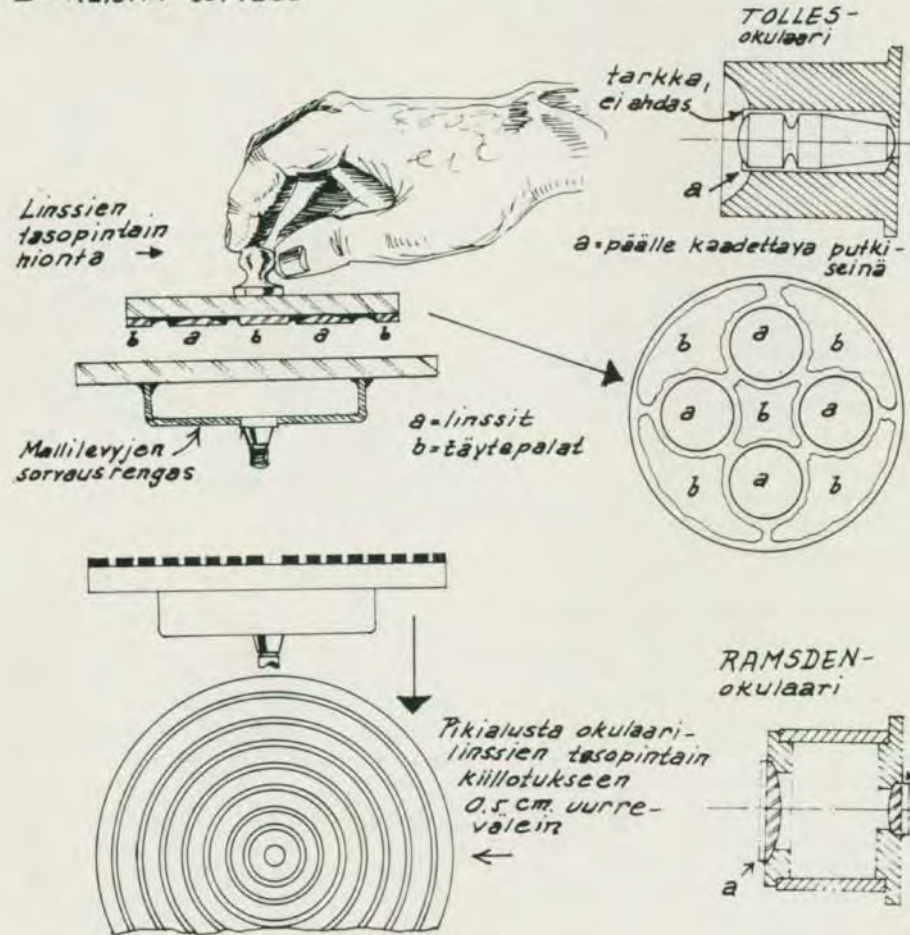
Säde = r, tasokuperan linssin polttoväli = 2r. Vastaavalla säteellä kaksoskuperaksi tehdyn linssin polttoväli = r.

Sorvaamme mallilevyt 10 mm:n säteelle, joten pyöreän mallilevyn läpimitta on 20 mm ja vastaavan koveran mallilevyn reikä ennen kahtia sahaamista myös 20 mm, sekä sorvaamme ja hiomme niiden opastukselle sekä kalotin että segmentin. Jos käytettävissä on hyvää optista lasia leikkaamme ahiomme siitä. Ellei ole otamme vanhan silmälasilinssin, n.s. bi-lasin, jonka keskustan paksuuden olisi oltava vähintään 3 mm, ja jaamme sen kahtia timantilla tai leikkuurummulla. Koe-tamme saada kaksi 12—13 mm:n läpimittaista kiekkoa. Likimääräisen ympyrän muovailuun soveltuvat hohtimet, jolten leukojen reunalla varovasti haukkailen lohkomme lasit ympyräiksi.

Tarvitsemme kaksi alumiiniputki- tai puuvartta, noin 8—10 cm:n mittaiset. Tasaiseen päähän sekä lasia että vartta kuumentaan kittaamme lasiaihion lu-jasti hartsipitoisella piellä. Kumpikin kiinnitetään eri varteen niin, että lasin naarmuton puoli tulee vartta vasten. Varren lasin puoleinen pää ei saa ylittää 10 mm:n läpimittaa.



A = Mallilevyn sorvaus
B = Kalotin sorvaus



Kuva 31.

Tavallisella vesitahkolla siiltämme lasien reunoja ja leikkaamme hiottavia pintoja hieman kuperiksi.

Karkean hionnan voimme aloittaa n:o 320 carbolla ja siiltää lasit 1 min., 10 min. ja 30 min. lietteillä. Jokaisen asteen välillä vaihdamme koneeseen vastakappaleen, segmentin, ja hiomme kalottia tarkastuksen vuoksi sitä vasten kulloinkin menossa olevalla asteella. Sitten vasta puhdistamme kalotin ja segmentin ennen seuraavaa astetta. Kapea, pehmeä smirgelikangasliuska poistaa kalottista edellisen asteen jyvät, ja sen jättämän pölyn pyyhimme pois paperinenäliinalla. Koko hionnan ajan keinutteleme ja kierrämme linsialhioita niin, että ne eri asennoissaan säilyttävät kontaktin pyörivään kalottipintaan. Hienoimmassa asteessa ja jo ennen sitäkin pyrkii linssi helposti kiiltämään keskeltä. Märät on pyrittävä ottamaan hyvin lyhyiksi, sillä kiilto on tässä vaiheessa liian aikainen ilmiö ja vääristää linssin pinnan.

Kun pinta on kiillotuskelpoinen ja naarmuton, puhdistamme kalotin, otamme sen irti, kuumennamme ja panemme siihen murusen hartsipitoista pikeä. Kalottia kallistelemalla juoksumme pien sille tasaiseksi kerrokseksi. Sitten panemme sen koneeseen ja annamme sen pyöriä kunnes jäähtyy. Sitten sorvaamme sen erittäin varovasti kaapien niin, että keskelle jää noin millin lovi ja reunan ja keskuksen välille ainakin yksi kapea uurre metallipohjaan asti. Voltelemme pien vahvalla kiillotuspunan ja veden seoksella, panemme linssin päälle ja vasta sitten käynnistämme koneen. Pikialusta ei nyt saisi pyrkiä itse heiluttamaan linssiä sivusuunnassa. Mikäli tällaista oma-alotteista heiluntaa esiintyy, on pikialustaa trimmattava uudelleen. Kiillotettavaa linssiä kallistellaan ja käännellään. Kallistus on tässä samaa kuin työntö peilissä, joten kallistusten

kulmalaajuutta on syytä ahkerasti vaihdella.

Jos kiillottuminen alkaa keskeltä ja leviää siitä tasaisesti reunoihin voimme olla tyytyväisiä. Kiillotus tarkastetaan suurennuslasilla. Täyteen kiilltoon, mutta ei siitä yli! Ylikiillotus pilaa muodon. Kiilto valmistuu muutamissa minuuteissa. Linssi ei saisi vinkua. Jos se vinkuu, on kierroksia vähennettävä. Pikialustan keskus ja uurteet on pidettävä auki ja se on helppo hoitaa koneen pyöriessä.

Kahta linssiä samaan aikaan tehdessämme voimme sitten, kun karkea hionta on ohi ja kalotti tarkistettu segmentillä, hioa kumpaakin vuoromerkkiä käyttäen. Kalotin tarkistus aina asteen vaihtuessa. Sama pikialusta pystyy kyllä kiillottamaan molemmat linssit, tarvittaessa useammankin.

Jos kiilto alkaa reunalta, on linssi hiottava uudelleen ja tarkistettava kalotti ehkä entistä tiheämmin. Kiillotuksen jatkaminen aiheuttaisi reunan yletömän kulumisen, ja linssin lopullinen muoto olisi laskiaispullan mallia.

Kiillotettu linssi on vielä keskistettävä. Sitä varten otamme noin tuuman mittaisen 10 mm:n vahvuisen messinkikangan, teemme sen päähän kierteen ja ruuvaamme sen lujasti akselin päähän, sorvaamme pään tasaiseksi ja painamme keskiöön loven, johon poran terää vaikkapa pihdeillä pidellen painamme noin 1 cm:n syvyisen ja 6 mm:n läpimittaisen reiän. Reiän ulkokehän sorvaamme noin 8—9 mm:n läpimittaiseksi ja sisäreunan heittä-mättömäksi sekä näin syntyneen putken päätyreunan pyöreäselkäksi. Sorvausjäljen on oltava hyvin hieno, sillä kevyt pyyhkäisy smirgelikankaalla saa poistaa vain "karvat", mutta ei muuttaa muotoa. Putken seinämään sen pohjalle teemme noin 1 mm:n reiän varaventiiliksi. Kuumennamme linssin. Samalla aikaa puhallamme

puhalluspillillä nokeamattomalla liekillä putken reunan kuumaksi ja pyyhkäisemme siihen joko hyvin hartsipitoista pikeä tai kuivaa shellakkaa ja painamme kuuman linssin siihen kupe-ra puoli alaspäin. Konetta käsin kiertäen seuraamme lampun heijastusta linssin latteassa pinnassa ja kallistelemme linssiä sormin kunnes lampun kuva koneen kiertymisestä huolimatta lakkaa liikkumasta. Alla olevan putken reunan tulee tällöin kauttaaltaan saman verran kuulua pien läpi. Sitten annamme linssin jäähtyä. Koneen päälle asetettuun rimaan kiinnitämme 1/2—1 mm:n messinki- tai rautapeltiliuskan, jonka n:o 320 carbon vesivelliillä voideltuna viemme hitaasti pyörivää linssin reunaa kohti, kunnes se alkaa raapia. Syötämme tähän pystysuoraan liuskaan koko ajan vesiväripensselillä carbovelliä ja tarpeen mukaan siirrä-mme liuskaa lähemmä linssiä. Välillä pysäyttäen ja tarkastaen hiomme linssin aivan pyöreäksi ja alottuun läpimit-taan, joka tässä tapauksessa voi olla noin 11 mm. Kädessä pidetyllä pelti-liuskalla ja 10 min. carbolla voimme vielä siiltää reunan ja tehdä linssiin kapeat viistofasetit lohkeamisten enna-kolta ehkäisemiseksi.

Ramsden- ja Tolles -okulaarit

Kotitekoina tulevat peilikaukoput-kissa lähinnä kysymykseen nämä kaksi okulaarityyppiä. Ne eivät ole akromaattisia, mutta silti hyvin käyttökelpoisia.

Ramsden-okulaariin tarvitsemme kaksi identtistä tasokuperaa linssiä, jotka sijoitetaan kuperat puolet vastak-kain niin, että välimatka kuperien pin-tojen välillä on pari millia alle toisen linssin polttovälin. Minkä hyvänsä kahdesta linssistä kokoonpannun okulaariin vaikuttava polttoväli voidaan laskea riittävän tarkasti kaavasta

$$F = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - d}$$

jossa f_1 ja f_2 merkitsevät linssien polttovälejä ja d niiden välistä etäisyyttä. Nyt on käytettävissä kaksi 20 mm:n polttovälistä linssiä, joten lasku on tällainen:

$$F = \frac{20 \times 20}{20 + 20 - 18} = \frac{400}{22} = 18,2 \text{ mm}$$

Okulaarin kokoamisessa on sorvi miltei välttämätön edellytys. Hätäratkaisuja voi tietysti jokainen kokeilla itse, mutta todella tarkan asennuksen saa vain sorvissa.

Linssimme ovat nyt lähes tasokupera. Jos haluamme hioa niiden takapinnat tasoiksi, on sen tapahduttava ennen keskistämistä. Tällöin menettelemme esim. seuraavasti: kiinnitämme pystyakseliimme n. Ø 10 cm lasikiekon pikeämällä sen lujasti kuppikiinnittimeen, jossa sorvasimme ulkomallilevyt. Toiseen pienempään kiekkoon kittaamme paraffiinin ja mehiläisvahan sekoituksella linssimme kuperat puolet ja täytämme niiden välit samaan tapaan kuin apupellia tehdessämme (kuva 31). Sivelemme alustalle n:o 320 carbovelliä ja käynnistämme koneen sekä liikutteleme linssikiekkoa alustalla lyhyin liikkein antaen sen samalla kiertyä. Linssien ja täytepalojen himmennettyä puhdistamme ja siirrymme seuraaviin asteisiin. Kiillotusta varten päälystämme alustan ohuesti pleillä, sorvaamme sen tasaiseksi ja varustamme ympyräuurtein noin 1/2 cm:n välein. Kylmäprässin toimittamme jollakin tasaisella peilllasilla. Kiillotus tavalliseen tyyliin. Vasta tasopuolten valmistuttua keskistämme linssit.

Mikäli raaka-aineenamme olivat bisilmälasiinssit saamme linseistäm-

me auttavan Ramsden-okulaarin takapintoja hiomattakin, mikäli ne ovat naarmuttomat. Voimme siis asentaa ne sellaisinaanakin.

Okulaarin päätylevyt sorvataan umpimessingistä. Klerteenleikkuumahdollisuus sorvissa on suotava, mutta ei välttämätön. Okulaarin apupellin puoleinen päätylevy sorvataan 24,5 mm:n läpimittaiseksi, keskelle tehdään 10 mm:n reikä ja sen ulkopäähän parin millin syvyinen 11 mm:n läpimittainen upotus, johon linssi helposti sopii. Upotuksen reunan ympärille jätetään n. 1/2 mm:n korkuinen paperinohut kaulus, joka koneen pyöriessä voidaan pyöreäpäisellä työkalulla käsivaralta varovasti kaataa linssin päälle pitämään sitä asemillaan. Syntyvien jännitysten tasaamiseksi voidaan upotuksen sisäreunaan sivellä ohut kerros mustaa lakkaa. Kauluksen varovainen kuumentaminen ennen linssin paikalleen panna pehmentää messingin ja vähentää linssin rikkoutumisen vaaraa, joka ensimmäisissä okulaareissamme on muutenkin melkoinen.

Päätylevyn sisäpuolelle sorvataan n. 3 mm:n lieriöosa, jonka tulee erittäin hyvällä laakeritilukkuudella mennä Ø 25 mm:n messinkiputken sisään. Okulaarin ulkopäähän päätylevyn teemme samoin, paitsi että sen ulkokehän jätämme pari-kolme millia laajemmaksi. Okulaarin runkoputki katkaistaan Ø 25 mm:n messinkiputkesta 2—3 mm tarvittua pitemmäksi ja sahauksen jäyste kalvetaan pois. Noin 25 mm:n teräskangesta sorvataan tuurna, jossa on sylinterimäinen, päästään viilalla suipennettu osa, johon okulaarin runkoputki ahtaasti menee. Putken ulkopää sorvataan suoraksi ja koko putki 24,5 mm:n ulkoläpimittaan, jäyste poistetaan putken sisältä. Putki lyödään puukiilalla ulos tuurnasta, käännetään ja lyödään takaisin, minkä jälkeen putken pituus sorvataan tarkasti, jäyste pois-

tetaan ja putki kiillotetaan. Jos nyt päätylevyjen lieriöosat tulivat tarkat, menevät ne vikisten paikalleen ja myös pysyvät. Kierrettä emme siis tarvitse.

N.s. Tolles-okulaari on suora lasimöhkäle, jonka päät ovat kuperat. Sen kenttä on hyvin kaareva ja kentän käyttökelpoinen osa on pieni, ehkä noin 12—15 astetta, mutta sen valohäviö on vain puolet Ramsdenin ja yleensä kaksisilinsisten okulaarien valohäviöstä, koska siinä on vain kaksi valoa takaisin heijastavaa pintaa. Siksi se verrattain suurellakin suurennuksella näyttää heikot kontrastit kirikkaampina. Sen valmistus on hankalaa, mutta tulkoon silti mainituksi.

12 mm:n polttovälisen Tolles-okulaarin mitat lasille, jonka taitekerroin on 1,516, ovat seuraavat:

- 1) objektiivin päin oleva pinta
 $r = 6,2 \text{ mm}$
- 2) silmään päin oleva pinta
 $r = 4,1 \text{ mm}$
- 3) mitta etupinnasta takapintaan
 $d = 18,3 \text{ mm}$ (=paksuus)
- 4) lasisylinterin etupään läpimitta n. 7 mm takapäin n. 5 mm.

Okulaari soveltuu erinomaisesti tehtäväksi borosilikaattikruunulasista, hätätilassa hyvästä peililasista, jolloin lopputulos tosin on hyvin epävarma. Mittoja voidaan käyttää käyttäen suhdelukuina eripituisille polttoväleille.

Aihio voidaan porata 16 mm:n pakuisesta lasilevystä messinki- tai kupariputkella, johon syötetään n:o 220 carbon tärpättiseosta. Ellei pylväspora-konetta ole käytettävissä voimme leikata aihion nelikulmaisena lasilevyn nurkasta nurinkäännetyn metallisahan terällä samoin carbolla ja tärpätillä. Leikkaamme noin 8 mm x 8 mm palasen. Nelikulmaisen sauvan särmää voimme aluksi tasoittaa tahkolla ja sorvata sen lopullisesti pyöreäksi kiinnittämällä sen piellä äskeisen keskitys-

holkin tapaisen kappaleen päähän ja leikkaamalla sen kylkiä metalliliuskalla ja carboveillä. Saatuaamme yläpään lähes 7 mm:n läpimittaiseksi otamme sen kaarta vastaavan mallilevyn ja edelleen metalliliuskaa ja velliä käyttäen kuperramme lasin pään hieman vähemmän kaarevaksi kuin sen lopullinen kaarevuus. Irroitamme lasisauvan ja keskistämme sen keskistysholkin päähän niin, että sen alapää juoksee heittävästi. Yläpää kenties hieman heittää, mutta sen hoidamme edelleen metalliliuskalla ja carbolla. Koska siitä tulee silmäpää, supistamme lasisauvaa siitä päästä noin 5 mm:n läpimittaan. Nyt tarvitsemme kädensijaan suoraan kiinnitetyn keskistysholkin, johon lasisauvan toinen pää kuumana kiinnitetään kuivalla shellakalla lujasti. Hionta ja kiillotus tavalliseen tapaan. Samoin käsittelemme okulaarin toisen pään.

Kiillotuksen jälkeen ei okulaari varoitoimenpiteistämme huolimatta ole aivan valmis. Teemme keskistysvälineen, jonka kehä on noin 4 mm:n läpimittainen ja panemme siihen okulaarin silmäpään kuumana shellakan avulla sekä kallistelemme sitä kunnes loivemman pään heijastukset asettuvat paikoilleen, minkä jälkeen hiomme sen keskiseksi. Noin kolmanneksen verran okulaarin pituudesta sen loivan pään ala-

puolelle sorvaamme peltiliuskan reunaan käyttäen n. 1/2 mm:n syvyisen uurrerenkaan. Okulaarin kyljet ja uurre mustataan puhdistuksen jälkeen tushilla tms.

Edellä jäi mainitsematta, että linssimme ovat kunkin valmistusvaiheen jälkeen pikisiä tai shellakan tahrimia. Ne puhdistetaan liottamalla matalassa astiassa, jonka pohjalla on imupaperia ja liuottimena tinneriä tai bensiniä, shellakalle spritit. Mekaanisin keinoin ei pikeä saa yrittää poistaa. Lopuksi pestään linssi vedellä ja saippualla ja kääritään silkkipaperiin odottamaan asentamista.

Näin pienten kaaripintojen sisämalli-levyt on mukavinta tehdä sorvaten umpiaineesta, josta suipporeunaiseksi täsmätty kiekko voidaan pistämällä leikata irti. Lisäksi saa hiomakalottien ja -segmenttien tekijä panna kaiken keinokkuutensa likoon. Pienin tekemäni linssi oli 0,8 mm:n läpimittainen puolipallo, jota työläämpää urakkaa en ole "optikkona" suorittanut. Viisi aihiota irtosi varresta eikä niiden etsiskely tuottanut tuloksia. Vasta kuudes onnistui.

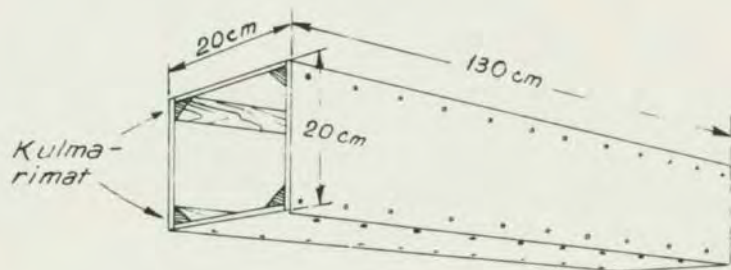
Mikäli hiomakoneemme akseli on kyllin tukeva voimme ehkä sopivin kiinnittimin käyttää pystysorvina sitäkin.

IV. PUTKI JA OPTISTEN OSIEN ASENTAMINEN

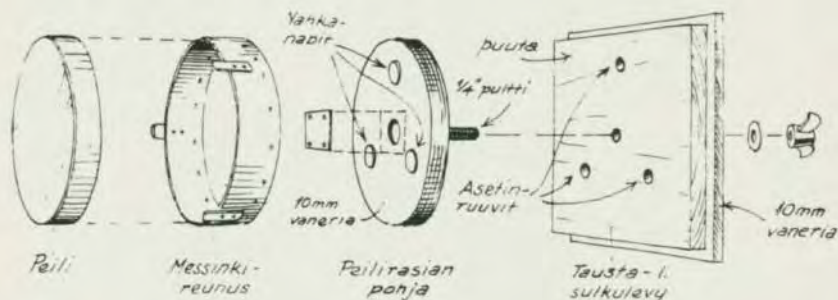
Putken voi tehdä rautapellistä, alumiinilevystä, puusta tai vaikkapa lasikultumuovista. Vanerista tehty nelikulmainen putki lienee kotoisin välinein helpoin valmistaa. Putken pituuden on

yleensä oltava 10 cm pääpeilin polttoväliä pitempi ja pienimmän läpimitan vähintään 4 cm pellin läpimittaa suurempi.

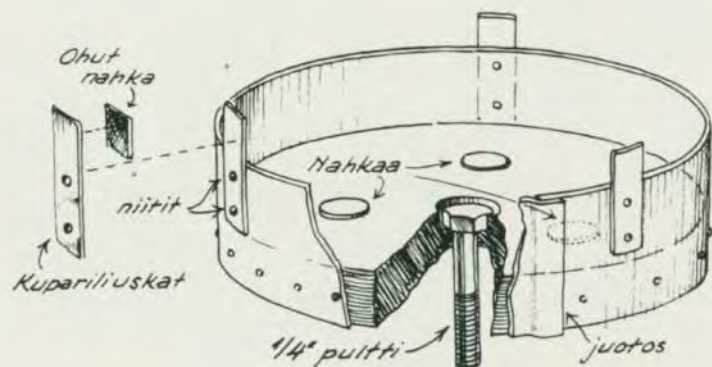
Vaneriputkeen (kuva 32) tarvitsemme



Kuva 32.



Kuva 33.



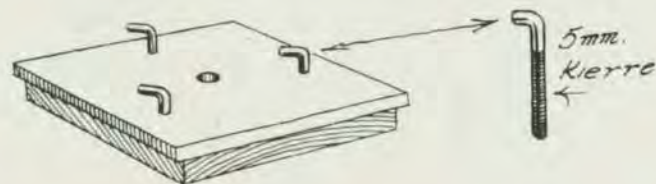
Kuva 34.

4 kpl 20 x 130 cm:n suorakaidetta 5 mm:n vahvuista vaneria, kulmiin 4 kpl 128 cm:n pituisia kulmalistoja, jotka kaikki liitetään yhteen kontaktiliimalla ja pienillä ruuveilla siten, että putken toisessa päässä ei 2 cm:n matkalla ole kulmalistaa lainkaan.

Peilin kannatin (kuva 33) tehdään kolmesta osasta: uloimpana putken alapään peittävä 10 mm:n vanerista tehty neliö, johon ruuveilla ja liimalla kiinnitetään n. 20 mm:n paksuinen puuneliö, joka sopii putken kulmalistattomaan osaan sisälle. Neliön keskipiste merkitään ja siihen porataan 1/4\"

Paikalleen pannun pultin kannan peitämme pienellä, ruvein kiinnitetyllä messinkilevyllä. Sitä ennen on tarkistettava, että pultti varmasti ylittää e.m. vaneri- ja lautaneliön läpi. Vanerikiekkon peilinpuoleiselle pinnalle piirrämme ympyrän noin 5 cm:n säteellä ja sen kehän päälle liimaamme 120° päähän toisistaan 3 kpl tukevasta nahasta reikäraudalla lyötyä tiivistä nappia peiliä

kannattamaan. Peiillä kokeillen mitaamme peilin reunan, nahkakuplien ja vanerikiekkon yhteisen paksuuden sekä hankimme täsmälleen sen levyisen 1 mm:n vahuisen messinkiliuskan, jonka taivutamme vanerikiekkon ympärille. Päät katkaistaan hieman limiin meneviksi ja ohennetaan viilalla juottamista varten. Liуска reijitetään ja kiinnitetään pienin ruvein vanerikiekkon reunaan, minkä jälkeen liuskan päät juotetaan yhteen. Juotos siistitään viilalla ja kaapimella. Kunkin nahkanapin kohdalle porataan liuskaan pari päällekkäistä reikää (kts. kuva 34) ja kuhunkin kaksoisreikään niitataan 6—7 mm:n levyinen pehmeä 1/2 mm:n vahvuinen kupariliuska niin, että sen pää ylettyy noin 7 mm:n verran peilirasiamme peilin etupinnan puoleisen reiän yli. Peili pannaan "kasvoilleen" kädessä pidetyille tyynille, peilirasia lasketaan sen päälle ja peili painetaan tyynillä sen pohjaan, minkä jälkeen koko asetelma kiepautetaan ylösalaisin ja tyyny nostetaan pois. Peilin kehys tuetaan esim. kirjojen varaan vaakasuoraan ja peilin ja rasian seinien väli täytetään (ei tiukkaan!) imupaperisuikaleilla, kunnes peili kallisteltaessa ei enää siirry sivuttain. Pystyssä olevien kupariliuskojen peilin puoleiset päät päällystetään esim. kirjansitomisnahalla ja liiman kuivuttua ne taivutetaan peilin päälle. Ne eivät saa puristaa peiliä. Ne vain es-



Kuva 35.

tävät sitä putoamasta ulos rasiasta.

Nelikulmaiseen tausta- eli sulkulevyn poraamme nyt keskuspultin reiästä 5 cm:n säteellä piirretyille ympyrälle kolme 4,5 mm:n reikää 120° päähän toisistaan. Viiden millin kierrelleualla valmistamme nyt kolme sulkulevyn läpi runsaasti yltävää ruuvia esim. messinkilangasta, joiden kierteetön pää taivutetaan pieneksi kädensijaksi. Ruuvaamme ne kuvan osoittamiin paikkoihinsa (kuva 35).

Puuhun tehtyjä reikiä ei kannata varustaa kierteillä, sillä puu mukautuu itsestään ruuviin. Peilirasian keskellä olevan 1/4" pultin vapaan päään pujotamme nyt sulkulevyn keskellä olevaan reikään ja kierrämme asken tekemämme messinkiruuveja niin, että peilirasia nousee noin 2—3 mm irti sulkulevyn sisäpinnasta. Sitten panemme siipimutterin pultin päähän ja kierrämme sen kiinni kiristämättä sitä. Pujotamme nyt sulkulevyn peilinkannattimieen paikalleen putken vapaaseen päähän ja varmistamme sen tilapäisesti paikalleen parilla seinän läpi menevällä ruuvilla.

Millimetrijäolla varustetun viivaimen päähän kiinnitämme nyt kohtisuoraan pergamiinipalan ja kallistamalla putken aurinkoon päin etsimme pergamiinipalalle auringon tarkan kuvan. Silmiä on syytä varoa! Luemme viivaimesta polttopisteen etäisyyden putken vapaasta päästä ja merkitsemme sen putken ulkokyljen keskiviivalle.

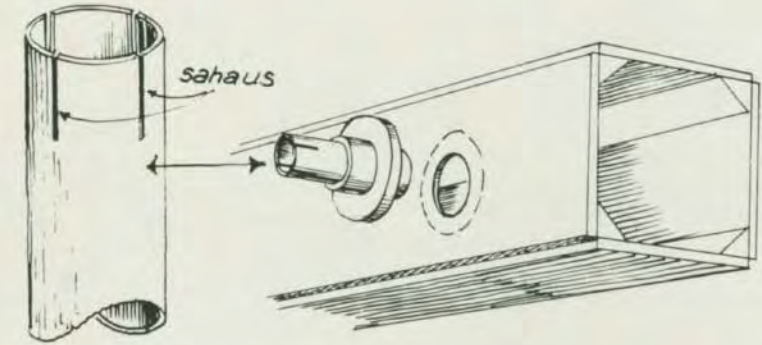
Oletamme nyt, että polttopiste (= auringon kuva) oli 6 cm:n päässä putken suusta. Putken pienin sisäläpimita on 20 cm. Haluamme polttopisteen tulevan 5 cm putken sisäreunan ulkopuolelle. Laskemme yhteen: putken ylipituus + puolet sen läpimitasta + 5 cm. Siis: $6 + 10 + 5 = 21$ cm. Tämä on putken kylkeen tulevan okulaarinreiän keskipisteen etäisyys putken tyhjän päään reunasta. Merkitsemme sen

putken kyljen e.m. keskiviivalle jälleen putken reunasta mitaten.

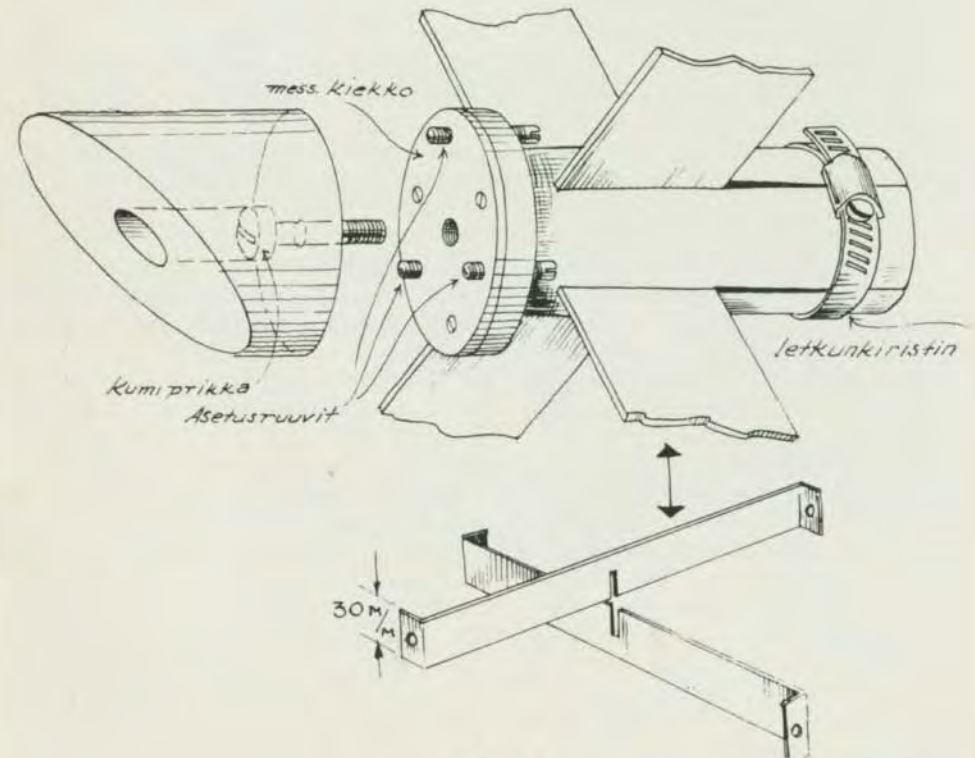
Otamme sulkulevyn peilirasioineen irti ryhtyessämme putken lopulliseen muodosteluun ja viimeistelyyn. Okulaarin reiän poraamme 32 mm:n kairalla putken sisään pantua lautaa vasten. Okulaariholkkiin tarvitsemme 10 cm:n läpimitaisen 20 mm paksun puukiekon tai -neliön, jonka keskelle kohtisuoraan poraamme taas 32 mm:n reiän. Reikään sovitamme ulkomitaltaan 32 mm:n paksuisen (seinävahvuus 2 mm) 50 mm pitkän messinkiputken niin, että sen putkeen päin oleva pää työntyy noin 1 cm:n verran esiin puukiekon toiselta puolelta. Putki varmistetaan kiekoon kontaktiliimalla tai muovikitillä. Näin koottu okulaariholkki kiinnitetään kiekon läpi kolmella ruuvilla kaukoputken kylkeen, jossa olevaan reikään kiekosta hieman ulostyöntävä putken pää sijoitetaan. Lisäksi hankimme toisen 7 cm:n pituisen messinkiputken, jonka tulee helposti mennä edellisen putken sisään. Tämän toisen putken vaatimuksena on 25 mm:n sisäläpimita. Jos se menee hyvin väljästi toisen putken sisään, voidaan niiden väliin kiertää täytteeksi filminpäällyspaperia tai liimata väljemmän putken sisäpinnalle sopivan vahvuinen kangas. Sisään menevä putki saa kyllä kulkea herkästi, mutta ei liipua omalla painollaan. Tähän ohuemman putkeen teemme okulaarin tiukkuuden säätämistä varten lehtisahalla 2 ristikkäin menevää sahausta sen ulompaan päähän (kuva 36). Johonkin näistä neljästä kaariosasta olisi hyvä juottaa pieni kohoke estämään okulaariputkea luiskahtamasta holkin läpi kaukoputken sisään.

Ja sitten vielä apupeilin kannattimet (kuva 37).

Kannatusristin teemme 30 mm leveästä jäykästä 1 mm:n vahuisesta peltiliuskasta. Tarvitsemme kaksi n. 30 cm:n pituista liuskaa, joiden keskikoh-



Kuva 36.



Kuva 37.

dalle teemme puoliväliin leveyttä ulottuvan kohtisuoran sahauksen niin, että sahaukset muodostavat liitoksen. Panemme ristin syrjään ja teemme varsinaisen apupeilin kannattimen. Helpoimmin se käy sorvissa, mutta kärsivällinen vuoleskelu vie kyllä samaan tulokseen.

Mittaamme apupeilin pikkuakselin, esim. 30 mm. Kiinnitämme sorvin pakkaan tiheäsävyn koivupalikan niin, että se tulee n. 20 cm pakasta ulos, ja sorvaamme sen pikkuakselin läpimitäiseksi sylinteriksi. Sen sorvissa kiinni ollessa leikkaamme sen pään hienolla sahalla 45° kulmaan. Siistimme soikion reunat santapaperilla. Teränpitiimeen kiinnitettyllä 8 mm:n poralla poraamme soikion keskelle sen keskipinnasta lukien noin 1 1/2 cm syvyyden upotuksen. Vaihdamme 5 mm:n poran ja poraamme edelleen, kunnes reikä ulottuu noin senttimetrin verran soikion sorvin pakkaa lähinnä olevan reunan oh. Pistoterällä tai sahalla katkaisemme sylinterin poikki mainitusta kohdasta, sorvaamme sorvissa kiinni olevan sylinterin 10 cm:n pituudelta 15 mm:n läpimitään ja jätämme pakan puoleiseen päähän 30 mm läpimitäisen hartian. Ehkä jo kappaleen sorvissa kiinni ollessa sahaamme sen ohuemmasta päästä aina e.m. hartiaan asti ristiin halki metallsahalla, mikäli sorvissa on tilaa sahata pystysuunnassa. Vaakasuoraan sahaaminen ei onnistu. Sitten katkaisemme palikan poikki niin, että siihen jää hartiaa noin 1 cm:n pituudelta. Tarvitsemme nyt kaksi Ø 30 mm:n messinkiekkoa, toisen 1 mm:n ja toisen 2–3 mm:n levyistä. Ohuemman keskelle teemme 7 mm:n reiän. Tämä levy kiinnitetään muovikitillä ensiksi tekemämme viistopalan kantaympyrään. Paksumpaan teemme keskelle esim. 3 1/2 mm:n reiän ja siihen 4 mm:n kierteen. Reiän taakse palikan hartiapään keskelle matala poraus

ja levy kiinni hartiaan e.m. kelnoin ja pienin ruuvein. Kittausten kovetuttua poraamme reiät messinkilevyyn ja hartiaan kolmikantaan niin, ettei yksikään reikä osu palikan halkileikkausten kohdalle. Nämä reiät teemme 3 1/2 mm:n poralla ja teemme niihin 4 mm:n kierreet sekä valmistamme levyn ja hartian läpi ulottuvat 4 mm:n ruuvit. Asetamme nyt viistopalan paikalleen. Sitä kohdallaan pitävän keskusruuvin kannan ja kantaupotuksen pohjan väliin on hyvä panna joustavasta kumista tehty "prika". Ruuvia ei kierretä aivan pohjaan, vaan viistokappaleen pohjaympyrän on jäätävä hartiasta hieman ulos tulevien kolmen ruuvin kärkien varaan.

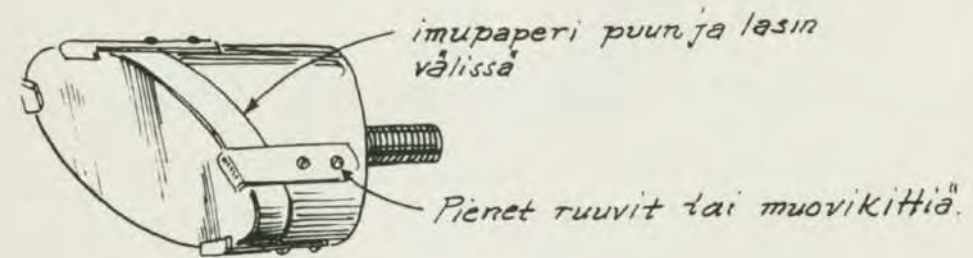
Soikea apupeili kiinnitetään nyt paikalleen hyvin ohuesta messinkilevystä tehdyin kynsin (kuva 38), joiden kiinnittäminen suoritetaan hyvin pienin ruuvein. Peilin toisen pään kynnet voidaan kyllä kiinnittää muovikitillä, mutta ainakin toisen pään kynnet on voitava irroittaa. Peilin ja palikan pinnan väliin panemme imupaperin. Kynsien peillä vasten tulevat osat on hyvä peittää peilin puolelta suodatinpaperilla. Kynnet eivät saa varsinaisesti liikistää peiliä, mutta kylläkin pitää sen liikkumattomana. (Keino, jota en uskalla suositella, on kiinnittää viistopintaan kontakti-liimalla kova imupaperi ja sen päälle kolmella kontaktiilmataplalla apupeili, jonka takapinnan on tällöin oltava himmeä. Tämä keino on pitänyt 42 mm (pikkuakseli) apupeiliä paikallaan eräässä allekirjoittaneen kaukoputkessa jo vuosikymmenen ajan. Imupaperin "eläminen" aiheuttaa kyllä jatkuvia asennon tarkistuksia, sillä apupeilin ympärillä ei ole lainkaan kiinnityskynsiä. En suosittelen, paitsi hätäkeinoksi kokeiluihin!)

Kannatusristi asetetaan nyt pystyssä seisovan kaukoputkemme päällä, kukin haara nurkkaansa, ja risteyskohta keskistetään. Kukin ristinhaarake merki-

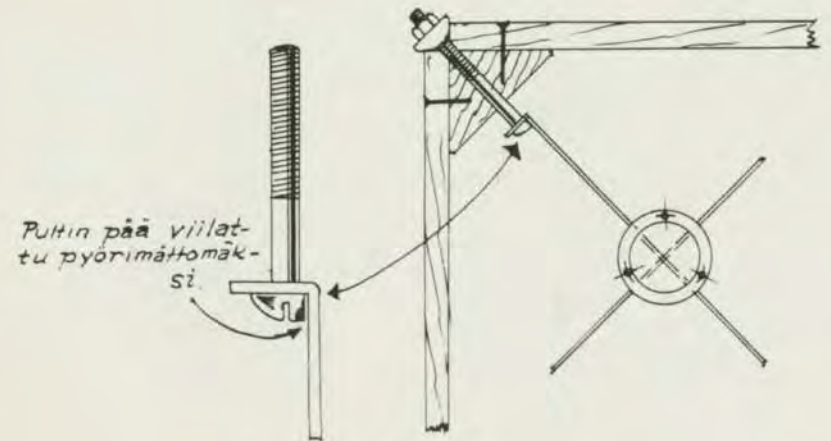
tään n. 1/2 cm kulmariman sisäpinnasta risteykseen päin ja taivutetaan suorakulmaisesti samaan suuntaan niin, että rististä tulee hakaristi. Kuhnkin haarakeen suorakulmaiseen ulokkeeseen porataan reikä 5 mm:n pulttia varten niin lähelle ristihaarakeen suoraa osaa, että pultin pää on siltä puolen viilattava tasaiseksi, joten pultti ei pääse pyörimään reiässään.

Pujotamme nyt ristiinhalkaistun palikan peilleineen kannatusristin keskukseen jättäen ristin kaiken varalta noin 1 cm:n päähän palikan rakojen pohjasta. Vaakasuoraan asetetun putken okulaar-

riputken reiästä katsellen työnnämme kannatusristin putken sisään kunnes apupeili näkyy suoraan okulaariputken jatkeella. Merkitsemme mittaamalla kannatusristin haarakeiden reikien paikat putken kulmiin ulkopuolelle, taivutamme mitan yhtä pitkäksi putken suusta lähtien joka nurkalle sekä poraamme nurkkarimojen läpi neliön lävistäjän suuntaan reiät, joihin 5 mm:n pultit väljäkösti sopivat. Pulttien ulostulevat päät varmistamme kukin kahdella mutterilla sitten kun ensin olemme keskistäneet niiden avulla kannatusristin (kuva 39).



Kuva 38.



Kuva 39.

Optisten osien oikea asento

Ensiksi tarkistamme apupeilin oikeaan asentoon. Panemme okulaariputkeen tulpan, jonka keskellä on noin 5 mm:n reikä. Reiästä katsellen siirrämme apupeilillä kannattavaa palikkaa kannatusristissä pituussuunnassa työntäen ja vetäen, kunnes sen optisen pinnan rajat siinä suunnassa ovat yhtä etäällä okulaariputken ympyrän reunoista. Sitten kierrämme peiliä niin, että siitä näkyy putken pääpeilin puoleinen pää. Kolmella asetusruuvilla tarkistamme apupeilin asentoa siten, että putken pää näkyy siinä keskisesti. Sitten panemme paikoilleen pääpeilin ja kiinnitämme sulkulevyn putkeen seinien läpi menevin ruuvein. Kolmea keskuspultin ympärillä olevaa asetusruuvia käsitellen suuntaamme pääpeilin niin, että apupeilin kuva näkyy täsmälleen pääpeilin keskellä. Tämä työ on helpoin suorittaa putken etupään ollessa suunnattuna vaaleaa seinää tai pohjoistaivasta kohti. Ei ikkunaa päin! Apupeilin palikkavarren ympärille voimme sijoittaa sopivankokoisen letkunkiristimen tms. estämään palikkaa luistamasta kannatusristikossa

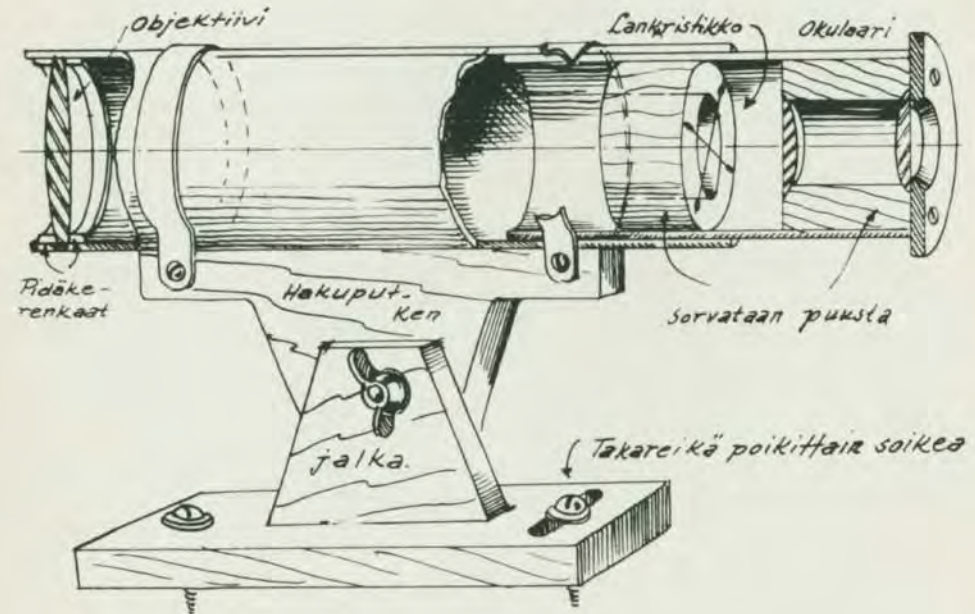
Tähtäyskaukoputki

Tähtäyskaukoputkeksi kelpaa melkein mikä hyvänsä yksisilmäinen kiikari, mutta varsin käyttökelpoisen voimme valmistaa itsekin hyvin halvalla. Silmälasioptikon vanhoista varastoista saatamme löytää muutamia markkoja maksavan 4 dioptrian n.s. bi-linssin, jonka hän yksintein voi leikata käytettävissä olevaan putkeen sopivaksi. Hätätilassa kelpaa pahviputki, mieluummin kuitenkin metallinen, parhaimmin alumiiniputki. Alumiinilevyistä taivutamme kaksi 1—2 cm:n levyistä avorengasta, jotka päät yhteen painettuina ahtaasti menevät putkeen. Niiden väliin sijoitamme silmälasilinssin. Toi-

seen edellisen sisään ahtaasti menevään putkeen asennamme okulaariksi kaksi 10 x tasokuperaa kasvisuurenuslasia, joita parin-kolmen markan hintaan myydään alumiinipellistä puristetuissa, helposti hajoitettavissa kehysissä. Mikäli silmälasilinssi on 4 dioptriaa voisi pääputki olla 24 cm ja okulaariputki 10 cm pitkä. Sorvaamme 18 mm pituisen pyöreän palikan, joka ahtaasti menee okulaariputken sisään ja jossa on hieman linsejämmä pienempi reikä. Mustaamme sen sisältä ja kiinnitämme linssit sen päihin tasopuolet ulospäin, siis kuperat pinnat vastakkain. Samanlainen, hileman väljempireikäinen puuputki, sisältä mustattu, voidaan varustaa lankaristikolla. Auttavan ristikon saa muoviliimaa langoiksi vetämällä. Jotkut liimat ovat kuitenkin niin hygroskooppisia, että niistä vedetyt langat taipuvat ulkoilmassa kaarelle, mutta tämänhän saa selville kokeilemalla. Sijoitamme puuputken toiseen päähän neljä liimapisaraa 90° päähän toisistaan. Neulankärjellä vedetään liimalanka vastakkaiseen pisaraan ja annetaan painua siihen kiinni. Samoin vedetään toinen, edellisen kanssa ristiin menevä lanka, minkä jälkeen liima saa kulua. Puuputki työnnetään okulaariputken sisään niin, että ristikkopää tulee katsojaan päin. Okulaari työnnetään perässä kunnes lankaristikko näkyy terävänä. Saamamme suurennus on n. 12—13-kertainen ja näkökenttä varsin väriellinen, mutta tähtykseen ainakin aluksi kelvollinen.

Tukevan tähtäyskaukoputken jalan voimme tehdä puusta kuvan 40 osoittamaan tapaan. Kummankin puupalan keskuspultista ulospäin osoittava kytki on onteva, toinen tähtäysputkeen soveltuakseen ja toinen kaukoputken pintaan tukevammin asettuakseen. Tähtäysputki kiinnitetään varsinaiseen kaukoputken okulaarin yläpuolelle jäävän vapaan kyljen okulaarin puoleiseen

Tähtäyskaukoputki



Kuva 40.

reunaan kahdella ruuvilla. Jalustan takapäissä olevan ruuvireiän tulee olla poikittain soikea, niin että ruuvia löysäten voidaan korjata tähtäysputken sivusuuntaa. Pystysuuntaa säädetään löysäämällä siipimutteria ja kiertäen kaukoputkea keskuspultin ympäri.

Putken viimeistely

Olemme jo harjoituksen vuoksi koonneet kaukoputkemme. Nyt puramme sen jälleen, sillä putki on mustattava sisältä ja ulkopinnat maalattava siisteiksi. Peilit jätämme toistaiseksi irti, sillä ne on joko aluminoitava tai hopeoitava.

Himmeän mustaa saamme sekoittamalla mustaa polkupyöräemaljaa 1 osan noin 4 osaan sille sopivinta ohenninta ja lisäämällä nokimustaa (kimrööriä) niin paljon, että maali lautaan kokeiltaessa jättää pikimustan, himmeän jäljen. Kepin päähän poikittain naulatulla mutlarilla maalaamme putken sisäpinnan kokonaan ja jollakin pienellä tupolla mustaamme myös liikuvan okulaariputken sisuksesta sen osan, johon sisään työnnetty okulaari ei ylety. Saman teemme hakukaukoputkelle. Mustauksen kuivuttua maalaamme putken ulkopuolelta 2—3 kertaa vaalealla tai täysvalkealla alkydydi-

emaljilla kiiltäväksi. Himmeästä pinnasta ei saa likatahroja millään pois.

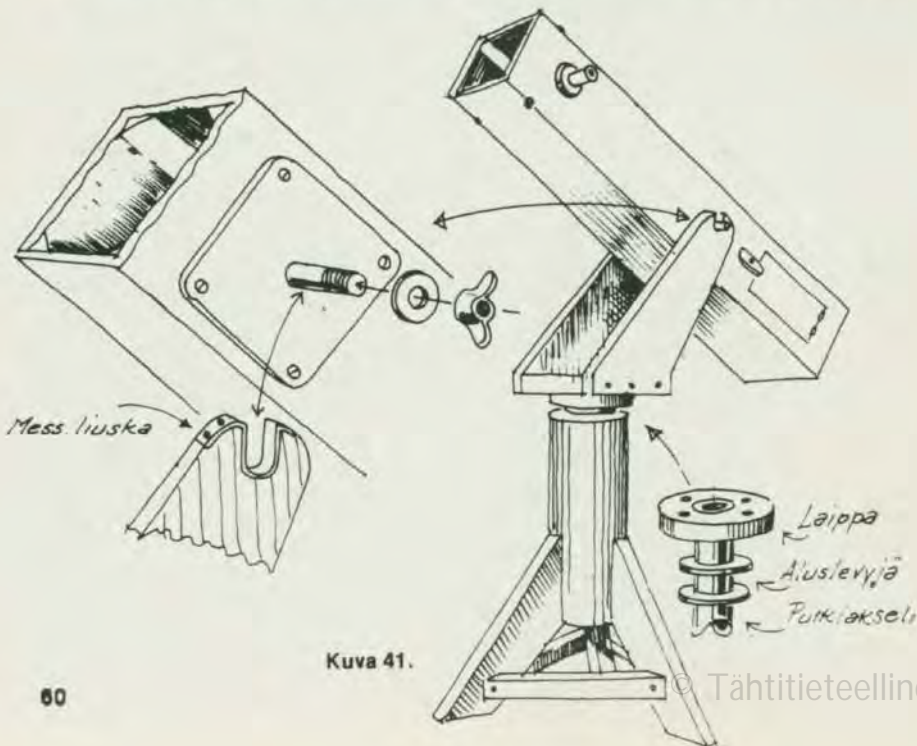
Kannatusristi ja apupeilin kannattimet sekä pääpeilin kehyksien putken sisään jäävät osat on syytä mustata. Sensijaan pääpeilin sulkulevyn ulkopinnan maalaamme samalla maalilla kuin muunkin ulkokuoren. Kaukoputki on saatava asiallisen näköiseksi ja karrettava turhia maalauskoristeita. Näin kyllä kerran puusta tehdyn kuusikulmisen putken, joka oli petsattu tummaksi niin, että puun syyt korostuivat. Se oli messinkisine okulaariholkkeineen ja muine messinkiheloineen kerrossaan vliehättävällä tavalla vanhastavan näköinen.

Kaukoputken jalusta

Jalustaton kaukoputki on kuin kiskotun juna. Kuten tähänkin asti — pienin poikkeuksin — olemme tulleet toimeen kotoisin työvälleinein, niin yritämme tässä ratkaista myös jalustapulmamme.

Rakentamisen ja käyön kannalta yksinkertaisin on altatsimuutti- eli horisontaalijalusta, jonka pääksell on pystysuorassa ja kaukoputken liittyvä sivuakseli vaakasuorassa. Sen runkosan muodostaa kolmijalka, jonka yläpäässä on jalkoihin lujasti liitetty pystysuora pölkky, jonka läpi on porattu pituussuunnassa reikä, johon sileä 1" vesijohtoputki mukavasti mahtuu. Putken päähän on kierteellä kiinnitetty laippa, jossa on kolme ruuvin reikää (kuva 41).

Kaukoputken tasapainopisteen voimme määrätä vasta kun siinä on kaikki käytössä tarpeelliset osat paikallaan. Jätämme siis vaakasuorassa olevan akselin paikalleen kiinnittämisen tuonnemmaksi, jolloin teemme vankasta kupari- tms. langasta kampimaisen laitteen niin, että sen akselipää ulottuvat juuri kaukoputken keski- viivalle sen kummallakin puolella ja li- kistyvät putken kylkiin kiinni (kuva 42).



Kuva 41.

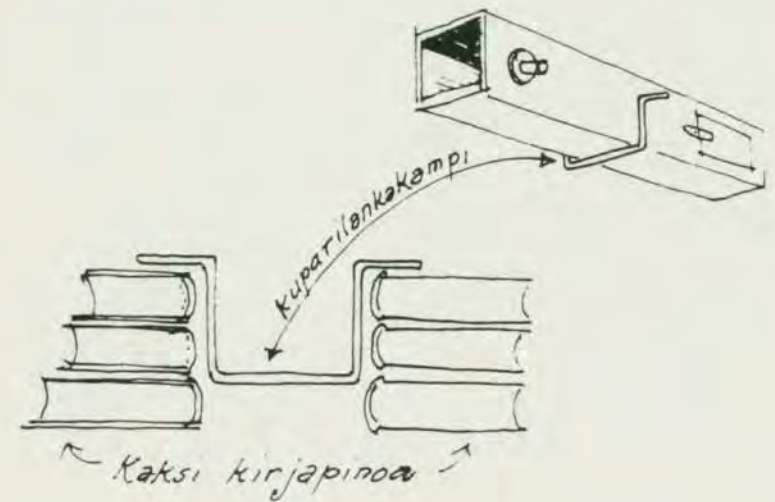
Pöydällä, akselipää kirjapinojen varassa, siirtelemme putkea kampilaitteen päällä kunnes se on mahdollisimman hyvin tasapainossa. Merkitsemme paikan putken kylkeen niin, että toinen merkki tulee okulaarinpuoleiselle ja toinen sen vastaiselle kyljelle.

Otamme kaksi 18 x 18 cm:n neliötä 10 mm:n vaneria, joiden keskelle poraamme reiät, joihin kumpaankin ahtaasti menee 3/8" lukkokantainen pultti. Pulttien pitää olla lukkoon saakka kierteellä varustettuja. Kantojen pullistuman viilaamme tasaiseksi ja upotamme vanerinelion pinnan tasoon. Upotuksen ja kannan väliin on hyvä panna hieman muovikittä. Sitten kun kaukoputki muuten on koottu kiinnitämme vanerineliot sen kylkiin niin, että pulttien kannat tulevat merkittyihin kohtiin. Kumpaankin pulttiin tarvitsemme vielä muutamia aluslevyjä ja siipimutterit (kuva 41).

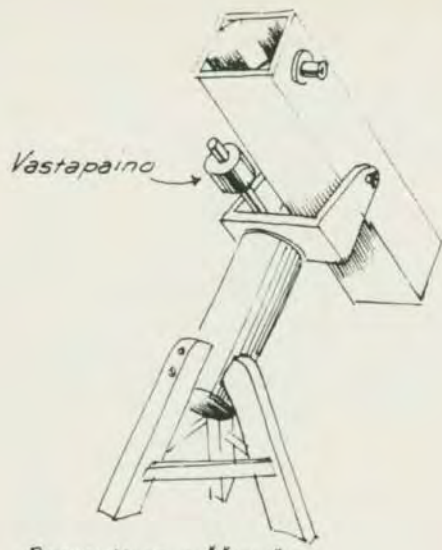
Kaukoputkea sen suupuolesta riiputtamalla viemme sen jalustan viereen

pystysuorassa asennossa ja katsomme miten paljon sen on pystysuoraan päästäkseen tultava jalustapölkystä sivulle, ja miten korkealle e.m. akselipultit on sijoitettava, jotta se jalustan jalkoihin ottamatta pääsisi pystysuorassa asennossaan kiertymään koko jalustan ympäri. Näin saamme suunnitelluksi akselista ulospäin kallistuvan haarukan, jonka senkin rakennamme puusta.

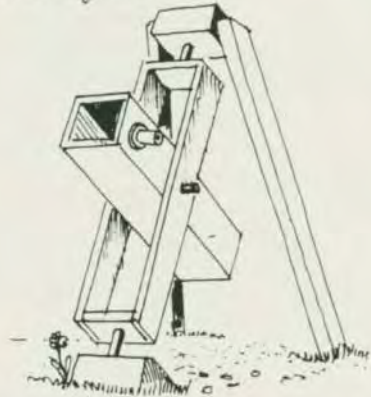
Haarukan sisäleveyden saamme mitaamalla kaukoputken ja sen akselipultteihin kierrettyjen varmistusmutte- reiden yhteisen leveyden. Haarukka- osan korkeus määräytyy akselista ke- keistämme. Haarujen päissä olevien laakerikohtien on tultava jalustapölkys- tä ulospäin vähintään kaukoputken puolen läpimitan verran. Puusepän tai- toihin perehtynyt rakentaja osaa tehdä haarukan sivujen ja pohjan välille lujat liitokset, mutta meidän muiden lienee luotettava ruuvien ja kontaktiliiman lujuuteen.



Kuva 42.



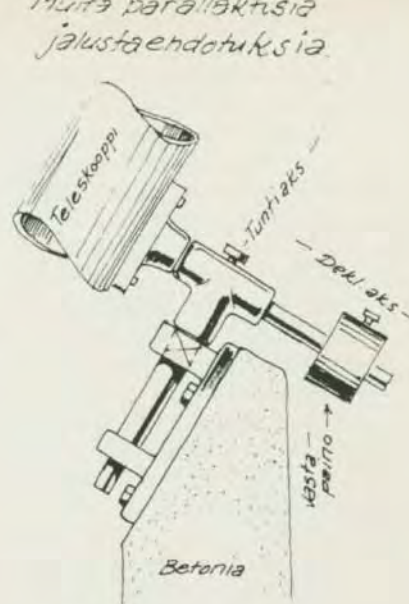
Parallaktinen "väännös"
horisontaalijalustasta.



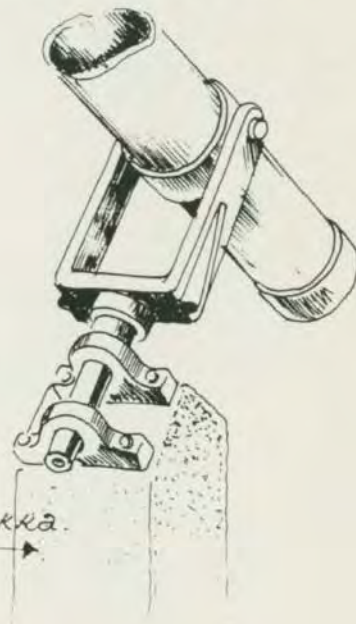
M.S. Hooker (umpihaarukka)



Englantilainen pystytys.



Kiinteä saksalainen



Avohaarukka.

Kuva 43.

Muita parallaktisia
jalustaendotuksia

Haarukan pohjaan liitämme pysty-
akseliputken iappaan kolmella järeällä
ruuvilla tai pultilla. Kaukoputken kyljis-
sä olevia akselipultteja varten poraam-
me haarukan päihin reiät ja sahaamme
ne tläpuolelta avoimiksi niin, että akselipultit
voidaan laskea ylhäältäpäin
suoraan paikoilleen. Nämä akselilivet
vuoraamme sisältä messinkipelti-
lius-kalla. Pujotamme akselitappeihin alus-
levyt, panemme akselitapit loviinsa ja
ulkopuolelle aluslevyt ja siipimutterit.

Tällaisenaan, horisontaalipystytyk-
senä, on kaukoputki monipuolisimmin
käytettävissä katseluun. Sillä voi nimit-
tään katsella myös maanpäällisiä koh-
teita, joihin taas parallaktinen pystytys
sopii perin huonosti. Horisontaalipys-
tytys taas ei sovi tähtivalokuvaukseen,
paitsi Kuusta otettuihin silmänräpäys-
kuviiin. Tässä esitetystä jalustastakin
voimme kehittää parallaktisen jalustan,
kuten ohessa (kuvat 43) olevista luon-
noksista näkyy. Niistä ja tähtitieteelli-

sen kirjallisuuden sivuilla esiintyvistä
kuvista voi itse kukin suunnitella mie-
leisensä pystytyksen.

Pyöreä, metallinen putki näyttääsi
tietysti enemmän kaukoputkelta. Sen
edellyttämät muutokset on edellä esi-
tety perusteella helppo suorittaa. Pui-
sella putkella on sensijaan omat etun-
sa, joita ei pidä väheksyä. Siinä ei
esim. helposti synny alituisen liikku-
via ja tarkkuutta huonontavia ilmavirta-
uksia, jotka erityisesti metalliputkessa
ovat häiriöksi. Tietysti voidaan metalli-
putkikin päällystää sisäpuolelta jolla-
kin eristävällä aineella, kuten korkkile-
vyllä tms.

Kaukoputkemme olisikin jo vallon
valmis muuten, mutta peilit meidän
sentään on hopeoitava. Hopeoimatto-
mallakin optiikalla voimme vilkaista
vaikkapa Kuuta, mutta putkemme va-
lonkeräämiskyky on silloin vain 2—3%
siitä, minkä toivomme saavamme irti
siitä sitten, kun peilit ovat hopeoidut.

V. HOPEINTI

Koska Suomessa ei toistaiseksi ole
tähtitieteellisten peilien alumiinointia
ammattikseen suorittavia, luotettavia
liikeryityksiä* ja koska emme voi ilman
muuta vedota harvalukuisten tieteellisten
laboratorioiden apuun, jäänee ai-
noaksi mahdollisuudeksemme peilin
hopeointi. Hopea on visuaalikaukoput-
kessa alumiinia tehokkaampikin hei-

*Katso julkaisun lopussa olevaa
toiminimiluetteloa.

jastaja, joskin alumiinipinta on paljon
pitkäikäisempi kuin hopeapinta.

Hopeointimenetelmiä on varsin
monta. Kenties yleisimmin on harras-
telijain keskuudessa käytössä ameri-
kalaisen Brashearin menetelmä, josta
tässä esitän n.s. Martinin muunnok-
sen, jossa vältetään hankala ammonia-
killa titraaminen. Tarvitsemme neljä
pulgaa, joiden tulee olla ehdottomasti
puhtaita ja puolen litran vetoisia.
Lisäksi tarvitsemme ainakin 5 litraa tis-

lattia vettä. Valmistamme seuraavat liuokset:

- a) Kiteistä hopeanitraattia 30 g,
Tislattua vettä 500 ccm.
Liuos säilyy hyvin lasikorkin alla pimeässä.
- b) Kiteistä ammoniumnitraattia 45 g,
Tislattua vettä 500 ccm.
Säilyy huonosti lasikorkin alla.
- c) Puhdasta kaliumhydroksidia 75 g,
Tislattua vettä 500 ccm.
Säilyy huonosti. Tarvitsee kumikorkin. **Kaliumhydroksidi on erittäin syövyttävää.** Käsiteltävä kumikäsinen, silmien suojana tarpeen silmälasit.
- d) Valkoista pöytäsokeria 50 g,
Viinihappoa 2,5 g,
Etyylialkoholia 75 ccm,
Tislattua vettä 500 ccm.

Sokeri ja viinihappo liuotetaan pienen määrään tislattua vettä ja saavat kiehua puhtaassa astiassa hiljaisella tulella 10–15 minuuttia. Sitten liuos jäähdytetään lisäämällä siihen tislattua vettä. Vasta sitten lisätään joukkoon säilytysaineena toimiva alkoholi ja täydennetään tislattun veden määrää, kunnes liuosta on kaikkiaan 500 ccm.

Yllämainituissa liuoksissa mainittu 500 ccm tarkoittaa kunkin liuoksen lopullista tilavuutta.

d-liuoksen, joka toimii pelkistäjänä, on kypsytävä viikon ajan ennen käyttöä ja se paranee vanhetessaan. a-liuos kestää, mutta b- ja c-liuokset on tehtävä samana päivänä, jona hopeointi suoritetaan.

Ennen hopeointia puhdistetaan peili perusteellisesti. Pääpeili pestään ensin vedellä ja saippualla tai mieluummin synteettisellä pesuaineella. Karkaisiin reunoihin tarttunut puna hangataan pesuvedessä irti raapekumilla. Hyvin

huuhdottu peili kuivataan, hangataan ensin alkoholiin kastetulla pumpulituokolla ja sitten paksulla, tukevaan koivu-putkoon kierretyllä tukolla, joka on kastettu savuavaan typpihappoon, kunnes peilin pinta kauttaaltaan narisee ja vingahtelee. Typpihappo huuhdotaan pois tislattulla vedellä ja peili pannaan märkänä matalaan astiaan ja peitetään tislattuun veteen odottamaan hopeointia. Apupeili käsitellään samoin. Taloudellisinta on panna peili veteen naama alaspäin, kun vain katsoo, ettei sen alle jää kuplia. Peilin selkäpuolelle voimme kiinnittää Imukupin, esim. n.s. kikkanaulan, jossa ruuvi jännittää pehmeämuovista Imukuppiä.

Samaa astiaa, jonka pitäisi olla virheetöntä emaljia tai lasia, voimme käyttää hopeoimiseen.

Erilliseen, puhtaaseen sekoitusastiaan panemme a-liuosta 100 ccm ja lisäämme siihen verkalleen ja koko ajan sekoitellen lasisauvalla 100 ccm liuosta b. Saatuun seokseen lisäämme samoin sekoittelun 100 ccm liuosta c. Tämän viimeisen lisäyksen pitäisi tehdä sekoituksesta kevyen teen väristä. Jos se jää valkoiseksi on siihen hieman lisättävä c-liuosta. Jos se taas c-liuosta kaadettaessa ja sekoitettaessa alkaa mennä ruskeaksi, on kaataminen keskeytettävä.

Tukien peiliä kädellä kaadamme nyt sitä suojelleen veden nopeasti pois ja yhtä nopeasti kaadamme peilin alle ja ympärille juuri tekemämme sekoituksen. Peiliä on sen verran nostettava, että sen selkäpuoli ei peity. Sitten lisäämme sekoitukseen 34 ccm d-liuosta, joka peiliä pohjasta irtaalleen keinoiteltaessa sekoittuu liuokseen nopeasti. Parin minuutin kuluessa ilmestyy peilin selän läpi katsellessamme sen etupintaan kirkas metallikalvo, mutta jatkamme peilin keinuttelua silti kaikkiaan noin 10–15 minuutin ajan, jonka kuluttua nostamme sen toiseen lasi-

seen astiaan, jossa on tislattua vettä. Kirkaskupuista hehkulamppua astian alla liikutellen toteamme hopeakerroksen paksuuden. Lampun lanka saa juuri ja juuri näkyä läpi sinertävänä. Jos muutakin, esim. lampun lasiset tuet tms. vielä kuultais pinnan läpi, on liuoksistamme nopeasti tehtävä uusi kylpy, jossa kalvo voidaan vahvistaa. Heikkokin kalvo, mikäli se on yhtenäisen, voi palvella aikansa kaukoputkessa, mutta uudelleen kiillottamista se ei tule kestävään.

Peili kastetaan tislattun veden astiasa, pinta huuhtaistaan alkoholilla ja kuivataan nopeasti lämpimässä vedossa tai tuulettimeilla. Peilin on tällöin seistävä reunallaan, jonka alla valuvaa vettä vastaanottamassa on paperinäiliina, joka imee alareunaan muodostuvat pisarat pois. Peili saa olla kuivassa paikassa seuraavaan päivään, jolloin kiillotamme sen.

Hopeoitu pinta on aina hieman himmeä. Aivan uudesta ja puhtaasta säämiskänahasta teemme kiillotustyynyn ahtamalla peukalolla nahkaa vasten pumpulia ja sitomalla sen narulla 3–4 cm:n läpimittaiseksi tiukaksi napiksi niin, että pumpuli jää sisälle ja napin sidottu kaula tarjoaa otteen sormille. Tällä tampooneilla aloitamme nyt peilin pinnan tiivistämisen hankaamalla sitä pienin, katkeamattomin spiraaliliikkein keskeltä reunalle päin. Väliillä puhdistamme tampoonein pinnan jäykällä, puhtaalla hammasharjalla nahkaan taikertuneista hopeahiukkasista. Hopea kirkastuu jo tästäkin huomattavasti.

Mikäli joku käytetty, hyvin suojattu kiillotuslusu on saapuvilla, voimme sen pinnasta hieraista tampoonein hieman kiillotuspunaa, jota käyttäen viimeistelemme hopeapinnan kiillon todella peilikirkkaaksi.

Apupeili voidaan hopeoida vaikkapa teekupin pohjalla. Säilytämme samat sekoitusasteet pienissäkin määrissä ja muistamme, että d-liuosta tarvitaan noin 1/3 a-liuoksen määrästä. Kuiva, hopeoitu apupeili kiillotetaan parhaiten pöydälle suoraksi levitetyn säämiskän päällä.

Käytetyt hopeointiliuokset on heti hopeoinnin päätyttyä kaadettava pois! Niissä nimittäin on hopeafulminaattia (räjähdyshopeaa), joka herkästi räjähtää itsestäänkin, jos se pääsee kuivumaan. Kaikkia liuoksia on käsiteltävä kumihansikkain ja sellaisessa paikassa, jossa pysyvät hopeatahrat eivät herätä pahennusta. Hopeointipaikan lämpötilan on oltava +20°C vaiheilla.

Lienee ilmeistä, ettei hopeoitaessa pidä käyttää juhlapukua ja että tummat hopeatahrat lähtevät käsistä vain kulumalla. Hopeanitraatti ja kaliumhydroksidi ovat voimakkaasti syövyttäviä myrkkijä, joiden säilyttäminen esim. lasten saatavilla on suorastaan rikollista.

Hopeointi ei silti ole vaikea toimenpide eikä sen kerran vuodessa tai kahdessa tapahtuva uusiminen ole mitenkään ylivoimainen urakka.

Silti on aluminoitu optiikka jokaisen peilikaukoputken omistajan toiveuni, joka toivottavasti joskus toteutuu Suomessakin.

V. VALMIS KAUKOPUTKI

Jännittävä hetki on vihdoinkin tullut! Viemme kaukoputken jalustoineen pihalle tai parvekkeelle auringon laskun jälkeen ja annamme sen siellä vakiintua ulkoilman lämpötilaan ainakin tunnin ajan. Okulaareja emme vie ulos, ja hakukaukoputken linssit on peitettävä vaikkapa huivilla jäähtymisen ajaksi. Kärsimättömän tunnin kuluttua poistamme huivin ja suuntaamme kaukoputken Kuuta kohti niin, että sen valo häikäisevänä tulvii okulaariputken tyhjästä aukosta. Vasta sitten panemme okulaarin paikoilleen, tarkennamme kuvan ja ihmettelemme Luojan töitä samalla nauttien omien kätemme aikaansaannoksesta. Jokaisen omatekoisen kaukoputken läpi nähty ensimmäinen näkymä jää lähtemättömästi mieleen. Kun vuonna 1949 sain valmiiksi 28 cm:n peilillä varustetun kaukoputken oli Venus oikein kauniina, suurena sirppinä näkyvissä. Se oli mielestäni niin ihmeellinen, että kiiruhdin sisälle hakemaan vaimonikin jakamaan iloani. Kummakseni hän suhtautui näkemäänsä varsin innottomasti ja palasi pian sisäaskareihinsa. Vasta vuosia myöhemmin hän kertoi luulleensa peilissäni olleen pahan virheen, sillä eivät kai tähdet voi olla sirpin muotoisia! En näet aikaisemmin ollut millään putkellani hänelle juuri sitä tähteä näyttänyt, enkä silloinkaan innoissani huomannut selittää näkymää. Se peili muuten särkyi sitten muutamia kuukausia myöhemmin, kun myrsky kaatoi koko rakennelman, mutta uusi, saman kokoinen peili syntyikin sitten ennätysajassa. En varmasti tiedä monesko peilini se oli. Sen jälkeen tein koko joukon eri kokoisia, lyhytpolttovalisia peilejä, hioin okulaareja ja akro-

maattiobjektiveja, rakensin muutamia mikroskooppeja, valokuvausobjektiveja yms. ja nykyisin teen taas isompia peilejä sekä aina väliin jonkun pienemmän. Paljon harvemmin kuin ennen kerkiän jäähdyttämään peilejäni havaintokuntoon, mutta muutamaan kierrokseen hioma-alustan ympäri ennätän kyllä. Optiikka näyttää olojen pakosta vähitellen tunkevan tieltään tähtitieteen.

Kokeilemme nyt Kuuhun kaikkia okulaarejamme. Jos se voimakkaimmallakin käytettävissämme olevalla suurennuksella näyttää täysin väreilemättömältä on meillä kenties loistossää, joka sattuu harvoin. Sellaisella säällä on hyvä katsella kiertotähtiäkin. Jupiterin neljä suurinta kuuta näemme helposti, ja jos joku niistä osuu sopivaan asentoon näemme sen varjon mustana pisteenä vaeltavan planeetan pilvipeitteellä, jonka vyöhykkeitä erotamme hyvällä ilmalla useitakin. Saturnuksen rengas, Venuksen vaiheet, jopa Uranuksen pieni, vihertävä kiekko ovat kaikki aukkomme ulottuvilla, viimeksi mainittu tosin vasta hartaan efemeridiiden tutkimisen ja tähtitaivaan haravoinnin jälkeen. Sitten kun Saturnus taas on korkeammalla taivaanrannasta voimme ottaa selvälle, miten monta sen kuuta pystymme näkemään.

Jonakin kuuttomana yönä etsimme tähtisumuja ja -joukkoja heikointa suurennusta käyttäen. Andromedan sumu on pettymys siitä näkemiemme upeiden valokuvien jälkeen. Orionin mahtava sumu, jota Huyghens vertasi taivaankannen repeämään, josta autuaalten kirkkaus loistaa läpi, on sensijaan todella sykähdyttävä näky! Siinä on sekä valoisia että pimeitä sumuja. Neljän

tähden muodostaman n.s. Trapetsin ympäriltä leviää kirkas usva laajoina haarakkeina, ja aivan vieressä on musta pilvi, jonka läpi miltei tukehtunut tähti tuikkii. Lyyran kuuluisa rengassumu on myös erikoinen nähtävyys, ja siihen voimme käyttää voimakkaampaakin suurennusta. Tähtisumujen ohella voimme tarkastella myös kaksoistähtiä. Viehättävimpiä niistä on Joutsenen ristin kannassa sijaitseva Albireo, jonka toinen komponentti on sininen ja toinen oranssin värinen. Lyyran Epsilonin molemmat parit erottaa kaukoputkemme helposti. Yleensä ei peilikaukoputki ole kaksoistähtien erottamisessa omimmalla alueellaan, mutta kun sen erikoisominaisuuksiin tottuu, oppii sitä niihinkin käyttämään. Peilikaukoputken ominta aluetta ovat pintakappaleet: Kuu, kiertotähdet, tähtisumut ja Linnunradan tähtipilvet. Värien näkemisessä se voittaa linssikaukoputken, joka ei ole koskaan täysin akromaattinen.

Kuun tai Jupiterin avulla voimme helposti tarkistaa hakukaukoputkemme asennon niin, että sillä tähdäten saamme aiotun taivaankappaleen ainakin heikoimman okulaarimme näkökenttään.

Jouuessani silloin tällöin esittelmään tuttavilleni tai jollekin läheisen koulun luokalle tähtitaivaan ihmeitä varaan aina taskuuni puhtaaseen nenäliinaan käärityn varaokulaarin. Vaikka kuinka varoittaisin katsojia hengittämästä okulaariin tekee sen joku varmasti enemmän tai myöhemmin, ja silloin okulaari huurtuu ja näkökentän täyttää valoisa usva. Kurkistamalla putkeen jokaisen katsojan jälkeen voin todeta tapahtuneen ja vaihtaa sisätas-kusta lämpimän ja kuivan okulaarin huurtuneen tilalle. Huurtuneen okulaarin kääriin nenäliinaan ja panen sisätas-kuun, jossa se nopeasti kirkastuu ja toimii vuorostaan varaokulaarina. Il-

man väreilyn vuoksi koetan sijoittaa odottelijat putken taakse eikä sen eteen.

Kaukoputken suorituskyvystä ei saa täyttä käsitystä ensimmäisenä iltana, eipä aina ensimmäisenä vuonnakaan. Muistan vuosien väliajoin sattuneen säitä, jolloin kuvat olivat järjettömän suurillakin suurennuksilla täysin värähättäviä. Enimmäkseen on kaukoputkeni "perussuurennuksena" 120x. Jos sää sallii käytän kiertotähtiin 250—350x, mutta sitä ei tapahdu aina. Heikkoihin pintanäkymiin, esim. sumuihin, käytän 60x akromaattiluppia, jonka suurennus edustaa käytännöllistä minimiä. Suuria suurennuksia ei pidä käyttää ellei niistä ole todellista hyötyä. 15 cm:n läpimittaisen aukon käytännöllinen maksimisuurennus on 300x. Käytännöllisenä maksimina pidetään yleensä aukon senttimetrilukua kerrottuna kahdella kymmenellä.

120 cm:n polttoväli ja 15 cm:n aukko tarvitsee seuraavat okulaarit: 30 mm (40x), 10mm (120x) ja 6 mm (200x). Jollemme itse hio okulaareja on parasta aluksi hankkia vain yksi, esimerkiksi 120x, ja lisätä kokoelmaa rikastumisen tahtiin. Mutta jos itse hiomme voimme tietysti tehdä kaikki mahdolliset (ja mahdottomat) okulaarit. Silloin ovat 5 mm (240x) ja 4 mm (300x) vielä mahdollisia. Lyhin okulaarini on 2 mm (1200x), mutta sitä ei voi käyttää muuhun kuin sään arvosteluun.

Mikäli peili on hyvä ja sää täydellinen saattaa ylisuurennuksistaikin olla hyötyä hyvin vastakohtaisen kohteen tarkastelussa. Tällöin tulisi kysymykseen ainoastaan joku ahdas kaksoistähti, jonka kirkkaus ei saisi olla paljon yli seitsemännen suuruusluokan. Kummankin komponentin pitäisi silloin olla mainittua suuruusluokkaa. Tämä on tietääkseni ainoa seikka, johon huippusuurennuksista voi olla hyötyä.

Tehtakankaasta saamme putkelle suunsuojuksen. Ulkoa sisälle tuotua putkea ei saa heti peittää, vaan peileille tiivistyneen huurteen on annettava haihtua ensin. Mikäli peilimme ovat hopeoidut voimme suojata niitä tummumiselta laatimalla pääpeiliin "peiliriasialle" tiiviin kannen, jonka sisäpinnalla (peiliin koskematta) on kerros lyijyasetaatilla imeytettyä suodatinpaperia, joka pidetään hyvin kuivana. Apupeiliin kannattimeen voimme myös suunnitella vaikkapa kumirenkaalla kiinnitettävän kelmupussin, jonka pohjalla myös on hieman lyijyasetaatilla imeytettyä suodatinpaperia. Tyhjänä seisovan okulaariputken voi peittää holkkimaisella säilykepullon kumitulpalla.

Jos peilimme hopeakerros on vahva voimme kiillottaa hopeakerroksen uudelleen pariinkin kertaan. Siten se kestää kaupungeissa noin vuoden, maalla kaksi tahi kolmekin. Hyvin ohuiksi ohennetut suojalakot, esim. kollodium 0,25 %, jotka kaadetaan pystyakselissa pyörivän peilin päälle, suojelevat kyllä hopean tummumasta, mutta heikentävät samalla sen optista suorituskykyä. Työpajassani on 138 mm:n peili, jonka varustin kollodiumkalvolla 15 vuotta sitten. Se on vieläkin täysin kirkas lukuunottamatta paria paikkaa, joista pakkaus on sitä muuttomatkoilla hangannut.

Hieman väsähtäneenä tähän kynäilyyni lopetan ja toivon, etten ole väsyttänyt lukijaakin yhtä perusteellisesti. Toivottavasti joku edellä esitetyistä ohjeista päätee ja ohjaa jonkun toisenkin sekä tähtitaivaan että optiikan aarnioihin. Ja samalla siihen hiljaiseen harjauteen, jossa "taivaat julistavat Jumalan kunniaa".

KIRJALLISUUTTA

johon peilintekijä hyödykseen ja huvikseen voi tutustua:

Ursa: Tähtitieteen Harrastajan Kirja (Pesosen artikkeli), WSOY.

Ursa: Tähtitiedettä harrastajille III (allek. artikkeli), WSOY

Ulkomaista kirjallisuutta:

Ingalls: Amateur telescope making I/III
Julkaisija Scientific American Publishing Company, New York.

Thompson: Making your own telescope. Julkaisija Sky Publishing Company, Cambridge, Mass.

Howard: Standard Handbook for telescope making. Julkaisija Thomas Y. Crowell Company, New York.

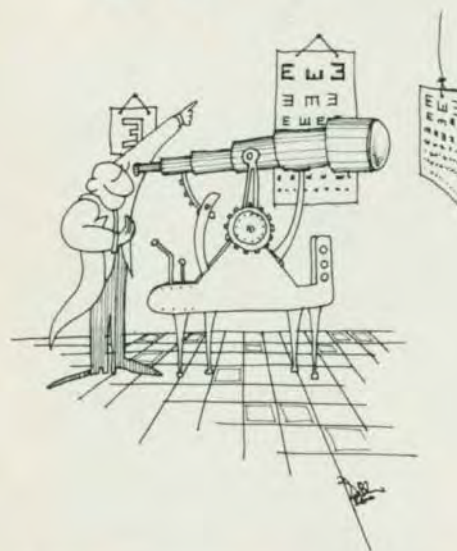
Texereau: How to make a telescope. Interscience publishers Inc.

New York. Alkuaan ranskaksi:

Texereau: La construction du télescope d'amateur.

Yllämainittujen lisäksi on olemassa vanhempia kirjoja, joiden kiintoisuus on lähinnä historiallinen ja joita, kuten yllämainittujen valtaosaakin, voi lainata Ursan kirjastosta. Kirjoissa on tavallisesti kirjallisuusluetteloita, minkä vuoksi tässä viitataan vain muutamiiin teoksiin, jotka eivät välttämättä ole alan keskeisimpiä.

TEKNOFOKUS



**Kaikki
tarvikkeet
kaukoputken
rakentamiseen**

**Tilaa
ilmainen
luettelo!**

TEKNOFOKUS

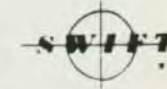
PL 47

00711 Helsinki 71

puh. 90-370 471



Edmund Scientific



MEADE, Edmund Scientific ja SWIFT – Edullinen valinta. Kun tarvitset osia kaukoputken, meiltä saat mm:

- peilit ja linssit, myös aihioina
 - okulaarit
 - fokusointilaitteet
 - kamerasovitteet
 - etsijäkaukoputket
 - kiikarit, mm. 11 x 80 mm
- sekä myös täydelliset linssi- ja peilikaukoputket.
Pyydä luettelomme, käy näyttelyssä

SEPPO HYVÖNEN OY

näyttely:

Haapaniemenk. 7–9 C (Merihaka)

00530 Helsinki 53

puh. 90–738 458



OPEX OPTICS

Erikoisalaamme ovat optiset laitteet.

Olemme alansa endotonta huippua edustavien Astro Optical'in ROYAL-teleskooppien maahantuojia.

Meiltä saatte myös tarvitsemanne peilit, okulaarit, kiikarit ja muut lisävarusteet.

Kun tarvitsette alan tuotteita, ottaa meihin yhteyttä.

Opex Ky

Topeliuksenkatu 1
00260 Helsinki 26
Puh. 448 983



URSAN UUTUDET

Hoyle, Fred ja Geoffrey: **INFERNO**

Maailmankuulu tähtitieteilijä Fred Hoyle on poikansa Geoffrey'n kanssa luonut jälleen uuden henkeäsalpaavan tieteisromaanin. Maapalloa uhkaa tuho Linnunradan ytimen räjähdettyä kvasaarina. — 34 mk.

TÄHTITIETEEN HARRASTAJAN KÄSIKIRJA 1

Tässä ensimmäisessä osassa kerrotaan mm. ilmakehän ilmiöistä, tähdenlentojen havaitsemisesta ja kuvaamisesta sekä komeettojen etsimisestä ja havaitsemisesta. — 96 sivua, 24 mk.

TÄHTITIETEEN HARRASTAJAN KÄSIKIRJA 2

Toisessa osassa ohjeita Auringon, planeettojen ja muuttuvien tähtien havaitsemisesta. Muina aiheina protuberanssiteleskooppi ja tähtien nimistö. — Ilmestyy 1982 lopulla.

TÄHDET 1982

Suosittu vuosittain ilmestyvä kirjanen tuo tähtitaivaan ajantiedon kaikkien ulottuville. Tarkkoja tietoja ja karttoja tähtitaivaasta, varsinkin planeetoista. — N. 60 sivua, n. 18 mk.

TÄHTITIETEELLINEN YHDISTYS URSA

Ursa on Suomen suurin tähtiharrastusyhdistys. Se perustettiin vuonna 1921, ja vuonna 1982 sen jäsenmäärä oli 4000. Tästä noin puolet on Uudeltamaalta, loput muualta Suomesta. Jäsenistöön kuuluu erityisen paljon nuorisoa.

Ursa toimii monella tavalla maamme tähtitieteen harrastuksen edistämiseksi. Se järjestää tähtinäytäntöjä Helsingin Kaivopuiston **tähtitornissa** (tornin puh. 90-653 505) sekä **esitelmätillaisuuksia**. Sillä on laaja tähtitieteellinen **kirjasto** Helsingissä, os. Laivanvarustajankatu 3. Kirjasto on auki maanantaisin ja torstaisin klo 18-20 sekä tiistaisin ja keskiviikkoin klo 15-17 (puh. 90-174 048). Kirjoja voi lainata myös postitse.

Viime vuosina Ursa on laajentanut kustannustoimintaansa. Se julkaisee kuudesti vuodessa ilmestyvää **Tähdet ja Avaruus**-lehteä ja vuosittain kirjasen **Tähdet 19XX**. Lisäksi viime vuosina on ilmestynyt useita **kirjoja** ja monisteita. Ursan tuotteita saa kirjakaupasta tai suoraan Ursasta, jolloin hinta (postikuluineen) on hieman alempi kuin kirjakaupahinta. Ursa on julkaissut myös **diasarjoja** tähtitieteen aiheista. Vuonna 1980 ilmestyi Ursan ensimmäinen **Science Fiction**-kirja ja 1981 **Aikakone**-lehden ensimmäinen numero.

Ursan jäseneksi voi liittyä jokainen tähtitieteestä kiinnostunut. Jäsenetuna saa mm. **Tähdet ja Avaruus**-lehden. Vuonna 1982 jäsenmaksu on 35 mk alle 20-vuotiaita ja 55 mk vanhemmilta.

Helsingin lisäksi ainakin 18 eri paikkakunnalla Suomessa toimii oma tähtiharrastajien yhdistys. Yhteyshenkilöt saa Ursasta.

Ursasta on saatavissa seuraavia julkaisuja:

VALTONEN: **MAAILMANKAIKKEUTTA TUTKIMASSA**

Turun yliopiston tähtitieteen professori on kirjoittanut yleistajuisen katauksen tähtitieteen kehitykseen ja oman aikamme tähtitieteen arvoituksiin. 352 sivua, 59 mk.

ANDERSON: **TAU NOLLA**

Ursan science fiction-sarjan toinen kirja. 192 sivua, 34 mk.

OJA-POUTANEN: **PLANEETAT**

Kaksi Helsingin yliopiston tähtitieteilijää kertoo planeettatutkimuksen menetelmistä, historiasta ja tuloksista. 256 sivua, 52 mk.

ALKEISHIUKKASTEN MAAILMA - KVARKEISTA AIKOJEN ALKUUN

Kahdeksan hiukkasfyysikon ajankohtainen katsaus. 224 sivua, 36 mk.

HEINLEIN: **PANOXENA TULEVAISUUS**

Tieteisromaanin, 168 sivua, 34 mk.

KYRÖLÄINEN-TEERIKORPI: **UFOJEN ARVOITUS**. 352 sivua, 50 mk.

KEPPLÉ-OJA: **MESSIERIN LUETTELO**

Kartat tähtisumuista ja -joukoista. 48 sivua, 12 mk.

AURINGOSTA **ÄÄRETTÖMYYTEEN**

12 artikkelia tämän päivän tähtitieteestä. 208 sivua, 34 mk.

KAILA: **TÄHTITAIVAAN OPAS** 200 sivua, kovat kannet, 44 mk.

JÄNNES-OJA: **1982 KUN PLANEETAT KOHTAAVAT**

Planeetat ja astrologia, 160 s. 34 mk.

OJA: **TULIPALLOJA TAIVAALLA**

Meteoritit, tulipallot, Tunguskan räjähdys vuonna 1908. 208 sivua, 34 mk.

KESKINEN-OJA: **MUSTAA AUUKKOA ETSIMÄSSÄ** 144 sivua, 34 mk.

TÄHTIEN JA GALAKSIEN MAAILMA

Asiantuntijoiden ja harrastajien artikkeleita. 252 sivua, 34 mk.

HEIKINHEIMO: **TEEMME PEILIKAUOKOPUTKEN** 70 sivua, 12 mk.

POSTIKORTTISARJA 16 tähtikuvaa, 10 mk.

DIASARJA 2: **JUPITER JA SEN KUUT** 10 kuvaa, 60 mk.

DIASARJA 3: **TÄHDET JA TÄHTISUMUT** 20 kuvaa, 120 mk.

DIASARJA 4: **SATURNUS** 12 kuvaa, 70 mk.

DIASARJA 5: **AURINKOKUNTA** 25 kuvaa, 150 mk.

Kaikissa diakuissa tukevat muovikehykset ja seikkaperäiset kuvatekstit. Erityisen sopivia opetuskäyttöön.

Kirjat ym. saa yo. hinnoilla postitse suoraan Ursasta. Postikulut sisältyvät hintoihin, joten lisäkuluja ei tule. Kirjat saa vielä muutamaa markkaa halvemmalla, jos itse noutaa ne Ursan toimistosta. Saatavissa myös hyvin varustetuista kirjakaupoista postikortti- ja diasarjoja lukuunottamatta.

Ursan toimisto ja kirjasto ovat avoinna maanantaisin ja torstaisin klo 18-20 sekä tiistaisin ja keskiviikkoin klo 15-17. Osoite **Laivanvarustajankatu 3, 00140 Helsinki 14**, puh. 90-174-048.

Tähtitieteen harrastajalla on palava halu nähdä ja ymmärtää jotakin avaruudessa tapahtuvasta mahtavasta näytelmästä. Harrastuksen voi hyvin aloittaa ilman optisia välineitä, mutta yleensä varsin pian harrastaja haluaa syventää harrastustaan kaukoputken avulla. Mutta tähtiharrastusta aloittelevat ovat yleensä nuoria eivätkä voi sijoittaa kovin paljon varoja kalliisiin kaukoputkiin. Tällöin he voivat tarttua ainutlaatuiseen mahdollisuuteen: Teemme peilikaukoputken! Opas neuvoo yksityiskohtaisesti varsinkin kaukoputken pääpeilin teossa.