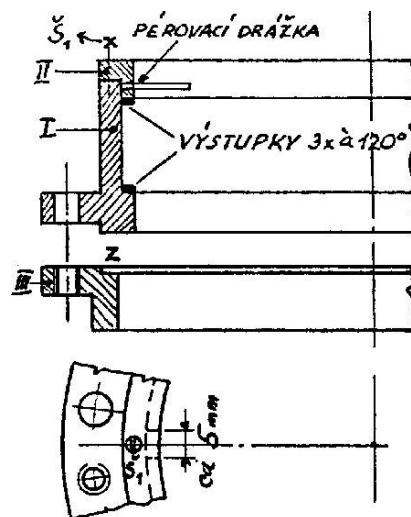


Veškeré rozptýlené světlo lze odstranit jen opatřeními značně pracnými. Za okulár dáme clonu průměru přesně shodného s výstupní pupilou dalekohledu tak, aby se nalézala přesně v jí odpovídající pozici. To zjišťujeme pomocí lupy. Navíc, obvod výstupní pupily musí pozičně s obvodem clony přesně souhlasit a clonu samu vestavujeme do víčka okuláru. Jako nezbytná bývá pak oprava pozice okulárového výtahu tak, aby nastala koincidence jeho podélné osy s osou optickou. To umožní již dříve zmíněné regulační šrouby okulárového výtahu, neboť jejich nepatrné protočení svede dojustovávat výtah naprosto přesně. Malá zvětšení o velké výstupní pupile, až tři milimetrů, nepředstavují nesnáze. Velká zvětšení o pupile i jen půlmilimetrové již značné problémy realizace přinášejí. Zmírní je jen clonky vhodného vnitřního průměru v clonící nebo okulárové trubici.

V.10. Objímka pro astronomický čočkový objektiv až do průměru 150 milimetrů.

Správně funkční objímka pro astronomický čočkový dalekohled je výrobně poměrně dosti obtížná mechanická součást, kterou vyrobit svede jen kvalitní soustružník. V rozkreslení objímky, které uvádíme na obrázku 71, rozlišme tři části. Čočky ukládáme v části I. Její vnitřní průměr je asi o pět setin milimetru větší než činí průměr čoček. Tato vůle je vynucena rozdílnou tepelnou roztažností skla a kovu použitého na objímku. Vnitřek objímky musíme opracovat jemně, když čočky mají být po stranách jemně obroušeny alespoň změnám brusných prášků číslo 400. Flintová čočka spočívá na třech výstupcích, asi dvě desetiny milimetru vysokých, o délce asi pěti milimetrů. Přesně nad těmito výstupky se mezi oběma čočkami mají nacházet distanční papírky, oddělující obě čočky. Korunovou čočku mírně přitlačí prstenc II s třemi podobnými výstupky, opět přesně nad těmi v části I, nikoliv však prostřednictvím závitu. A zase přesně nad výstupky jsou v prstenci II pérovací drážky v délce asi dvou, čtyř centimetrů, asi 1,5 mm nad dolním okrajem prstence II. Tloušťka prstence, případně výška objímky, se vždy dodatečně upravuje tak, aby zašroubováním šroubků \bar{S}_1 došlo k přiměřenému přitlaku výstupků na spojnou čočku. Je-li jejich přitlak správný, nesmí již dojít k přílišné deformaci interferenčních kruhů mezi druhou a třetí optickou plochou objektivu.



Obr.71

Jistou symetrickou deformaci však připouštět lze. Pokud jsou u některých typů objektivů interferenční kruhy u okraje neznatelné, například při značnějších rozdílech poloměrů křivosti r_2 a r_3 , pak jakousi informaci o přitlaku obou čoček lze vyvodit z chování pohybu interferenčních kruhů v oblasti středu objektivu. Přitažením jednoho ze šroubků se poněkud změní poloha interferenčních kruhů, jež se po jeho malém uvolnění navrací k původní poloze. Tento jev se má opakovat během přitahování každého ze tří šroubků \bar{S}_1 . Během přitažení některého ze šroubků můžeme rovněž poznat nedoléhavost některého z výstupků, tedy i nepřesnosti ve výrobě buď objímky, či kroužku. Příliš velký přitlak prstence rozeznáme již při autokolimační zkoušce objektivu. Dochází-li totiž k němu, pak se obraz umělé hvězdy roztahuje již při malém rozostření nepravidelně a zmírněním síly přitlaku ihned zpozorujeme rychlé mizení nepravidelnosti rozostřeného obrazu. Naštěstí jsou deformace optických ploch obou čoček při takovém tlaku orientovány v opačném smyslu a ani značné tlaky proto nemusí být zrovna markantní. Větší tlak v objímce než ten, jež vhodně zabraňuje pohybu čoček za prudšího pohybu, či při jejich čištění, však považujeme za zbytečný, ba za nevhodný a důsledně jej redukuje. Třetí oddělená část objímky III umožňuje malé, avšak nezbytné sklony objektivu do správného směru a je proto nezbytná pro vyrovnávání malých výrobních prohřešků za tvarování tubusu. Tato část III se upevňuje v tubusu a společně s objímkou I je propojena i vzpírána třemi dvojicemi šroubů, z nich v každé dvojici jeden tlačí a druhý táhne. Tlačný šroub má vymezit jeden z bodů roviny, jejíž normála má směr shodný s optickou osou objektivu. Tažný šroub naopak objímku přitlakem fixuje v námi vymezené poloze. Vyplácí se proto typy těchto šroubů rozlišovat např. rozdílností tvarů jejich hlavice proto, aby za justování pomocí obrazů hvězd nedocházelo v podmínkách nedostatku osvětlení, či jinak, k jejich nechtěné záměně a tím i ke zmaření většího úsilí.

V.11. Objímka pro čočkový objektiv nad 150 milimetrů.

Objímka se celkově neliší od objímky právě uvedené. Existuje však jediný podstatný rozdíl a to ten, že čočky se po straně dotýkají objímky ve třech výstupcích vytvářených šroubků, zavedenými do objímky z boku. Dva z těchto šroubů jsou pevné, třetí však musí být přitlačován silnějším pérem, využívajícím buď přímo speciální vhodný výřez do objímky, či přímo přišroubovaným na objímku zevnějšku. Sílu péra musíme nastavit alespoň takovou, aby se tato přitlačná součást neprohýbala působením váhy čočky při svém užitém napětí o více než o 0,01, maximálně však až o 0,02 mm. Tlak na čočku je vhodné proto zkonstruovat jako seřiditelný, např. pomocí šroubků. Mezi objímkou a objektivem může být vůle i větší, třeba až několik desetin milimetru. Pro vhodně nastavený tlak péra může objektiv zůstat prakticky vnitřně nepohyblivý, a to za všech teplot přicházejících do úvahy, i teoreticky. To je zásadní a nezbytná podmínka správné funkce všech objektivů, spojených s vyměřovacími pracemi. Postranní výstupky pak polohujeme do roviny těžiště čočky kolmé k optické ose. Jejich shodná vzdálenost je rovněž samozřejmostí.

V.12. Čištění čoček objektivu a jejich vkládání do objímky.

Čočky očistíme po stranách od leštící červeně benzinem a jemným pískem na čištění nádobí, nejlépe korkovým přípravkem. Zbylou smolu po uchycení rukojetí k broušení a leštění odstraníme lehce lázní v *čistém technickém benzínu*, ve vhodně velké ploché misce. Papírovou vatou čočku pak zhruba očistíme od roztoku smoly a benzínu a poté již čistou vatou smočenou v benzínu své dílo vyčistíme co nejdokonaleji. Podobně postupujeme při čištění vysokoprocentním methyalkoholem. Plocha bude dostatečně čistá již tehdy, bude-li se rovnoměrně zamlžovat naším dechem. Pokud toho nedosáhnete, kápneme na vatou hustší červeně a plochu jí jen jemně přetřete, avšak neužijte sebemenší tlak na ni. Po oschnutí čočku dočistíte čerstvou vatou. Případné nechtěné deformace optické plochy se obávat nemusíte. Splněním naší podmínky o nepoužití tlaku je to zcela vyloučeno.

Vyčištěných ploch se nikdy nesmíme holou rukou dotknout, ba ani jen lehce o ně zavadit. Jinak bychom museli jí zasaženou část plochy opět důkladně očistit. Zásadně vždy celou, přinejmenším leštící červení. Sklo se třením elektricky nabíjí a přitahuje prach i drobná vlákénka vaty, vznášející se ve vzduchu. V optických továrnách aplikují tkaniny, jež svá vlákénka neuvolňují. My se spokojíme i s čistě opraným kapesníkem. Ostatní manipulace raději provádějme v jiné místnosti, zaručeně prosté poletujících vlákenek vaty, prachu a nečistot.

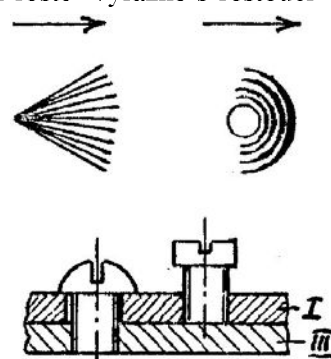
Nalepování distančních papírků na spojnou čočku je taktéž operací značně choulostivou. Snad nejlépe vyhovuje lesklá lepenka tloušťky asi dvou desetin milimetru. Její tloušťka bývá dostatečně stálá. Nastříháme si z ní stejně velké papírky rozměru asi dva na pět milimetrů a stlačíme je silně mezi dvěma skly proto, abychom tím srovnali jejich za stříhu pozvednuté okraje. Na spojce si označíme body vzdálené na obvodu o 120° a papírky, držené pinzetou, potřeme některým rychle neschnoucím lepidlem, např. arabskou gumou, v tenké vrstvě. Přímou na okraji plochy je přilepme do správné polohy. Potom velmi opatrně přitlačíme rozptylkou tak, aby přitom nedošlo k sebemenšímu jejich vzájemnému posunutí a současně, s pomocí neónové lampy, pozorujeme kriticky interferenční pruhy. Lampu přitom držíme přesně u oka a v co možná nejdelší vzdálenosti od objektivu. Při větším rozdílu r_2 a r_3 uvidíme, v poloze se spojkou směřovanou k nám, jen několik kruhů uprostřed obrysu objektivu v objímce. Nesouhlasí-li střed interferenčních kruhů se zdánlivým geometrickým středem obrysu objektivu, o čemž se lze přesvědčit případným přeměřením (i když tento způsob bývá poněkud pochybný), tlačíme bezprostředně na okraj čočky objektivu právě v místě středově symetricky polohovaném vůči azimutu interferenčních kruhů, vychýlených ze své středové pozice. Nejvhodnější k tomu, zřejmě, bude místo, nacházející se přímo nad právě nejbližším distančním papírkem k této protipozici. Připomínám, že za této operace se obě čočky nesmí vzájemně sebemeně posunout. Snad budeme mít to štěstí a podaří se nám lepidlo, akorát přebývajícím, vytlačit a tím i docílit přesnou soustřednost interferenčních kruhů. Provádění této sladovací operace mezí ploch objektivu se ukazuje jako nepatřičnější jen tehdy, je-li umístěn přímo v jeho objímce. Konečné posouzení je zásadně směrodatné alespoň autokolimační zkouškou, avšak ten nejlepší test objektivu je přímo na obloze a, pochopitelně, za dokonale klidného stavu ovzduší. Později to ještě popíšeme podrobněji. Nestejná tloušťka distančních papírků, způsobující prostorový nesoulad optických os dvojice našich čočkových komponent tak vlastně přímo, se nám musí nutně projevit vadou zobrazení typu koma. Opatrné a trpělivé seškrabávání těchto papírků žiletkou, spojené nezbytně s jeho neustálým pečlivým přezkušováním, jsme též již zmínili. Jen tak se lze dobrat uspokojivého výsledku, i u světlejších objektivů především, jenž jsou, na vzájemnou správnou polohu čočkových komponent, mimořádně citlivé.

Jako nejsprávnější způsob vkládání čoček do objímky objektivu se ukazuje následující způsob. Ten ostatně v principu platí plně i pro konečné vkládání zrcadel. Sestavené čočky objektivu si položíme na čtvercovou krabičku značně menší velikosti, v porovnání s jeho průměrem, a objímku objektivu se pak snažíme na ně, za současných manipulací prsty v čistých rukavičkách, navléknout. Vše musí proběhnout naprosto lehce a bez sebemenšího silového působení. Jinak by, nejpravděpodobněji, mohlo dojít k snadnému odštěpení nějaké okrajové plošky. Každý toho dříve, nebo později, a jistě uvážlivě, docílí. Dojde-li však k tomu, že se nám objímka vzpříčí a uvázne jakkoli ve špatné poloze, doporučuji objímku vyhrát, za stálého protáčení. To samo je k nápravě věci plně dostačující. *Sesazování objektivu do celku bývá spojeno s nejsnazší prací tehdy, máme-li čočky po obvodové straně jemně obroušené a jsou-li, stejně jako objímka, i přesně kruhové.* Ostatně, přesně taková finální úprava bývá u objektivů, renomovanými optickými firmami produkováných, naprostou samozřejmostí. Zjevně jde přitom o technologické detaily, obvykle způsobující vlastně amatéru-samoukovi ty nejvážnější těžkosti a problémy.

Jde přitom o práci, zajišťující natolik správné prostorové polohy optické osy objektivu ve svém konečném efektu, aby s optickou osou okuláru mohla co nejideálněji splynout. Proto je především nezbytné důkladně prověřovat, zda prochází podélná osa okulárového výtahu geometrickým středem optických ploch objektivu. Právě to se v amatérských konstrukcích dalekohledů nedodrhuje naprosto přesně a proto se nám vždy vyplácí co nejdůkladnější prověrka všech náležitostí. Postup prověřování by mohl být následující: Objektiv zakryjte průsvitným papírem, na němž jste si tuší vykreslili několik přesně soustředných kruhů tak, aby byly současně koncentrické i s vnitřní obrubou objektivové objímky. Do pozice okuláru vložte clonu s otvorem o průměru nanejvýše jednapůl milimetru a do objektivového konce okulárové trubice vložte clonu s vnitřním otvorem takového průměru, aby se nám na vzdálený objektiv promítala coby kruh průměru nepatrně menšího, než má náš objektiv sám. Jistě není pro vás problém si takový průměr spočítat. A dalekohled zamiřte k jasné obloze. Podíváte-li se proto přes clonku umístěnou v místě okuláru, musí se promítat clona na konci okulárové trubice při tom na objektiv ve tvaru kruhu přesně soustředného se soustřednými kruhy, vykreslenými na průsvitném papíře tuší. Nedosáhnete-li toho, pak zpozorovanou chybu musíme odstranit novým pozičním přestavením s opětovným nastavením okulárového výtahu tak, aby plně vystihoval zde popsanou logiku věci. Hlavně tou je nutné se řídit.

Vlastní justování objektivu je věci zcela delikátní. Prvořadě je k tomu nezbytná hvězdná noc s atmosférou zcela ustálenou, ty však bývají zcela výjimečné. Proto se u větších objektivů i zrcadel musíme spokojit často jen i s přibližnou dočasnou justáží, a to až do doby jejího bezodkladného precizního dokončení, samozřejmě, že bezprostředně v okamžiku nejbližšího výskytu k tomu vhodné noci. Žádné odklady netolerujte, roztodivnosti vrtochů počasí každý amatér dostatečně zažil na své kůži. Pro astronomii jsou typické.

Dalekohled se zhruba dvacetinásobným relativním zvětšením na jeden centimetr průměru objektivu a za dokonalých podmínek ovzduší, zamiřte na Polárku, jež je k tomuto účelu snad vůbec nejvhodnější. Přiveďte si ji do středu zorného pole. Za dokonale klidného ovzduší byste měli tuto hvězdu spatřit jako malinký kruhový kotouček, s jedním nebo více soustřednými ohybovými kroužky. Jejich počet přitom roste výrazně s rostoucím průměrem objektivu. Zvýšení intenzity především prvního ohybového kroužku, případně i zvýšení jejich počtu, bývá způsobováno eventuálně přítomnou otvorovou vadou. Této okolnosti věnujte náležitou pozornost! Ohybové kroužky musí být zcela přesně kruhové a i jejich šířka po celém jejich obvodu musí být táž. Pokud není objektiv správně justován, pak se u objektivů, různých od aplanatických, setkáváme s již námi dříve popsaným úkazem, prozrazujícím přítomnost komy. Pokud je úroveň komy velká, znetvoří nám tím obraz hvězdy do tvaru malé kometky. V opačné situaci, tedy je-li jev komy nevelký, pozorujeme pouze jí zesílené ohybové kroužky, jakoby byly soustředěné pouze do jednoho směru, kdy se příslušné části ohybových kroužků počnou se strany středově symetrické okolo středu ohybového kotoučku pozorovatelně vytrácet. Malým vytažením či vtažením okuláru nedochází pak již k stejnoměrnému rozšiřování kotoučku hvězdy, ale jen se více kloní k té straně, na niž se koma jeví. Chybu zmenšíme, když část objektivu na niž směřuje koma, přiblížíme k okuláru, či symetricky podle středu opačnou část objektivu, tu k níž hlava kometky směřuje, naopak od okuláru oddálíme. Sledujme to na obrázku 72. Směr komy je zde vyznačen šipkou a znázorňujeme na něm i dvojici justážních šroubů, tažného i tlačného, zajišťující buď oddálení, či přiblížení objektivu k okuláru. K přiblížení objektivu stačí tlačný šroub povolít a ihned dotáhnout tažný šroub. Opačný postup je jasný. Vidíte, že nejdříve povolíme náš šroub tažný a naopak vešroubujeme jej doplňující šroub tlačný.



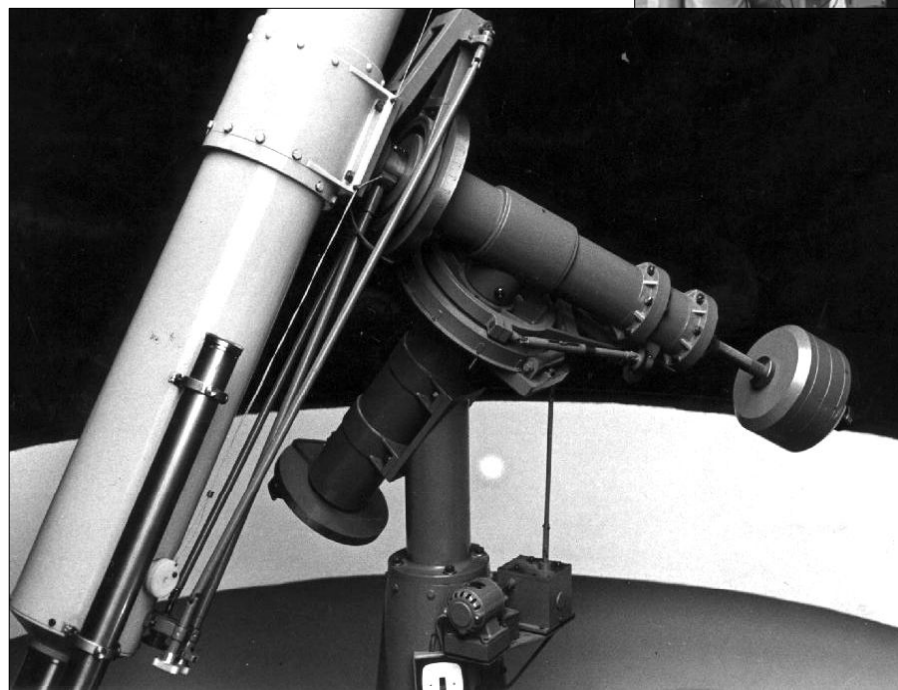
Obr.72

Potom hvězdu přivedeme opět do středu zorného pole, zaostříme si ji a zjistíme, zda jev komy se zmírnil, odstranil, či zda změnil svůj smysl. Podle posouzení vzniklé situace postupujeme náležitě dále až do té doby, než docílíme stavu zobrazení, v němž se ohybový kotouček hvězdy rozostřováním roztahuje při obou rozostřeních zcela souměrně vzhledem k nastavené pozici naší hvězdy. Postupným opatrným vysouváním a zasouváním okuláru přitom docílíme toho, že se kotouček roztahuje do systému koncentrických ohybových kroužků. Ty by obousměrným oddalováním okuláru od ohniska měly přibývat a rychle temnět. *Abychom jasně zjistili i nepatrnou chybu v justáži objektivu, musíme okulárem posunout jen o tolik, aby se objevil jeden, či maximálně dva ohybové kroužky, nikdy ne více.* Potom i sebemenší vada se projeví excentrickým roztahováním kroužků. Ke konci justáže jsou pohyby šroubů jen zcela nepatrné a musí být velmi jemné. Při justáži je vhodná souhra dvou osob, kdy jedna je u okuláru a hlásí výsledek justážních pohybů a současně vydává instrukce k natáčení šroubů oné osobě druhé, jež je v blízkosti objektivu a instrukce pozorovatele prakticky uskutečňuje.

Pozorováními extrafokálních obrazů jsme tak zpřeciznili justáž objektivu, dosaženou přímým pozorováním obrazu přesně v ohniskové rovině. *U objektivů aplanatických, prostých komy, je náš postup jiný.* Jejich hlavní optickou vadou je astigmatismus šikmých paprsků. Aplanatické objektivy jsou však i méně citlivé na justáž

Zprovoznění celostatu LH ve Ždánicích v roce 1966. Pan Kozelský instruuje, Ing.Gajdušek přihlíží zprava.

svých prvků, než jsou objektivы neaplanatické. U nich nedostatečnou justáž poznáváme pak podle toho, že ohybové kruhy hvězd získávají eliptický tvar již pro malé vsunutí či vysunutí okuláru, a že hlavní osy této elipsy jsou vůči sobě vzájemně kolmé. K odstranění vady je nezbytné objektiv mírně protočit v jednom, či v druhém směru kolem



hlavní osy elipsy, jež je patrná za malého zasunutí okuláru. Směr je přitom nutné vyzkoušet. Nelze-li objektiv ani popsáním způsobem opravit, je důvod k podezření, že chyby jsou v samotné konstrukci objektivu. Osový astigmatismus tu pak může být důsledkem faktu, že jeho optické plochy nejsou už více rotačními plochami. Vada může spočívat ale i ve skle samotném. To nám prokáže autokolimační zkouška. Spočívá-li vada čoček divně na optických plochách, mohou též i obě čočky být astigmatické.

Pohled na okulárovou část velkého refraktoru Lidové hvězdárny Ždánice, osazeného objektivem o $\varnothing 20\text{cm}$, $f=3\text{m}$.

V tom případě lze jejich vzájemnou rotací vyhledat polohu, v níž se obojí astigmatismus může částečně, či dokonce i zcela, eliminovat. Nalezení optimálního protočení obou komponent je obtížné i velmi pracné.

Je-li možná aspoň částečná eliminace, pak ke zdaru vedou nejrychleji jen systematická hledání, podložená bedlivým pozorováním zobrazení. I u objektivů zhotovených věhlasnými optickými firmami najdeme stranové označení poloh obou čoček dvěma zářezy tak, aby jejich koincidence zaručovala vzájemnou polohu, v níž je hodnota osového astigmatismu nejmenší. Čočky pak ve vlastním zájmu spolupoložujeme těmito zářezy.