



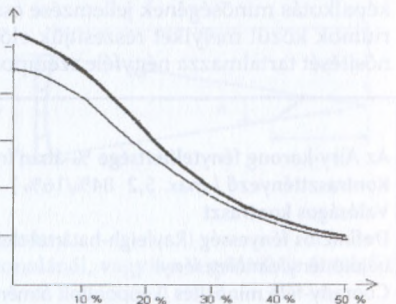
Távcsőkészítés

A kontraszttényező: a segédtükör méretezése

Az alábbi cikk megírására Schmidt Zoltán írása sarkallt, mely a Meteor 2006/5. számában jelent meg, A titokzatos Airy-korong címmel. A távcsövek elvárható képminőségével kapcsolatban elég nagy a tájékoztatatlanság. A képalkotás minőségét számításokkal, vagy az egyes jellemzők körülírásával adhatjuk meg.

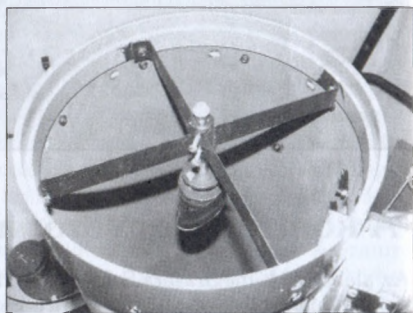
Az Airy-korongot a fényelhajlás jelensége hozza létre az optikai eszköz szabad nyílásán. Összetett rendszereknél rekeszekben, segédtükrök kontúrján, a segédtükröt tartó lábakon is létrejön. Ezek a másodlagos fényelhajlási képek az eredeti diffrakciós képet elrontják, és az összetett rendszerekben a kontrasztot rontják. Helytelen méretezés esetén a feloldóképesség is romlik. Az Airy-korong elárulja az optikai rendszer minden hibáját, és közvetlenül tájékoztat a távcső optikai minőségéről. Ha egy távcső fókusza adott, az Airy-korong átmérőjét a szabad nyílás, míg a fényességeloszlását a képalkotás minősége határozza meg. Kifogástalan az optika, ha az Airy-korongba a fény 84%-a jut, és a gyűrűkbe csak 16%. $84/16 = 5,25$ kontraszt tényezőt eredményez. Ennél jobb eredményt nem tudunk produkálni (kitakarás nélküli távcsövek). A központi kitarással terhelt távcsövek képe lágyabb, és az Airy-korongból több fény tolódik át a gyűrűkbe. A központi kitarítás mértéke valamivel kisebb mint 15%-os értéktől (egyres Newton-reflektoroknál) egészen 50%-ig terjed (Cassegrain-távcsövek) a főtükör átmérőjéhez viszonyítva. Egyes távcsőforgalmazó cégek katalógusaiban nem a főtükör átmérőjének, hanem területének a kitarart százalékos értékét adják meg, mert ez jóval kisebb értéket eredményez (és megtévesztő lehet). Pl. a 35%-os kitarítás a főtükör területének a 12%-át adja eredményül.

A kitarítás miatti fényességvesztésnél sokkal komolyabb a kontrasztszökkenés. Nagy központi kitarítás esetén még nehezebb az olyan finom, kontrasztszegény részletek megfigyelése, mint a Jupiter vékony egyenlítői felhősávjai vagy a Mars felszíni rajzolatai. Az a pont, amikor ez a kontraszt-hiány észrevehetővé válik, meglehetősen vitatott, de abban a legtöbb távcsőszakértő megegyezik, hogy addig, amíg a segédtükör átmérője kisebb a főtükör 20%-ánál, nem okoz problémát. A mellékelt ábra a kontraszttényező változását ábrázolja a kitarítás függvényében.

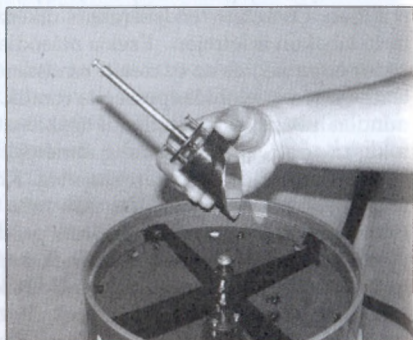


A kontraszttényező változása a kitarítás függvényében. Az alsó görbe négyágú segédtükörtartóra vonatkozik

Gyári 200/1200-as Newton-reflektorom eredeti segédtükre 60 mm-es volt. Ez 30%-os kitakarást jelent, amihez $K=2$ kontrasztérték tartozik. Az ideális 5,2 értékhez viszonyítva a távcső kontrasztja csak 38%! A valóságban ehhez még egy rontó tényező társul: a segédtükrő tartólábainak hatása. Négyágú tükrőtartó esetében az ábra alsó görbéje érvényes (1,5 mm vastag lemezből készült tartó esetében). Ha ezt a 30%-os kitakarást az alsó görbére vetítjük, az előbbinél is rosszabb kontrasztértéket kapunk: 1,9-et, a valóságos kontraszt csak 35%-a az ideális értéknek. Ebből az okból kifolyólag építettem át Ferenczi Béla közreműködésével a távcsövet. Valójában a segédtükrő-méret kis értéken való tartásának leghatékonyabb módja az alacsony profilú okulárkihuzat alkalmazása. A gyári magas kihuzatot 85 mm-rel alacsonyabbra cseréltem, a tubus hosszát megtoldva ezzel az értékkel, így 40 mm-es segédtükrő is elegendő lett, ami 20%-os kitakarást tett lehetővé. Ehhez 3,2 kontrasztérték tartozik, ami a valóságos érték 61%-a, négyágú tartólábakkal 56%-a az ideálisnak, ami jónak mondható. A mostanában egyre szaporodó Makszutov-Cassegrain és Schmidt-Cassegrain rendszerek esetében a viszonyok még kritikusabbak. Ezeknél a távcsöveknél 35-40%-os kitakarás miatt a kontrasztérték az ideális érték 20-25%-a! A képalkotás minőségének jellemzése csak a sorrendiség kérdésén múlik, hogy a kritériumok közül melyiket részesítjük előnyben. A következő táblázat a képalkotás minősítését tartalmazza négyféle szempont alapján:



A cserélhető segédtükrőtartó



A segédtükrő cseréje

	Kitűnő	Jó	Gyenge
Az Airy-korong fénytélítettsége %-ában (max. 84%)	74-84%	67-74%	58-67%
Kontraszté tényező (max. 5,2 84%/16%)	2,8-5,2	2,0-2,8	1,4-2,0
Valóságos kontraszt	54-100%	38-54%	26-38%
Definíciós fényesség (Rayleigh-határral definiált bejutó fény/elméleti fény)	0,88-1,0	0,8-0,88	0,7-0,8
Conrady-féle minősítés (képpontfolt átmérő, mm)	0,25-0,075	0,25-0,75	0,75 alatt

A különböző mértékű kitakarásokkal alkotott kép optikai jellemzőinek változásait mutatja a következő oldalon látható táblázat. (Négyágú tükrőtartó esetében a zárójelben szereplő értékek a mérvadók.)

Kitakarás mértéke	0%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	50%
Aíry-korong fényteltettsége	84	82(80)	79(78)	76(74)	72(70)	67(65)	59(58)	50(49)
Kontraszt tényező	5,2	4,5(4,0)	3,9(3,5)	3,2(2,9)	2,6(2,4)	2,0(1,9)	1,45(1,4)	1,0(0,95)
Valóságos kontraszt	100	86(77)	75(67)	61(56)	50(46)	38(36)	27(26)	19(18)
Definíciós fényesség	1	0,98 (0,95)	0,95 (0,93)	0,9 (0,88)	0,85 (0,83)	0,8 (0,78)	0,75 (0,7)	0,6 (0,58)

A központi kitakarással terhelt optikai rendszereket úgy kell méretezni, hogy a kitakarás mértéke minimális legyen! Newton-távcsöveknél az ideális méretű segédtükör keresésében jó kiinduló pont annak a minimális méretnek a kiszámítása, ami a fókuszpontba tartó fénysugarak mindegyikét befogja. Ehhez két számadatra van szükségünk: a főtükör fényerejére (f) és a segédtükörnek a fókuszsíktól való távolságára (L). A minimális méretű segédtükör mérete: L / f vagy $L / (F/D)$ (mindkettő azonos eredményt ad).

A minimális méretű segédtükör lehetővé teszi a főtükör teljes fénygyűjtő- és felbontóképességének kihasználását, de csak a látómező közepén. A szélek felé az objektumok a 100%-nál kisebb megvilágítottság miatt halványabbnak látszanak (vignettálás). A bolygók megfigyelését, amikor a bolygó képét a látómező közepén szemléljük, általában nem hátráltatja ez a jelenség. Az általános megfigyelésekhez azonban kívánatosabb a nagyobb, teljesen megvilágított látómező. Változócsillag-megfigyeléshez és asztrofotózáshoz fontos, hogy a látómező egésze egyenletesen megvilágított legyen. Ezeket a tényeket figyelembe véve célszerű a segédtükörtartót cserélhetőre megtervezni, hogy a célunknak megfelelő méretű tükröket alkalmazhassunk. Egy minimális méretű segédtükört bolygók megfigyeléséhez és egy kb. 10–12 mm-rel – 2 hüvelykes okulárkihuzathoz kb. 20 mm-rel – nagyobbbat a nagyobb égterületet igénylő megfigyelésekhez. Aki pontosabban szeretné meghatározni az adott célnak megfelelő segédtükör méretét, annak a következő méretezést ajánlom:

d : a fénykúp átmérője a segédtükör középvonalánál, vagyis a segédtükör átmérője (kistengely),

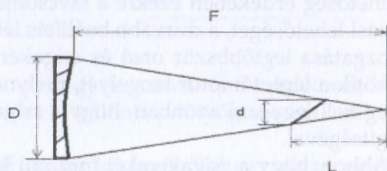
L : a segédtükör középpontjának a fókuszsíktól mért távolsága,

K : a leképezendő égterület mérete a fókusz síkban (a többi hosszadattal azonos mértékegységben),

β : a leképezendő égterület fokban számolva.



Az alacsonyabb Crayford-kihuzat (alatta kézben tartva a távcsőhöz mellékelt gyári kihuzat)



Általánosságban minél nagyobb a teljesen megvilágított látómező, annál kisebb mértékű halványodás figyelhető meg a szélek felé, de a megvilágítottság csökkenésének üteme sokkal kisebb rövid fókusztávolságú (fényerős) távcsöveknél, mint a hosszabb fókuszu műszerek esetében. A bolygómegfigyelők hajlamosak olyan kis segédtükröt választani, amelyet csak lehetséges, és nem bájnják, ha a széleken a megvilágítottság nullára csökken.

A Távcső Diszkonttól kedvező áron szerezhető be különböző méretű GSO márkájú segédtükrök, amelyekből 4 db-ot ki is próbáltam a beépítés alkalmával, és mindegyik diffrakcióhatárolt minőségűnek bizonyult.

Akinek van lehetősége a megfelelő átépítéshez, érdemes fontolóra vennie ezt a kérést az észlelések minőségének javítása érdekében. Mindezekhez sok sikert kívánok!

HORVÁTH ZSOLT

Hatcsapágyas távcsőmechanika

A csillagászati távcső második legfontosabb része a távcsőmechanika az állvánnyal együtt. A távcsőmechanika segítségével tudjuk mozgatni a távcsőtubust, de nem mindegy, hogy ez milyen módon történik, illetve hogy milyen terhet mozgatunk. Cikkemben leírom, milyen megoldással egészíteném ki a parallaktikus (ekvatoriális) távcsőmechanikát, pontosabban annak kuplungozását.

Manapság az ekvatoriális mechanikák különféle változatait széles körben használják. Több típusa is van: német szerelésű, villás tengelyrendszerű, csapos tengelyrendszer, ekvatoriális platform, valamint ezeknek a különböző kombinációi. Az én választásom a villás-parallaktikus tengelykeresztre esett. Ennél a megoldásnál a pólusra néző, rektaszcenziós tengelyen nem egy másik tengely van, hanem egy U alakú villa, és ebben a villában ül a távcső.

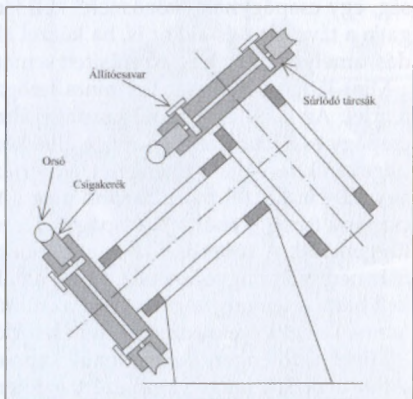
Mint az köztudott, az ekvatoriális távcsőmechanikák rektaszcenziós tengelye párhuzamos a Föld forgástengelyével, ennek következtében csak ezt a tengelyt kell mozgatni ahhoz, hogy a csillag a látómezőben maradjon. Azonban a könnyebb kezelhetőség érdekében ezekre a távcsőmechanikára mindig készítenek még egy mozgatósi lehetőséget, a durvább beállítás lehetőségének céljából (pl. kézzel). A tengelyek mozgatása legtöbbször orsó és csigakerék segítségével történik. Az orsó tengelyére rákötik a léptetőmotor tengelyét, melynek forgatása mozgásba hozza a csigakereket. Meg kell jegyezni azonban, hogy a csigakerék kézzel nem forgatható, csakis az orsó segítségével.

Ahhoz, hogy a csigakereket forgatni lehessen, le kell választani az orsóról. Ez nem túl előnyös megoldás, mert az orsó beállítása időigényes feladat, mivel nagyon pontosan kell érintkeznie a csigakerékkel, a fogak közti rés által keletkezett „foghibák” kiküszöbölése érdekében. A csigakerék ilyen tulajdonsága miatt a tengely kézi állításához szükség van még egy tengelyre, amely szabadon foroghat a csigakeréktől függetlenül. Erre általában két megoldást alkalmaznak. Az egyiknél a kézzel állítható tengely a csigakerék tengelyén van, a másik típusnál pedig, a csigakerék két lap közé van szorítva úgy, hogy kisebb erő kifejtésekor elfordítható legyen a tengely.

A mellékelt ábrán látható tengelykereszt kezelése úgy történik, hogy amikor át szeretnénk állítani a távcsövet az ég egy másik pontjára, az állítócsavarokat föl kell engednünk, hogy szabadon mozoghassanak az állítótengelyek. A csavar felengedése azonban néha kényelmetlen, főleg amikor kint észlelünk egy réten, és nem látjuk, hogy akkor éppen hol van a szorítócsavar. Az állítótengely és a főtengely közt általában csúszócsapágyazást alkalmaznak, tehát nagyon pontos megmunkálás szükséges ahhoz, hogy az állítótengely a főtengelyen ne lötyögjön. Ennek a megoldásnak azonban az az előnye, hogy miközben az óramű működik, a szorítócsavar kicsavarásával szabadon állíthatjuk át a távcsövet másik koordinátákra, de közben nem kell kikapcsolni az óraművet.



A jobb oldalon bemutatott megoldásnál a kézi állítás alkalmával nem kell semmilyen szorítócsavart felengednünk, mert a csigakerék két – általában bronzból készült – tárcsa közé van fogva, így kisebb erőhatás kifejtésekor, legyőzve a csigakerék és a tárcsák közt fellépő súrlódási erőt, a távcső durván is állítható. Az átállítás nehézségét a szorító tárcsákat összekötő csavarokkal lehet szabályozni, ezért ezt az amatőrcsillagászok körében kuplungos távcsőmechanikának is nevezik. A megoldás nagy előnye, hogy az észleléskor nem kell semmihez nyúlni, egyszerűen át lehet állítani a távcsövet, miközben az védett az esetleges koccanásoktól, ill. véletlen megnyomásoktól.



Ennek a megoldásnak egyedüli hátránya az, hogy a tárcsák és a csigakerék közt mindig kell lennie egy bizonyos súrlódási erőnek, különben lötyög a csigakerék, tehát nem állítható teljesen szabadon.

A két megoldás előnyeit egyesíteni és a hátrányait kiküszöbölni egy olyan mechanikával lehet, amely a következő igényeknek felel meg:

1. masszív,
2. el van látva kuplunggal, amelyet a súrlódásmentességtől bármely kívánt értékig állítani lehet, de úgy, hogy a csigakerék a súrlódó tárcsáktól függetlenül lötyögés nélkül is tudjon mozogni,
3. főtengelye nincs megtörve, tehát a deklinációs tengely közvetlenül van összekötve a rektaszcenziós tengellyel,

4. a mechanikának mind a főtengelei, mind az állítótengelyei görgős csapágyakon mozognak,

5. az előző pontok teljesítéséhez egy tengelyen csak 3 görgőscsapágy legyen, mert így a tengelykereszt mozgatása összesen 6 görgőscsapággal megoldható.

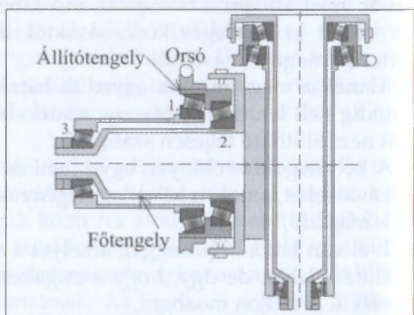
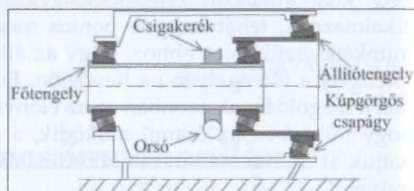
Megoldásomban a legegyszerűbb tengelykeresztből indultam ki. A főtengelyt két csapággal kell ellátni, hogy pontosan forogjon. A főtengely számára a kúpörgős csapágyazás az ideális, ahol a csapágyat tengely irányban hozzá kell nyomni a külső gyűrűhöz. A csapágy nagy előnye, hogy nagyobb a terhelhetősége, mint egy mélyhornyú csapágnak, mivel az érintkezés vonal mentén történik, a mély-homorú csapágnál viszont egy körív mentén.

A következő lépés volt a legnehezebb: a csigakerék bevezetése, amelynek szintén két külön csapágyon kell forognia. Az 5. pontban meghatározott igény alapján még egy csapágyam maradt, amit bevezethetek a rendszerbe. Mivel a főtengely csapágyazásához is, a csigakerék csapágyazásához is két csapágyra van szükség, egy csapágnak „közösnek” kell lennie, amely akkor is forog, ha a motor mozgatja a távcsövet és akkor is, ha kézzel állítjuk át. Erre a munkám alapötlete a megoldás, amelynek egy leegyszerűsített sematikus változatát láthatjuk a fenti ábrán.

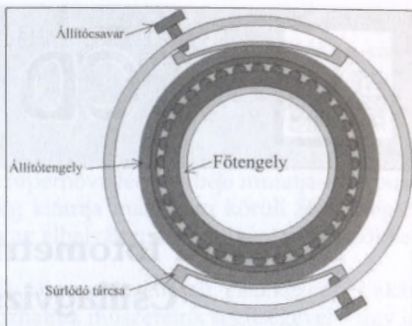
Mint látható, a 2. csapágy nincs lerögzítve, ezért én ezt repülő csapágnak neveztem el. Az első- és a repülőcsapágy által közrefogott tengely a főtengely, a repülőcsapágy és a jobb szélső csapágy által közrefogott tengely pedig az állítótengely. Ha a csigakerék forgatja a főtengelyt, akkor az első és utolsó csapágy forog, a repülőcsapágy áll. Ha kézzel mozdítanánk meg a tengely végét, akkor a repülőcsapágy és a 3. csapágy forog. Tehát a 3. csapágy az, amely mindkét esetben mozog a csigakeréktől függetlenül. A következőkben a kuplungot kellett bevezetnem a megoldásomba, ami már nem volt nagyon nehéz. Mivel az állítótengely működésbe hozásához kis erővel kell hatni a tengely végére, ezért az állító- és a főtengely közt egy olyan súrlódó felületnek kell elhelyezkednie, melynek súrlódási erősségét állítani lehet.

Mivel a főtengely közvetlenül kapcsolódik a másik tengelyhez, ezért a főtengely akkor is mozog, ha a csigakerékkel állítjuk és akkor is, ha kézzel. Ebből az következik, hogy a csigakeréknek az állítótengelyen kell elhelyezkednie. A kuplung súrlódó felülete is máshova kerül: ebben az esetben a főtengely vége és az állítótengely közé, de úgy, hogy most a főtengellyel forog együtt. A fenti elvek alapján elkészített mechanikám már teljesíteni tudja mind az öt pontban megadott követelményt (l. a jobb oldali ábrát).

A kuplungtárcsák súrlódási erejét úgy lehet növelni, ha jobban összeszorítjuk a csigakerékkel őket, ez ellenben viszonylag durva állítási lehetőségeket biztosít. Ezt a megoldást is kiegészítettem. A súrlódási erő kétféleképpen növelhető: ha a súrlódó



felületet jobban nyomjuk össze, ill. ha a súrlódó felület nagyságát növeljük. Ha a súrlódási erő változtatásának céljából a súrlódó felület nagyságát növeljük, ill. csökkentjük, akkor az sokkal finomabban állítható be az eddig használt módszerek-nél. A mellékelt ábrán jól látható, hogy az állítócsavarral finoman be lehet állítani a súrlódó felületek nagyságát.



A megoldás előnyei és hátrányai

Előnyök:

- Nagyfokú szilárdság, ami a egymással szembefordított kúp görgős csapágyaknak köszönhető,
- Kényelmes kezelési lehetőség,
- Az átállítás motorok működése közben is lehetséges,
- A kuplung súrlódó felületeinek súrlódási erősségét finoman lehet állítani a súrlódásmentességtől bármely kívánt fokozatig,
- A tengelykereszt kúp görgős csapágyakkal van ellátva, így minden mozgása görgetéssel történik,
- Nagy a teherbíró képessége.

Hátrányok:

- Viszonylag nagy a súlya,
- Nagyobb méretekben elkészítve drága csapágyakkal kell ellátni, ellenben a nagyon alacsony fordulatszám és a viszonylag kis terhelés következtében nem igényel csúcsminőségű csapágyakat.



A továbbiakban tervezem a mechanika részletes tesztelését (összehasonlítás más mechanikákkal, kezelhetőség vizsgálata, teherbírás tesztelése), motorizálását és a hatsapágyas megoldás alkalmazását villás-parallaktikus mechanikákra.

VARGA DÁVID

A 15. Országos Ifjúsági Tudományos és Innovációs Versenyen szabadkai tagtársunk, Varga Dávid első helyezést kapott. Szerzőnk a legjobb határon túli pályázónak járó elismerést is megkapta a Magyar Innovációs Szövetségtől. Cikkünk a pályamunka rövidített változata.