

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Mechatronikai és Autótechnikai Intézet



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

**VIZUÁLIS MEGFIGYELÉSRE
ÉS DIGITÁLIS FÉNYKÉPEZÉSRE
ALKALMAS KVÁZI-CASSEGRAIN
RENDSZERŰ TÁVCSŐ TERVEZÉSE**

Szerzők:

Bíró Ádám

gépészmérnök BSc. szak, III. évf.

Márkus Gréta Rebeka

gépészmérnök BSc. szak, III. évf.

Konzulensek:

Dr. Kégl Tibor

tiszteletbeli egyetemi docens

Kovács Róbert

gépészmérnök, MTA WIGNER
Intézet

Budapest, 2013.

Köszönetnyilvánítás:

Köszönettel tartozunk konzulenseinknek, Dr. Kégl Tibornak és Kovács Róbertnek, amiért meglátásaikkal és tapasztalatukkal egyengették utunkat a tervezés útvesztőiben. Hálásak vagyunk Balla Gergelynek, hogy segített nekünk eligazodni a számítógépes tervezőrendszerek világában. Köszönet jár Détári Ádámnak, amiért ötleteivel színessé tette a távcső mechanikájának megalkotását.

Tartalomjegyzék:

1. Bevezetés	5
2. Áttekintés	6
2.1. A távcső története	6
2.2. Az amatőr csillagászok szerepe a távcsöves megfigyelésekben	10
2.3. Az Univerzum fényképezése	11
2.4. A távcsövek fajtái	12
2.4.1. Refraktorok	12
2.4.2. Reflektorok	12
2.4.3. Katadioptrikus távcsövek	14
2.5. A távcsövek képalkotásának lehetséges hibái	14
2.5.1. Kromatikus aberráció (színi eltérés)	14
2.5.2. Szférikus aberráció (gömbi eltérés)	14
2.5.3. Diffrakció (elhajlás)	14
2.5.4. Reflexió	14
2.5.5. Asztigmatizmus	14
2.5.6. Kóma	15
2.6. A refraktorok és reflektorok előnyei és hátrányai	15
2.7. A nyílászáró szerepe	15
2.8. A távcsövek különböző alkotóelemeinek jellemző anyagai, kellékei	16
2.8.1. A tükör anyaga	16
2.8.2. A tubus anyaga	16
2.8.3. A szerkezeti elemek anyagai	17
2.8.4. Keresőtávcső	17
2.9. A távcső nagyítása és az okulár szerepe	17
2.9.1. A távcső nagyítása	17
2.9.2. Okulárok	17
2.10. A csillagászati távcsövek tartószerkezete	18
2.10.1. Azimutális felállítás	18
2.10.2. Ekvatoriális (parallaktikus) felállítás	19
3. Fényképezés távcsővel, távcsövek összekapcsolása	19
3.1. A digitális asztrofotózásról	19
3.2. A CCD felépítése és működése	20
3.3. A digitális fényképezőgép és a CCD	21
3.3.1. A digitális fényképezőgép előnyei és hátrányai a CCD-hez képest	21
3.3.2. A CCD előnyei és hátrányai a digitális fényképezőgéppel szemben	21
3.4. A CMOS felépítése és működése	22
3.5. CCD vagy CMOS?	22
3.5.1. A CMOS előnyei és hátrányai a CCD-vel szemben	22

3.6. A CCD és CMOS-kamera összekapcsolása a távcsővel és a számítógéppel	23
3.7. Távcsövek összekapcsolhatósága	24
3.8. A világ legnagyobb optikai távcsőve	24
3.9. Távcsövek összekapcsolása az amatőr csillagászok körében	25
4. A távcső terezése	26
4.1. Általános áttekintés	26
4.2. A tervezendő távcsőtől elvárt tulajdonságok, kritériumok	26
4.3. A távcső szerkezeti részei	31
5. Értékelés	34
6. Irodalomjegyzék	35
7. Mellékletek	36

1. BEVEZETÉS

A csillagászat legfőbb értéke talán az, hogy szinte felbecsülhetetlen fontosságú sejtéseket, támaszokat és bizonyítékokat szolgáltat más tudományok számára. Emellett olyan esztétikai élvezetet nyújt, mellyel talán semelyik más tudományterület nem szolgálhat. A csillagászat a legrégebbi természettudomány, mely mindig foglalkoztatta az embereket, olyannyira, hogy csillagképeket, és ezekhez különböző mondákat, legendákat alkottak.

A hivatásos csillagász munkája nem terjed ki az égbolt minden jelenségének megfigyelésére, a legtöbb csillagász „csak” részletkérdésekkel foglalkozik. Előfordul, hogy egyetlen csillagcsoport annyi munkát ad, hogy teljes feldolgozásához nem elég egy egész emberi élet. Ennek a részletmunkának az a hátránya, hogy művelője a megfigyeléseit az égboltnak kis területén végzi, tehát nem tartja ellenőrzése alatt az egész égboltot; teljes figyelmét leköti a megfigyeléssel járó munka. Eközben bármi történik az égbolt más területein, tudomást sem szerez róla.

Ez az eset nem ritka, ebből következik, hogy a műkedvelő csillagászok, (akiknek a csillagászat és a távcsőszerkesztés nem kenyérkereső foglalkozásuk, hanem hobbijuk, szenvedélyük) hasznos tevékenysége igen értékesen támogathatja és kiegészítheti a hivatásos csillagászok munkáját. Saját szórakoztatásukra figyelik az eget, a csillagokat, a különböző jelenségeket, ebből kifolyólag észrevesznek olyan dolgokat, amire esetleg nincs lehetőségük a hivatásos csillagászoknak. Ahhoz, hogy a műkedvelő csillagászok használható és valós információkat, adatokat szolgáltatthassanak, szükség van a rendkívül nagy fegyelmezettségre, pontosságra és nem utolsósorban megfelelő eszközökre, pl. távcsövekre. Eredményeik figyelemre méltóak, hiszen az utóbbi évtizedekben a felfedezett üstökösök jó részét amatőr csillagászok vették észre először.

Fontosnak tartjuk, hogy az amatőr csillagászok kezében olyan eszközök legyenek, amelyekkel még tovább tudják fejleszteni a csillagászat tudományát. Célunk, hogy olyan távcsövet tervezzünk, mely költséghatékony, ezáltal elérhető az amatőrök számára az égi jelenségek megfigyelésére és megörökítésére. Dolgozatunkban összegyűjtjük és leírjuk a távcső megtervezésének és elkészítésének folyamatát, valamint a szükséges anyagok beszerzésének lehetőségeit.

Ahhoz, hogy a műkedvelő csillagászok megfigyeléseket végezheszenek, elengedhetetlen kellék a **távcső**. A kereskedelmi forgalomban kapható távcsövek nem a legnagyobb gondossággal és konstrukcióval előállított műszerek, ezért hasznosabb lehet egy amatőr számára, ha saját magának épít távcsövet, arra a célra tervezve, amit megfigyelni kíván vele.

A saját távcső építése mellett szól az is, hogy sokkal jobb érzés egy olyan műszerrel végezni a megfigyeléseinket, amit mi magunk készítettünk, és hogy egy távcső elkészítése kihívás ugyan, de legalább olyan jó elfoglaltság, mint a távcsővel végzett megfigyelés.

A műkedvelő csillagászatban és a csillagászat pártolásában azonban belső nemzeti kultúráérték is van. A csillagászat iránti érdeklődés mindig egyik fokmérője kultúráértékünknek.

„Törekvéseink indítóokait abban látjuk, hogy az egészséges emberi léleknek természetes megnyilvánulása az igazság megismerése utáni vágy és a teremtett világ szépségeihez való vonzódás. A Földön kívüli világ titkai iránt megnyilvánuló kíváncsiságunk pedig egyik hajtása annak a gyökérzetnek, mely öntudatlanul összekapcsol bennünket a világmindenséggel és a benne uralkodó renddel.” *Dr. Kulín György*

2. ÁTTEKINTÉS

2.1. A távcső története

Hollandia a XVI-XVII. században kivívta függetlenségét, melynek hatására gyors ütemben fejlődött az ipar és magával hozta a tudományok rohamos fejlődését. A XVI. század végén feltalálták a mikroszkópot, és ezekkel a műszerekkel ablakot nyitottak a makro világ felé is: a csillagászat ugrásszerű fejlődésnek indult. A holland- vagy Galilei-rendszerű távcső megalkotójának személye vitatott, annyi viszont bizonyos, hogy a szemüvegkészítőkkel kezdődött. Meg kell említenünk Hans Lippershey szemüvegkészítőt, aki lencsákat csiszolt és szemüvegkereteket készített. Szabadalmaztatni akarta a távcsövet, de kérelmét hadi okokból elutasították, és a találmányt sem találták újnak. [1]

Ugyanaz év október 17-én Lippershey üzleti versenytársa, Jacob Adriaanszon, vagy másként Alkmaari Metius hasonló eszköz feltalálását jelentette be. Utóbb felbukkant egy harmadik üvegcsiszoló, az összetett mikroszkóp egyik megalkotója, Zacharias Janssen, aki azt állította, hogy a holland-rendszerű teleszkópot már 1604-ben elkészítette.

Az újabb kutatók, pl. J.A.F. de Rijk (Bruno Ernst) Janssent tekintik a távcső feltalálójának. Mindenesetre annyi bizonyosnak tűnik, hogy a jól használható holland-rendszerű távcső a XVII. sz. első évtizedében, Hollandiában bukkant fel, 1609 tavaszán pedig Brüsszelben már árusítottak is ilyen távcsöveket. Ugyanebben az időben jutott el a híre – utóbb talán egy példánya is – Galileihez, aki 1609 ősztől megkezdte távcsöves csillagászati észleléseit. Ezzel indult hódító útjára a tudományban a távcső, új fejezetet nyitva a csillagászati megfigyelések történetében.



Galileo Galilei távcsövébe néz [2]

lehetőségét. Jó bizonyosság erre Leonardo da Vinci távcsövének leírása. Egyik feljegyzésében Leonardo da Vinci arról ír, hogy szemüveggel "a Hold nagyobbak látható".

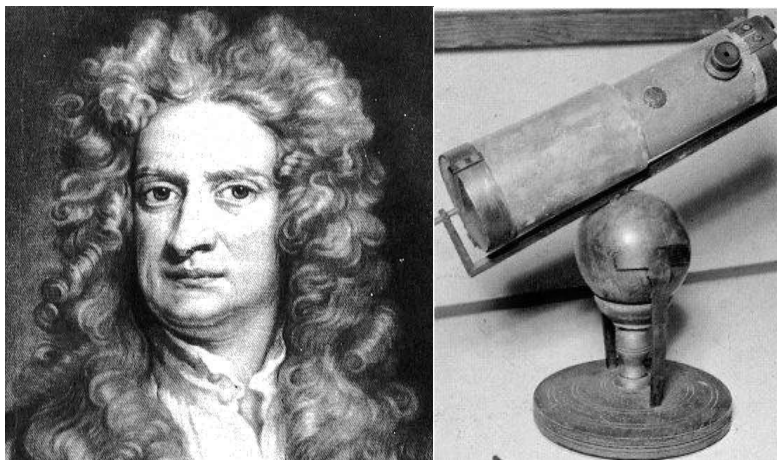
Leonardo egy másik, tükörírással leírt jegyzetében ismerteti és lerajzol egy holland rendszerű távcsövet is, amelynek lencségei átlátszó hegyikristályból (átlátszó, víztiszta kvarcból) készültek, és melynek okulárkihuzata is volt, mellyel a lencsék távolságát változtatva a kép élesíthető. Kétségtelen, hogy ezt a holland rendszerű távcsövet Leonardo da Vinci valóban elkészítette, és használta is. A "holland távcső" feltalálójának tehát Leonardo da Vinci is tekinthető, műszere azonban ismeretlen maradt még a kortársak előtt is, jegyzeteit pedig csak a múlt században találták meg – így tehát a távcsövek fejlődésére nem lehetett hatással.

A XVI. század korai távcsöveiből egyedi példányok készültek, a lencsék nagy hibái, a hegyikristály magas ára és más nehézségek miatt nagyobb számban nem is lehetett készíteni ilyen műszereket. Emellett a leképezés hibái miatt nem is tűnt ki használatuk előnye a csillagászati megfigyeléseknél! Erre csak akkor kerülhetett sor, amikor a XVII. sz. elején a lencsék minősége javult, az előállítás költségei csökkentek. [3]

Elsőként Johannes Kepler írta le az optikai lencsék tulajdonságait és használatát az *Astronomiae Pars Optica* és *Dioptrice* című könyveiben. Kepler újfajta, két domború lencsét tartalmazó távcsövet (Kepler-féle vagy csillagászati) épített, amely ugyan fordított állású képet adott, de csillagászati célokra alkalmasabb volt elődeinél.

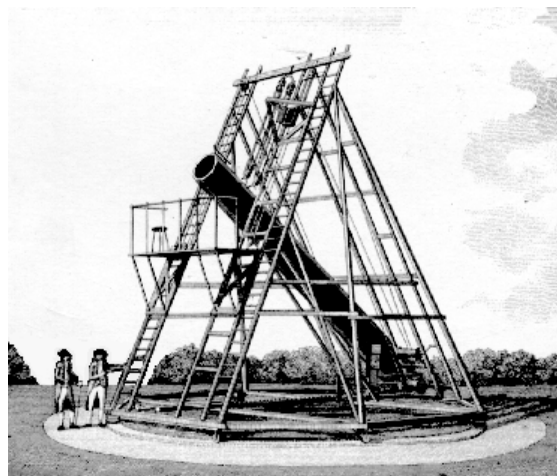
Jelenleg szinte minden komoly, nagy teljesítményű távcső reflektor. Az első tükrös távcsövet 1672-ben építette Isaac Newton, miután a fénytörés jelenségének vizsgálata során

megállapította, hogy a lencsék által keletkezett színhiba kiküszöbölhető, ha az objektív helyett homorú tükröt használunk.



Sir Isaac Newton és távcsöve [4] [5]

A távcső megismerésének és használatának kezdeti évszázadaiban sokan nagy szorgalommal és lelkesedéssel vizsgálták a Naprendszer tagjait. Észrevették, hogy a Tejút távcsővel nézve milliónyi csillagra bomlik. A végtelen világegyetem mélységeinek megismerését amatőr tudósok indították el. Ahhoz, hogy a világegyetem mélységébe be lehessen pillantani, óriásteleszkópot kell építeni és ezt először egy muzsikusból lett műkedvelő tette meg. William Herschel volt a kozmosz kutatásának egyik legelső és legnagyobb úttörője. Saját maga csiszolta lencséiből távcsöveket állított össze. A lencsés távcsövekkel szerzett rossz tapasztalatai fordították figyelmét a tükrös távcsövek felé. Herschel a 7 láb (kb. 2 m) gyújtótávolságú tükrös távcsövével kezdte meg a bolygóvilág részletes tanulmányozását. Vizsgálódás közben egy kis fénylő égitestet vett észre, mely az Uránusz nevet kapta.

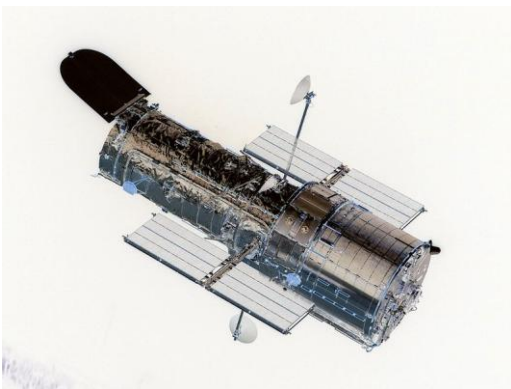


William Herschel és távcsöve [6]

Az égitestek helyének meghatározásával, katalogizálásával foglalkozó tudományt pozíciós csillagászatnak nevezik. A távcső nélküli korban irányzótüskével, diopterrel, majd az optikai eszközök megjelenése után fonalkeresztes látómezővel ellátott távcsővel irányozták meg a csillagokat. Körnegyeddel, vagy kvadránssal a csillagmagasságot kb. egyötöd szögperc pontossággal lehetett meghatározni. Azonban a csillagászatban és a mérnöki gyakorlatban fokozódott a mérési pontosság iránti követelmény és a műszerek méreteit is csökkenteni akarták. Jesse Ramsden szövetkereskedéssel kezdte pályáját, de hamarosan foglalkozást váltott, műszerműhelyben finommechanikát és üvegcsiszolást tanult. Később távcsőkészítő manufaktúrák számára a távcsövek mechanikáját készítette.

Galilei a Szaturnuszt figyelve megállapította, hogy kétoldalt „dudorodások” láthatók rajta, de hiába erőltette a szemét, nem tudta kivenni, mi lehet a furcsa képződmény a bolygó két oldalán. Huygens azután jobb műszerével felismerte a „dudorodások” mibenlétét, a gyűrű alakot, ami Galileinek oly sok fejtörést okozott.

A régi távcsövekben sokféle hiba volt: színszóródás, képtorzulás, színgyűrűk, rossz feloldóképesség zavarta a képet. A lencsehibákat sokáig nem tudták javítani, ezért is láttak oly nagy lendülettel a tükrös távcsövek fejlesztéséhez. Azonban a fémtükörrel felszerelt nagytávcsövek legnagyobb sikerei idején is rontotta az örömet a tükröző felület elhomályosodása, a hőmérsékletingadozás okozta képtorzulás, a nagy tömeg, s így ötven esztendőre inkább a refraktorok foglalkoztatták a tudósokat, gyárosokat. Gondoltak üvegtükörre is, de az ismert tükrökészítési eljárásokat nem tudták megfelelően alkalmazni. Az üvegtükrök teleszkópban való alkalmazását két tudós munkássága tette lehetővé. Justus Liebig egy müncheni optikussal ismertette eljárását, hogy lehetne-e ezüstöt homorú tükrök felületén kiválasztani. 1856-ban sikerült is. A tükröteleszkópok reneszánszát az ezüstitükrökészítés kidolgozása indította meg. Az ún. Foucault-féle próbát „mesterséges csillaggal”



A Hubble űrtávcső [8]

(pontoszerű fényforrás) és éles késpengével végzik, gyakorlott, szakértő amatőrök is ezzel az eljárással ellenőrzik saját készítésű tükreiket. Az ezüstözés után az alumíniumozás vált általánossá.

A Newton-féle távcsövek az idők során több változata született és a reflektorok népszerűsége a mai napig töretlen; a Hubble-űrtávcső is tükrös rendszerű távcső. [7]

A világűrbeli érkező különféle hullámhosszúságú rezgések egy részét a földi légkör elnyeli, megfigyelhetetlenné teszi. A magas hegycsúcsokra, sőt a nagy magasságba emelkedő ballonteleszkópok felvételeit is zavarja a légköri szennyezés. Ezen megfontolás alapján vetődött fel a világűrbe – Holdra, mesterséges holdra – telepített űrteleszkópok létesítésének gondolata. A teleszkópműholdat úgy irányítják, hogy a Nap, a Hold és a Föld felé ne forduljon, mert az oldalfény nehezítené a csillagok, ködök, stb. megfigyelését.

2.2. Az amatőr csillagászok szerepe a távcsöves megfigyelésekben

Több jeles műkedvelőről tudunk, akik megmaradtak foglalkozásuk mellett, és életük végéig kedvtelésből foglalkoztak tudományokkal. Eredményeikkel igazolták, hogy a „hobbi” hasznos is lehet. Az amatőr csillagászok az üstökös-vadászatukon többször végigpásztázták távcsöveikkel az égboltozat egyes részeit, remélve, hogy üstökösökre akadnak. Általában fényerős, rövid gyújtótávolságú, nagy képméretű lencsés távcsöveket használtak. Az utóbbi évtizedekben az amatőrök fedezték fel az üstökösök kb. 40%-át.

A természettudományok magyar történetében több gazdag főúrral, mecénással találkozunk, akik maguk ugyan nem váltak kedvelt tudományuk tudósává, de alapítványokkal, anyagi segítséggel intézmények alapját vetették meg. Például műkedvelő csillagászok hozta létre a szabadság-hegyi intézet elődjét, a Konkoly Thege Miklós által alapított ógyallai csillagvizsgálót.

A kisebb pénzű műkedvelők rendszerint maguk készítik a távcsöveiket, sokan még az optikát – lencsét, tükröt – is saját kezűleg csiszolják. Pénzesebb és kevesebb idővel rendelkező amatőrök alkatrészenként vagy készen vásárolják műszereiket. Jókai Mór kora egyik műkedvelő csillagásza is készen vásárolta refraktorát, amely a balatonfüredi Jókai-emlékházban ma is látható.

Pár évtizede az Uránia bemutató csillagvizsgáló műhelyében lencsék és tükrök készültek az amatőrök számára. Az Uránia és a II. világháború utáni magyar amatőrmozgalom létrehozója, szervezője és tudományos vezetője-irányítója Dr. Kulin György volt. Mozgalma az ország egész területére kiterjedt. Nagy kézikönyve, a Távcső világa akkoriban a legjobb amatőr csillagászati kézikönyv volt; az évek folyamán több kiadása jelent meg. Szerzője 83 kisbolygót fedezett fel, és pályaszámításait is elvégezte. [1]

2.3. Az Univerzum fényképezése

Galilei és Huygens bal szemüket a távcső szemlencséjén tartva, jobb kezükkel rajzolták, amit a látómezőben észleltek. Így ment z a XIX. század közepéig, amikor 1839-ben Louis Jacques Mandé Daguerre találmányával a csillagvilág fényképezése lehetségessé vált.

A fényképezés története a természettudományok és a technika közösen írt nagy fejezete. Irodalmi adatok szerint Daguerre irányította először fényképezőkameráját az ég felé, hogy holdfényképet készítsen. Eljárásánál az ezüstlemezen kivált jódezüst réteg volt a fényérzékeny anyag, és a kép magán az ezüstlemezen rajzolódott ki. Ez az eljárás meglehetősen hosszadalmas volt, hiszen az ezüstlemezt a felvétel előtt kellett előkészíteni (sötétben jódgőzök hatásának kitenni), majd exponálás után higanygőzzel előhívni.

Azután feltalálták a különféle „nedves” eljárásokat, ezeknél is a felvétel előtt kellett a lemezt előkészíteni, majd kialakult a negatív-pozitív eljárás, amit évtizedeken át finomítottak. Az ezüstlemez helyébe üveglemez, majd film lépett.

A fényképezés jelentősége, hogy a mai csillagász ritkán néz távcsőbe, „vizuális” megfigyelés helyett fényképez, a felvételek alapján elméleti kutatást végez.

Ahogy a fotográfia széles körben ismertté vált, a kutatók a következő programokhoz találták felhasználhatónak:

- égitestek fizikai állapotának vizsgálata,
- az égitestek egymáshoz képest elfoglalt helyzete rögzíthető és későbbi felvételekkel összehasonlítva az elmozdulás megállapítható,
- a Hold és a bolygók felvételein mérések végezhetők,
- színeképvizsgálatok végezhetők.

A mai óriástávcsövek voltaképpen hatalmas fényképezőkamerák.

2.4. A távcsövek fajtái

2.4.1. Refraktorok

Vizuális refraktor: Ezen refraktor célja, hogy az emberi szem számára éles, tiszta és nagy nagyítású képet állítson elő. Két lencserendszerből áll: az objektum (ég) felé néző lencserendszerből (objektív) és a szem előtti rendszerből (okulár). A lencse színi hibája igen erős mértékben rontja a kép élességét. Az emberi szem leginkább a sárga és a zöld színre érzékeny, ezért a vizuális refraktorokkal arra törekednek, hogy a zöld és sárga színezést megszüntessék. Ez már két lencse összetevésével lehetségés. Több lencse összetételével

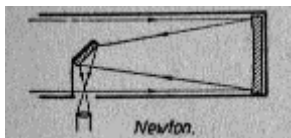
különleges üvegek felhasználásával ma már elő tudnak állítani oly lencserendszert, amely a színező hatást csaknem teljes egészében kiküszöböli. A nagy nagyítás eléréséhez az objektív méretét és fókusz távolságát minél nagyobbra kell választani. A távcső legősibb formája, a Galilei-féle távcső vizuális refraktor volt. A Kepler-féle, vagy csillagászati távcső csupán az okulárban különbözik a Galilei-távcsőtől.

Fotografikus refraktor: Célja, hogy vele az égitesteket fényképezés útján figyeljük meg. A vizuális refraktor esetében az objektív által a gyújtósíkban keletkező képet másik lencserendszerrel, az okulárral, nézzük, ezáltal a nagyítást erőteljesen fokozhatjuk. [9]

2.4.2. Reflektorok

A kép előállítására szolgáló objektív nem lencse, hanem tükör (főtükör). Felülete homorúra csiszolt gömb vagy paraboloid. Nagy gyújtótávolság esetén kifogástalan képet ad a sokkal könnyebben elkészíthető gömbfelület, de rövid gyújtótávolság esetén csak a paraboloid felület használható. Ennek oka a gömbi eltérés, azaz a szférikus aberráció.

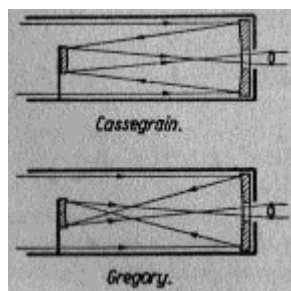
A reflektorok csövének üres vége mutat az égbolt felé, a tükör az ellenkező oldalon helyezkedik el. A tükrőről visszaverődő fénysugarak a gyújtósíkban alkotják a képet. Ez közvetlenül nem figyelhető meg, mert a fejünkkel eltakarjuk a tükrőre érkező sugarakat, emiatt meg kellett oldani a tükör által összegyűjtött fény oldalra történő kivezetését. Ezt a



kérdést sokféleképpen meg lehet oldani, ezért a reflektorok szerelése nagyon különböző. A legelterjedtebb és legegyszerűbb (ezáltal legolcsóbb) felépítésű tükrös távcső a **Newton reflektor**. A főtükör mellett fontos eleme a Newton távcsőnek a sík felületű segéd-tükör.

Ez vezeti ki oldalra a képet, s mely a távcső tengelyével 45° -os szöget zár be. Mivel a segéd-tükör a főtükörre érkező fénysugarak útjában van, elméletileg kitakarást okoz, de ezt csillagászati észleléseknél soha nem fogjuk észrevenni. A síktükör mérete ugyan kisebb, mint a főtüköré, de a felület minősége legalább olyan fontos.

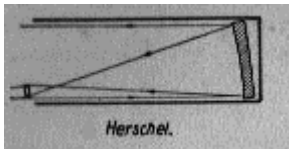
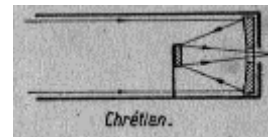
A **Cassegrain- és a Gregory-féle reflektorokon** a főtükörrel párhuzamosan helyezkedik el a



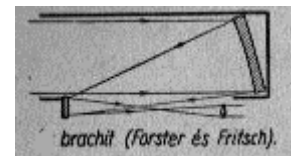
segéd-tükör. A szerelés módok lényege, hogy a segéd-tükrőről visszaverődő fénysugarak az átfúrt főtükör furatán áthaladva egyesülnek képpé. A Cassegrain-féle megoldásban a segéd-tükör domború hiperbolikus felületű, ezért többszörösen megnöveli a távcső fókusz távolságát, ezáltal a tubus hossza jelentősen megrövidülhet, ami különösen előnyös, ha a távcsövet szállítani szeretnénk. A Gregory-rendszerben a segéd-tükör is homorú és a fókuszponton túl széttartó

sugarakat tereli ismét össze és egyesíti képpé a főtükör furatán kívül. Az okulár egyenes állású, oldalhelyes képet állít elő.

A **Crétien-féle szerelés** gyakorlatilag majdnem azonos a Cassegrain-rendszerrel. Hátránya a Cassegrain-rendszerhez képest, hogy a kép erősen görbült felületen keletkezik, ezért kicsi a látómező.

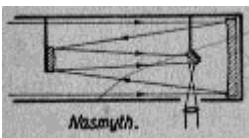


A **Herschel-féle reflektor** a főtükör elferdítésével éri el a kép oldalra vetítését.



A **Branchy-teleszkóp** a Herschel és a Cassegrain megoldás egyesítése; bár a cső rövid, a fókusz távolság mégis nagy.

A **Nasmyth-féle reflektor** a Cassegrain- és a Newton-rendszert egyesíti. A domború segédtükörrel visszaverődő sugarakat síktükörrel vetíti oldalra, ezáltal elkerülhető a főtükör átfúrása. Ha „megfelelően” állítjuk be a segédtükröket, a mechanika tengelyével egy vonalban alakíthatjuk ki az okulárkihuzatot, ezzel megoldhatjuk, hogy a megfigyelés helye végig egy magasságban maradjon, jelentősen kényelmesebbé téve a megfigyelést. [9]



A **Ritchey-Chrétien** teleszkóp egy speciális Cassegrain-távcső: mindkét tükre forgási hiperboloid alakú, a főtükör homorú, a segédtükör domború. A két tükrök fókusz távolságának viszonyát úgy határozzák meg, hogy a primér fókuszpont előtt elhelyezett segédtükör a főtükör közepén tátongó nyíláson át kivetíthesse az égitestek összegyűjtött fényét, és hogy az éles kép a főtükör mögött keletkezzen. Ezzel az elrendezéssel (RC-teleszkóp) viszonylag nagy nyílásviszony és elég nagy korrigált látómező is elérhető. [10]

2.4.3. Katadioptrikus távcsövek

A lencsés és tükrös távcsövek megjelenése után várható volt, hogy előbb-utóbb ezek kombinációja is el fog készülni. Megalkották a katadioptrikus távcsövet, mely a refraktorok és a reflektorok jellemzőivel rendelkezik. A teleszkóp objektívje egy homorú, szférikus, vagyis gömb felületűre csiszolt tükrök, ennek hatására a szférikus aberráció jelensége elég erősen jelen lenne a képeken, de ezt korrigálandó a távcsőben elhelyeztek egy olyan optikai elemet, mely ellensúlyozza a tükrök által okozott gömbi hibát. A leggyakrabban használt katadioptrikus távcsövek a **Makszutov-Cassegrain**, illetve **Schmidt-Cassegrain** felépítésűek. Mindkét típusnál a tubus elején elhelyezkedik egy korrekciós lemez, mely a belépő fénysugarakat úgy "torzítja", hogy az együttes optikai rendszer leképzése a lehető legjobb legyen. Ugyanakkor minden optikai felület valamekkora leképzési hibát rejt magában,

s a sok optikai tag az általában nagyméretű segédtükör okozta kitakarással karöltve kevésbé kontrasztosabb képet kapunk. A katadioptrikus rendszer vitathatatlan előnye, hogy igen rövid tubushossz mellett hosszú fókuszra érhetünk el, s a távcső kezelése rendkívül kényelmes. [11]

2.5. A távcsövek képalkotásának lehetséges hibái

2.5.1. Kromatikus aberráció (színi eltérés)

Lencsék esetében a különböző színű fények fókuszpontja nem azonos; az égitestek fénye pedig összetett, és a lencse üveganyagán áthaladva alkotó színeire bomlik, ezért színes lesz a kép. Különböző anyagú és törőképeségű lencséből összetett lencserendszerrel csökkenthető. A színi hibától mentes lencserendszert **akromatikus** lencserendszernek nevezzük. Tükrök esetében ez a hiba nem lép fel, mert a fénysugár a felületükről anélkül verődik vissza, hogy áthaladna az anyagukon. A tükröknek ez a legnagyobb előnyük a lencsékkel szemben.

2.5.2. Szférikus aberráció (gömbi eltérés)

Oka, hogy a lencse és a tükör középpontja körüli zónák fókuszpontja nem azonos, ennek következtében elmosódott lesz a kép. Lencsénél kiküszöbölhető az által, hogy különböző anyagú és görbületű lencsákat teszünk egymás mellé. Tükrök esetében a gömbfelületek paraboloiddá való csiszolásával szüntethető meg.

2.5.3. Diffrakció (elhajlás)

A pontszerű sugárforrások képe egy kisebb-nagyobb korongot övező koncentrikus gyűrűrendszer lesz, amelyeken esetleg keresztbe hasonló alakzatok is láthatók.

2. 5.4. Reflexió

Több optikai elemet tartalmazó eszközökben a különböző törésmutatójú anyagok határfelületén általában nemcsak a kívánt irányban térül el a fény – törik vagy visszaverődik – hanem a másikon is, aminek következtében akár tucatnyi reflexkép, ún. parazita is keletkezhet.

2. 5.5. Asztigmatizmus

A felületek leképezésében a kép széle felé torzítás keletkezik; a nagyon ferdén beeső sugarak az egyenest görbévé, a síkot görbe felületté képezik le. Torzulást nem csak a hibás lencse vagy tükör okozhat, hanem az is, ha az objektív helytelenül fekszik a foglalatában és ez által

belső feszültségek keletkeznek benne, illetve az okulár rossz beállítása esetén is előfordulhat. Az asztigmatizmustól mentes lencserendszert orthoszkópikus lencserendszernek nevezzük.

2.5.6. Kóma

Az optikai tengelyen kívül eső pontszerű objektum képe nem forgásszimmetrikus, hanem általában „almamagszerű”, mintegy csóvája van. [9]

2.6. A refraktorok és reflektorok előnyei és hátrányai

A refraktoroknak nem csökken a fényvisszaverő képességük, nem kell rendszeresen újra bevonni ezüsttel vagy alumíniummal a tükröfelületet és kezelésük is kényelmesebb, mint a reflektoroké. Ha refraktort készítünk, a tükrös távcső egy felületével szemben a legegyszerűbb lencsés távcső esetében legalább négyet kell megmunkálni, ezáltal igen drága.

Ami miatt drágább még a lencsék elkészítése, mint a tükré, az az, hogy lencsés távcső esetében a lencse üveganyagának buborékmentesnek kell lennie, reflektor esetében azonban ez nem követelmény, mivel csak a felületet használjuk. Azonban a tükrő a csiszolási hibákra körülbelül négyszer érzékenyebb, mint a lencse.

A reflektor javára írandó, hogy sokkal nagyobb átmérőjű távcsövek készíthetők tükrő rendszerrel, mint lencsével, ugyanis ha a lencse átmérőjét szeretnénk növelni, azáltal a vastagságát is növelnünk kell, ami fényelnyelődéssel jár és így körülbelül 102 cm-es átmérőnél teljesen felemészti az átmérő növelésével elért többlet fényerőt.

A refraktorok legnagyobb hátránya, hogy színi hibák léphetnek fel, melyet, ha ki is tudunk küszöbölni egy összetett lencséből készített rendszerrel, ezek előállítása igen költséges, mert az összetartozó felületek görbültségében nagy pontosság az alapfeltétel. Emiatt az amatőrök körében nem terjedt el a refraktorok készítése.

A refraktor javára írandó, hogy míg a tükrös távcsövek főtükreinek visszaverő felülete idővel elhomályosul, ezért újra be kell vonni tükröző felülettel, addig a lencsék esetében ilyen nincs. De míg a lencsákat csak a peremüknél fogva lehet felfüggeszteni, addig a reflektorok tükreit hátulról is meg lehet támasztani.

Ezek alapján kijelenthetjük, hogy az amatőrök körében csakis egy reflektor építése jöhet számításba.

2.7. A nyílászviszony szerepe

A nyílászviszony a távcső átmérőjének és fókusztávolságának hányadosát jelenti (D/f). A különböző égi objektumok megfigyeléséhez különböző távcsövekre van szükségünk. Az

objektumokat, ill. jelenségeket nyílászviszony szükségletük szerint durva közelítéssel két csoportra oszthatjuk:

1. Kis nyílászviszonyú ($D/f=1/10...1/20$) távcsövek a fényesebb, pontszerű objektumokhoz, mint a Nap, Hold, bolygók, fogyatkozások, fedések, kettőscsillagok, változócsillagok.
2. Nagy nyílászviszonyú ($D/f=1/8$) távcsövek a halványabb, felületszerű objektumokhoz, mint a kisbolygók, üstökösök, mélyég-objektumok: galaxisok, gömbhalmazok, nyílthalmazok, ködök. A két osztály között természetesen nincs éles határ.

2.8. A távcsövek különböző alkotóelemeinek jellemző anyagai, kellékei

2.8.1. A tükör anyaga

Az elmúlt évszázadokban a legkülönbözőbb anyagokból próbáltak távcsőtükröt készíteni, de az üveg bizonyult a legmegfelelőbbnek és terjedt el leginkább. Az az ideális, ha az üveg vastagsága kb. 1/8 része az átmérőjének. Ha pl. 200mm-re tervezzük az átmérőt, ahhoz 25mm vastag üveg szükséges, melynek beszerzése igencsak nehéz és költséges. Emiatt próbálták meg azt, hogy több, vékonyabb üveget összeragasztottak. A tapasztalat azt mutatta, hogy ez jó megoldás, de csak 10mm-nél vastagabb megmunkálendő réteg esetén. A javasolt vastagság azért fontos, mert bár kis mértékben, az üveg is hajlékony és rugalmas, és ha túl vékony az üveg, akkor mechanikai hatásra elhajlik és tízezred mm nagyságrendű elhajlás teljesen elrontja a képet. Kreatív amatőrök készítettek már jó tükröt például nagyobb szódásüveg fenekéből, nagyméretű üveg dugóból, kerek üveg hamutartóból bordázott épületüvegből.

A **tükrök visszaverő felülete** nagyon sokáig az ezüst volt, újabban alumíniumot használnak, mert két előnye is van az ezüstről szemben:

- az ezüstréteget kb. évente cserélni kell, az alumínium megmarad évekig anélkül, hogy romlana a visszaverő képessége
- a színek ultraibolya részében 87% a visszaverő képessége, az ezüsté csak 4%. [9]

2.8.2. A tubus anyaga

Bármilyen anyagot is válasszunk, fontos, hogy az oldalról érkező és a szórt fények elkerülése érdekében matt feketére kell festeni a tubust. A tubus anyagának PVC lenne a legolcsóbb, csak a PVC hőtágulása kifejezetten rossz. Manapság kezd elterjedni a karbonszálas anyagú tubus is, ennek szinte nincs hőtágulása, bár az ára magasabb, mint a távcső összes többi részéé együtt.

2.8.3 A szerkezeti elemek anyagai

Minden szerkezeti elem legcélszerűbb anyaga az alumínium, mert viszonylag könnyen alakítható, könnyű, és jók a korrózióálló tulajdonságai.

2.8.4. Keresőtávcső

Kis nagyítás, nagy látómező jellemzi, lencsés szerkezetű, össze kell hangolni a főtávcsővel, helyettesíthető egyszerű irányzókészülékkel, vagy kisebb távcsövek esetén el is hagyható. Jelentősége, hogy a főtávcsövet könnyebben célra lehessen állítani.

2.9. A távcső nagyítása és az okulár szerepe

2.9.1. A távcső nagyítása

A csillagászati távcsövek nagyításának két fontos tényezője az objektív fókusz távolsága és az okulár fókusz távolsága. A nagyítást úgy kapjuk, hogy az objektív fókusz távolságát mm-ben kifejezve elosztjuk az okulár fókusz távolságával (szintén mm-ben). Pontosan kifejezve a nagyítás a képszög tangensének és a tárgyszög tangensének hányadosa.

Ha a tárgylencse vagy tükör cm-ben mért átmérőjének 5-szörösét elérjük a nagyítással, kihasználjuk az ideális felbontóképességet; minden ennél nagyobb nagyítás úgynevezett üres nagyítás, ekkor már újabb részleteket nem tudunk előhozni a vizsgált tárgyból. Ez nem azt jelenti, hogy nem szabad ennél nagyobb nagyítást alkalmazni, esetenként szükséges és célszerű is! Például egy 20 cm-es optikával és 100-szoros nagyítással a finom részletek még olyan szorosan vannak egymás mellett, hogy a szemünk számára megerőltető az észlelése. Ilyen esetekben alkalmazhatjuk a minimálisan hasznos nagyításnak 2, 3, vagy akár 4-szeresét is.

2.9.2. Okulárok

Az okulár a távcsőnek az az optikai eleme, amibe a csillagász belenéz. A távcsőhöz használt okulárok általában több lencséből összetettek. Mivel az amatőr csillagásznak nem áll módjában okulárt készíteni, a különböző típusokból néhányat csak felsorolás szinten ismertetünk: Huygens-okulár, Ramsden okulár, Achromatikus okulár. Ez utóbbi bolygókhoz és kettőscsillagokhoz igen alkalmas. Okulár helyett Barlow lencsét is szokás használni. A Budapesti távcsőcentrum honlapján (www.tavcső.hu) részletes leírást és javaslatot találhatunk arra vonatkozóan, hogy az adott optika milyen célra a legmegfelelőbb.



Skywatcher Plössl okulárok (egyszerű bevonattal) [12]

2.10. A csillagászati távcsövek tartószerkezete

Használata elengedhetetlen, mivel ekkora távolságban a legkisebb rezgések is zavaróak, tehát a kézben tartott távcső használata egyáltalán nem jöhet szóba.

A csillagászati távcsöveink csak abban az esetben használhatók kielégítően, ha azokkal az égitestek látszólagos égi útja nyomon követhető. Ehhez az szükséges, hogy legalább két – egymásra merőleges – tengely körül mozgathatók legyenek. A távcsövek mechanikus felfüggesztő szerkezetének legfontosabb része a tengelykereszt. Ennek felállítása kétféleképpen történhet: azimutális és ekvatoriális felállítás létezik. Mivel a mechanikának teljesen rezgésmentesnek kell lennie, ugyanakkor a lehető legkönnyebbnek, hagyományosan fából lehet elkészíteni a legjobb mechanikát. Egyetlen hátránya, hogy vetemedik. Gyakran készítenek mechanikát alumínium zártszelvényből.

2.10.1. Azimutális felállítás

A felállítás a nevét az azimutális koordinátarendszerrel való szoros kapcsolatából kapta. Az ilyen állványra szerelt távcsövet könnyen használhatjuk pásztázásra, keresésre, hiszen képesek vagyunk vele egyenes vonalak mentén végigvinni a távcső látómezejét az égen. Viszont nem képes a követésre, így folyamatos utánvezetésre vagyunk kényszerülve mindkét tengelyen és a zenit környékének megfigyelése nehézkes. Előnye, hogy igen masszív, kis méretű távcső esetén olcsó és stabil távcső állványokat lehet készíteni. Az azimutális felállítást kisebb expedíciós távcsövek vagy óriásteleszkópok esetében alkalmazzák. [13]

2.10.2. Ekvatoriális (parallaktikus) felállítás

Amennyiben azimutális szerelésünk egyik tengelyét a Sarkcsillag irányába billentjük, úgy ekvatoriális, (vagy parallaktikusnak is nevezett) mechanikát kapunk. Ennek előnye, hogy az ég látszólagos elfordulását a Polaris körül egyetlen tengely (ennek neve RA-tengely) egyenletes mozgatásával kompenzálni tudjuk. Tehát már egy helyesen megválasztott sebességű motor is elegendő az égi objektumok követéséhez. A másik (deklinációs) tengely csak pólusra állásunk pontatlanságának korrekcióra szolgál. Viszont hátránya, hogy bonyolultabb, mint az azimutális szerelés, emiatt drágább is. [14]

Az ekvatoriális felállítási mód néhány gyakorlati megvalósítása:

- Német-szerelés
- Zeiss-féle, hajlított oszlopú szerelés
- klasszikus angol-szerelés
- keretes angol-szerelés
- villás szerelés
- Cölosztát-szerelés (napfizikai műszereknél) [9] [23]

3. Fényképezés távcsővel, távcsövek összekapcsolása

3.1. A digitális asztrofotózásról

Hazánkban a 2000-es évek elején jelent meg és kezdett elterjedni az égi objektumok digitális fényképezése. Ez többféle módon valósítható meg, a különböző távcsövek típusaihoz hasonlóan mindegyik módszernek meg vannak az előnyei és a hátrányai is.

A legegyszerűbb, különösebb szakértelmet nem igénylő módszer abból áll, hogy a távcsövet egyszerűen összekapcsoljuk egy digitális fényképezőgéppel. Csatolószerkezet hiányában megtehetjük, hogy egyszerűen belefényképezünk az okulárba, de ha a fényképezőgépet rászereljük a távcsőre egy – boltban kapható – toldat segítségével, jobb minőséget érhetünk el a kézben tartott fényképezőgép rezgését kiiktatva. Erre akármelyik vizuális célra használható okulár alkalmas, melynek szemlencséje elég nagyméretű, és kis torzítású. Ekkor használnunk kell a késleltetést, mert a gép exponáló gombjának megnyomásával rezgést idézünk elő a távcsövön, ami rontja a kép minőségét. Általában kb. 3-10 másodpercre van szükség ahhoz, hogy a vibrálás lecsillapodjon.

A másik lehetőség az elterjedt CCD¹-kamera, illetve az ugyanerre a célra kifejlesztett CMOS² érzékelő. Ezeknél első gondolatra alapfeltétel lehet, hogy a távcső rendelkezzen óragépes mechanikával, de ha trükközünk egy kicsit a töltések léptetésének irányával és sebességével, ez kiváltható. Ez a TDI. ³ [15]

Bármelyik módszert is választjuk, fontos, hogy a nyers képek nem adják vissza azt a részletes látványt amit szeretnénk, ezért ahhoz, hogy ezeket láthatóvá és látványossá tudjuk tenni, jártasnak kell lennünk a képfeldolgozó programok használatában, mint az AstroArt, Photoshop, Gimp, stb. Az „igazi” CCD-khez képest egyszerűbb dolgunk van, lineáris átskálázással és az életlen maszk eljárással csodát lehet tenni.

3.2. A CCD felépítése és működése

Egy komplett CCD-detektor a következő elemekből épül fel: CCD-chip, előerősítő, analóg-digitális átalakító, csatolóegység (interfész), számítógép. A CCD alapjában véve egy analóg léptetőáramkör, amely az elektronikus töltéseket továbbítja. Maga az érzékelő egy szilíciumlapka, melynek az egyik oldalát néhányszor tíz mikrométer vastagságú szilícium-dioxid réteg borítja. Ennek az a feladata, hogy a hordozóréteget elektromosan elszigetelje a fölötte lévő vékony elektródától. A lapkán töltéstárolásra alkalmas fotodiódák találhatók. A kép képkockákra felbontva, töltés formájában kerül bele a képérzékelő felületbe. A lapka felülete pixelekre van osztva, ahol mindegyik pixelhez egy-egy elektróda csatlakozik. A CCD mátrixban soronként lefelé vándorló töltéscsomagokat csak sorosan lehet kiolvasni. A kiolvasó egység az egyes csomagokat jelfeszültséggé alakítja, majd a jelerősítést és a feszültségértékek digitalizálását követően egy jelfeldolgozó áramkör az eredeti pixelek sorrendjében digitális képet hoz létre. A jelerősítést, az analóg-digitális konvertálást és a jelfeldolgozást végző áramkörök már mind a CCD chip-en kívül helyezkednek el. Ahhoz, hogy színes képet láthassunk, színszűrőkre (CFA⁴) van szükség, amelyek a fényt szinkomponenseire bontják fel. Ezt nevezik Bayer-szűrőnek.

A fotonok érkehetnek a fémes elektródák felől (ún. vastag CCD) és a szilícium kristály felől (ún. vékonyított CCD) is. Az asztrofotózásban (ha van rá lehetőség) a vékonyított CCD-t használják, hiszen ez utóbbinak a kék és UV fényre való érzékenysége jobb. [16]

¹ Charge-coupled Device, azaz töltés-csatolt eszköz

² Complementary Metal-Oxide Semiconductor, jelentése: komplementer fém-oxid félvezető

³ Time Delay and Integrate, azaz késleltetett kiolvasás üzemmód

⁴ Color Filter Array, azaz színszűrő tömb

3.3. A digitális fényképezőgép és a CCD

3.3.1. A digitális fényképezőgép előnyei és hátrányai a CCD-hez képest

A digitális fényképezőgép előnyei a CCD-hez képest, hogy nem csak csillagászati fényképek készítésére alkalmasak, hanem bárhová magunkkal vihetjük és eredeti rendeltetésének megfelelően használhatjuk őket. Ezen felül olcsóbbak és könnyebben kezelhetőek a CCD-kameráknál. Működésükhöz nincs szükség számítógépre (viszont jobb eredményt érhetünk el egy kisebb méretű televízió segítségével). Digitális fényképezőgép használatakor a fényképezőgép memóriájában és/vagy memóriakártyáján kényelmesen eltárolhatjuk a képeket, így elég, ha az észlelés után dolgozzuk fel őket. És nem utolsósorban, mivel színes képeket készítenek, nincs szükség külön színszűrő készletre, ellentétben a CCD-kamerák használatakor. Hátránya azonban, hogy az expozíciós idő viszonylag rövid, emiatt nem kimondottan alkalmasak mély-ég felvételekre, bár nem lehetetlen a kivitelezése. Nem alkalmas nagyobb kiterjedésű nagyon halvány objektumok fényképezésére és itt kerül előtérbe a CCD-kamera. A digitális kameráknak nagy az energiafogyasztásuk, gyakori elemcserével jár használatuk. Előnyei a Hold és a bolygók megfigyelésére korlátozódnak és ezek rögzítése sem könnyű feladat.

3.3.2. A CCD előnyei és hátrányai a digitális fényképezőgéppel szemben

CCD-kamerával jobb minőségű, magasabb színvonalú képeket készíthetünk a CCD-kamera nagy érzékenysége miatt. Interline felépítés esetén (felváltva követik egymást az érzékelőelemekkel és a tároló elemekkel ellátott oszlopok, amelyek a fénytől teljesen védve vannak) elektronikus zár megvalósítható (például a Nikon D70-nél is, ahol 1/500s-tól már nem a mechanikus, hanem az elektronikus zár működik). Hátránya viszont, hogy drágább a fényképezőgépes megoldásnál, mivel előállítása bonyolult. Kiolvasási elektronikájának több kiolvasási csatorna esetén tökéletesen megegyezőnek kell lennie, egyébként sávosság lép fel. Könnyen létre jöhet az ún. Blooming effektus: ha egy elektródán túl sok töltés halmozódik fel, egyszerűen átfolyik a mellette levő elektróda területére (ez ellen számos anti-blooming eljárás létezik, általában a CCD-k adatlapján szerepel ennek a hatékonysága). Fogyasztása magas, emiatt nagyobb a melegedése (a CMOS-hoz képest).

Ha tehát komolyabban szeretnénk asztrofotózással foglalkozni, mint ahogy a digitális fényképezőgépek lehetővé teszik, CCD-ben vagy CMOS-ban kell gondolkodnunk. [17]

3.4. A CMOS felépítése és működése

A CMOS technológiával ellátott képérzékelő jelentősen eltér a CCD-től. A CMOS technológiás érzékelők esetében nincs szükség töltéscsatolásra a CCD-k esetében. Itt minden képelemhez egy-egy erősítő tartozik, így a töltéseket pixelenként erősítik fel, nem pedig soronként vagy oszloponként. Emellett, a CCD-vel ellentétben, magán a képérzékelő lapkán lehet elhelyezni az A/D átalakító, zajszűrő, kiolvasó, töltés/feszültség átalakító stb. áramköröket egyaránt. Az adott pixel erősítőjének kimenete egy vezeték és kapcsolóhálózaton keresztül bármilyen sorrendben összekapcsolható a chip további erősítő-fokozataival. Ezért a kép egy részlete vagy alacsonyabb felbontású kép is nagyon könnyen kinyerhető.

A MOS térvezérlésű (FET⁵) tranzisztoroknak két fő csoportját különíthetjük el aszerint, hogy a félvezető rétegük miképpen szennyezett. Ez alapján beszélhetünk N és P típusokról. Amennyiben ezt a két típust összekapcsoljuk, komplementer MOSFET áramköri elemet, CMOS-t kapunk. [18]

3.5. CCD vagy CMOS?

Korábban a CCD szenzorokat a CMOS érzékelőkhöz képest szívesebben alkalmazták számos előnyös tulajdonságuk miatt, mint például a nagyobb érzékenység és pixelszám, kisebb képzaj, stb. Mára azonban a technikai fejlesztéseknek köszönhetően a CMOS szenzorok is szinte azonos értékeket mutatnak ezekben a paraméterekben. A CMOS érzékelők előnyei közé sorolható az alacsonyabb előállítási költség, a jóval kisebb fogyasztás, a gyors képfeldolgozási sebesség, ezekkel pedig fokozatosan szorítják ki a piacról a CCD érzékelőket.

3.5.1. A CMOS előnyei és hátrányai a CCD-vel szemben

A CMOS előnye, hogy a nagy integrálhatóság miatt alacsonyabb az ára, és ezek mellett a fogyasztása is és a hőtermelése is kisebb (alacsonyabb a termikus zaj). Hátránya, hogy a pixelek egyedi erősítőit nem lehet pontosan beállítani, ezért ezek extra zajt adnak a képhez. Erre a problémára a Canon talált tökéletes megoldást hardver szinten (és lassan minden gyártó alkalmaz hasonló megoldásokat). A nagyszámú aktív elem miatt sokkal érzékenyebb a környezetből érkező elektromágneses zavarokra, mint a CCD. Az aktív elemek másik „hátránya”, hogy csökkentik az érzékelő hatásos méretét (mint az Interline CCD-knél), de itt is segítséget nyújtanak a mikrolencsék. Legnagyobb hátránya, hogy az elektronikus zár nem,

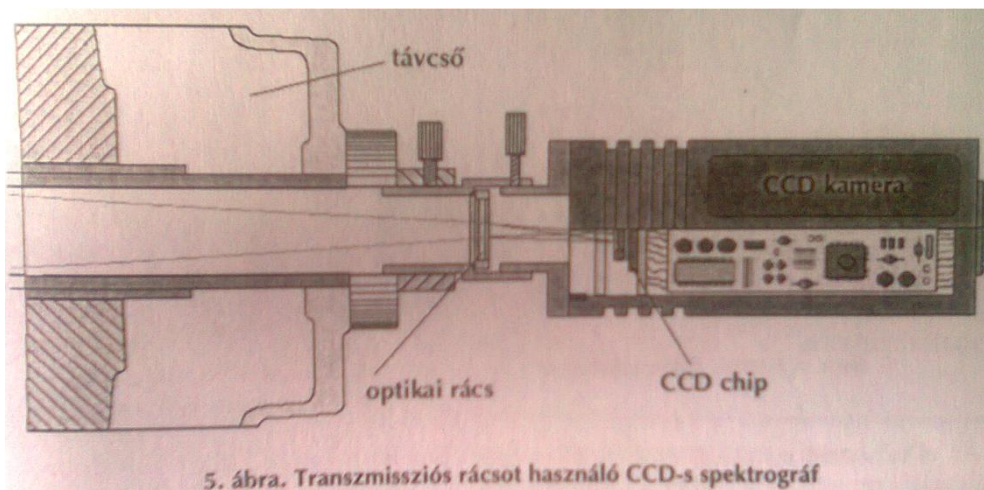
⁵ Field Effect Transistor, azaz térvezérlésű tranzisztor

vagy nehezen valósítható meg, így a kiolvasási sebesség miatt jól érzékelhetően elcsúszik a kép, és ha pl. egy mozgó autót fényképezünk, akkor az eredetileg kb. téglatest forma szétszúszik paralelogrammává.

Összességében elmondhatjuk, hogy a CMOS technológia előnyösebben alkalmazható az asztrofotózáshoz, mint a CCD. Léteznek kifejezetten csillagászati célra gyártott CCD és CMOS kamerák, de a távcső alkatrészekhez hasonlóan ezek is gyakorlatilag a megfizethetetlen kategóriába sorolhatók, ezért sokan a lényegesen olcsóbb (de gyengébb) webkamerákat és biztonságtechnikai kamerákat ajánlják és használják. Napmegfigyeléshez és más olyan területen, ahol nincs szükségünk a színek által adott többletinformációkra, különösen ajánlott a fekete-fehér kamera, mert jobb a felbontása, mint a színesnek. [19]

3.6. A CCD és CMOS-kamera összekapcsolása a távcsővel és a számítógéppel

Létezik úgynevezett panelkamera, illetve olyan, ami komplett házban van. Utóbbinak az az előnye, hogy nem kell barkácsolni, valamint komolyabb kamerák csak így vannak forgalomban, szabvány „C” menetes csatlakozóval. A C-Mount szabvány a CCD és CMOS kamerák szabványmenete, akár Hold-bolygó, akár mikroszkóp, akár ipari panel-, vagy biztonsági kameráról van szó. Webkamera esetén a kamera objektívjét kitekerjük, annak helyére betekerünk egy – a digitális fényképezőgépekéhez hasonló – adaptert, mely a 31,7mm-es kihuzatokba illik. Ezekkel a módszerekkel igen egyszerűen felszerelhetjük a távcsövünket a digitális fényképezőgéppel, CCD-, CMOS- és webkamerákkal, vezetőtávcső és más segédeszközök nélkül.



Az így elkészült kameraszerkezetünk a számítógéppel egészen egyszerűen, USB 2.0 interfésszel összeköthető. A kamera szoftverének feltelepítése után használatba is vehetjük a rendszert.

3.7. Távcsovek összekapcsolhatósága

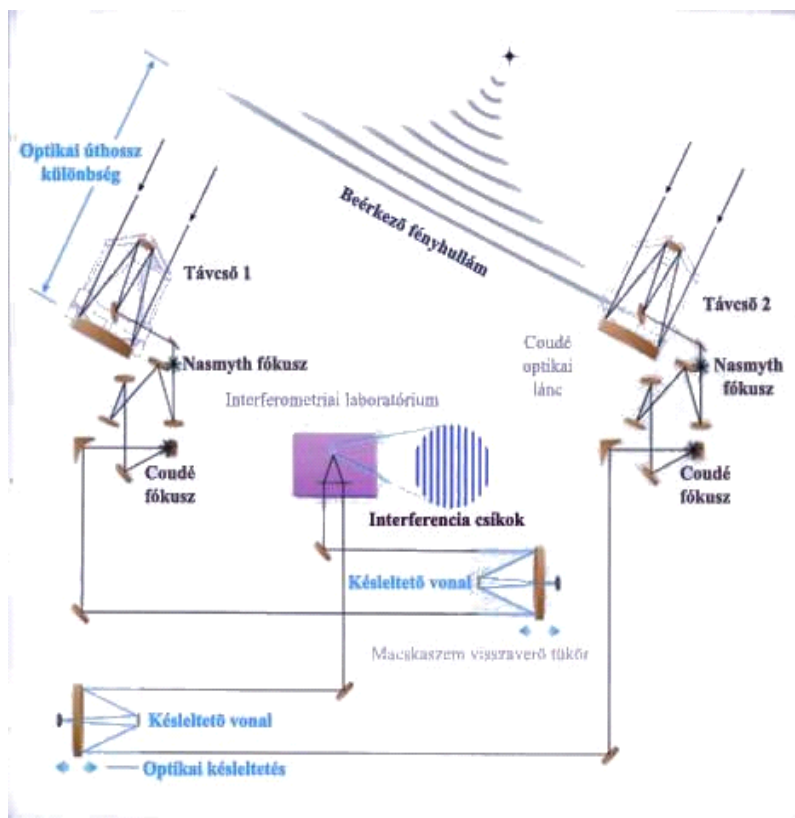
A rádióteleszkópoknál régóta használt, jól bevált módszer az interferométer-elrendezés. Ilyenkor két vagy több teleszkóp jeleit megfelelő késleltetéssel egyesítik, ezáltal olyan képet kapnak, amelynek a fénygazdagságát csak az egyesített fényű teleszkópok összfelülete határozza meg ugyan, de a felbontását a rendszer teljes bázistávolsága, ami rádióteleszkópok esetén több ezer kilométer is lehet. Így viszonylag kis költséggel jutnak nagyon jó felbontású képhez. Az optikai távcsoveknél is van elvi lehetőség ilyen jelegyesítésre, de egyrészt jóval kisebb, legfeljebb néhány száz méteres bázistávolsággal, másrészt a képegyesítést technikailag sokkal nehezebb kivitelezni, mint a rádióteleszkópoknál.

3.8. A világ legnagyobb optikai távcsove

A világ legnagyobb virtuális optikai távcsove négy chilei (egyenként 8,2 méter átmérőjű) tükrös teleszkóp összekapcsolásával jött létre. A VLT⁶ tagjai a Parnal csillagvizsgálóban találhatók és az általuk képzett virtuális tükror átmérője 130 méter. Adaptív optikával rendelkezik,

melynek működésének lényege, hogy kompenzálja a légkör nyugtalanságából eredő leképezési hibákat: egy referencia csillagot figyelve „real-time” mozgatja a segéd- és a főoptikát, ezáltal olyan hatása van, mintha eltüntetné a távcso elől a légkört. Az adaptív optikai rendszerben a tükrök kissé deformálhatók.

A VLT négy tagja összekapcsolva sokkal részletesebb képet közvetít az űrről, mint az eddigi két,



A VLT [20]

⁶ Very Large Telescope, azaz Nagyon Nagy Távcso

illetve háromtagú, interferométernek nevezett konstrukciók. Az optikai interferométerek több független távcső fényét egyesítik egy olyan „virtuális” távcső létrehozása céljából, amelynek nagy felbontású képalkotó képessége arányos a távcsövek közötti legnagyobb távolsággal. Így kiküszöbölhető a rendkívül nagyméretű, egyetlen tükörből készült távcsövek építése, amelyek mellett, hogy megfizethetetlen költségekkel járnak, csak óriási technikai nehézségek árán gyárthatók le.

A VLT működésének elve:

A megfigyelt objektumról beérkező fénysugarak először az egyes teleszkópok tükreiről verődnek vissza.

Ezt követően a fénysugarak ahhoz az eszközhöz irányítódnak, amely kompenzálja a különböző teleszkópokból beérkezett fények időbeli eltéréseit, majd egyetlen sugárrá kombinálja a fényeket. Az így kapott kép olyan minőségű lesz, mintha egyetlen gigantikus tükörrel rendelkező távcsövön keresztül történt volna a megfigyelés.

A VLT három tagját, illetve négy segéd-teleszkópját már 2002 óta használják összekapcsolt módban is. A négytagú rendszer mostantól bonyolultabb űrbéli struktúrák megfigyelését teszi lehetővé. Két összekapcsolt távcsővel remekül megfigyelhető egyetlen csillag vagy egy kettőscsillag, amikor csak az objektum átmérőjére vagy két objektum egymástól való távolságára vagyunk kíváncsiak. Négy tag esetén már három csillagból álló rendszerekről, illetve akár a protoplanetáris koronggal körülvett fiatal csillagokról is részletes információk tudhatók meg. [20]

3.9. Távcsövek összekapcsolása az amatőr csillagászok körében

Az amatőrök körében valószínűleg nem fog elterjedni az optikai távcsövek összekapcsolása. Ennek oka a különböző helyen lévő távcsövekbe érkező fényhullámok időbeli eltéréseinek nehézkes kompenzációja. A VLT sematikus ábráján látható, hogy olyan bonyolult optikai rendszeren keresztül érkezik a fény a két (vagy több) távcsőből egy helyre, amelynek kivitelezése az amatőröknek óriási nehézséget okozna, ugyanis itt olyan pontos munkára van szükség, amihez speciális eszközök és laboratóriumok kellenek (1-2 mikrométer nagyságrend). Emellett ha sikerülne is a megfelelő minőségben megvalósítani ezt az igen költséges konstrukciót, szükségünk lenne egy interferometriai laboratóriumra, ahol a különböző helyekről érkező fényeket egyesíteni tudjuk. Mivel az űrkutató szervezetek – teljesen érthetően – nem adják ki a kezükből az általuk használt hardveres és szoftveres technológiákat, az összekapcsolt amatőr távcsöveinkhez írunk kellene egy programot, ami a

megfelelő eszközöket kezelve egyesíti az interferencia csíkokat a másodperc tört része alatt többszöri ismétléssel.

Ezek alapján egy amatőr csillagásznak nem áll módjában optikai távcsövek összekapcsolásával költséghatékonyan foglalkozni, a tudomány és a technika mai állása szerint ez a profik feladata.

4. A TÁVCSŐ TERVEZÉSE

4.1. Általános áttekintés

Az elmúlt évtizedekben az amatőrök körében gyakorlatilag megfizethetetlen volt egy készen kapható távcső és nagyon korlátozott volt a lehetőség a beszerzésére, ezért nagy divat volt saját távcsövet készíteni. Manapság már léteznek boltok, amik kész távcsöveket árulnak, így aki nem szeretne bajlódni a műszere elkészítésével, egyszerűen megveheti. Ennek az az egyetlen – egyébként kiküszöbölhető – hátránya van, hogy a konstrukció adott, a beépített alkatrészeket/elemeket nem a vevő határozza meg. Természetesen, ha a méretek engedik, minden alkatrész cserélhető, fejleszthető. A kész távcsövek beszerezhetőségének megjelenésével sajnos gyakorlatilag kihalt a távcsőkészítés és megszűnt azoknak a köröknek a nagy része, ahol be lehetett szerezni nyers, csiszolatlan üveget, ezáltal kénytelenek vagyunk hozott anyagból dolgozni; adott átmérőjű tükörrel, adott fókusz távolsággal és adott fényvisszaverő réteggel. Ennek a munkadíját természetesen meg kell fizetnünk. Alternatív lehetőségek (még) vannak. Az egyik, hogy korlátozott méretben (120mm-es átmérő) budapesti üvegesek tudnak fűrni síküveg korongot ~5-6 ezer Ft/db áron. A másik lehetőség, hogy ha esetleg van ismerősünk, aki az elmúlt néhány évtizedben szert tett nyers üveg(ek)re és esetleg tőlük megszerezhetjük. Pozitívum lehet ebben az esetben, hogy az illető valószínűleg ért a csiszoláshoz, ebből kifolyólag tud nekünk segíteni a munkában. Mivel a tükör csiszolása meglehetősen hosszadalmas és egy kezdő számára sok benne a hibalehetőség, a kész tükrök pedig borsos árban vannak, egyénfüggő a főtükör beszerzése. A hibalehetőségekről később részletesebben szólunk.

4.2. A tervezendő távcsőtől elvárt tulajdonságok, kritériumok

Tekintettel arra, hogy a csillagászati műszerek legtöbbjét szabad ég alatt használjuk, azoknak károsodás, sőt számottevő minőségi változás nélkül kell működniük a -25 °C – 45 °C

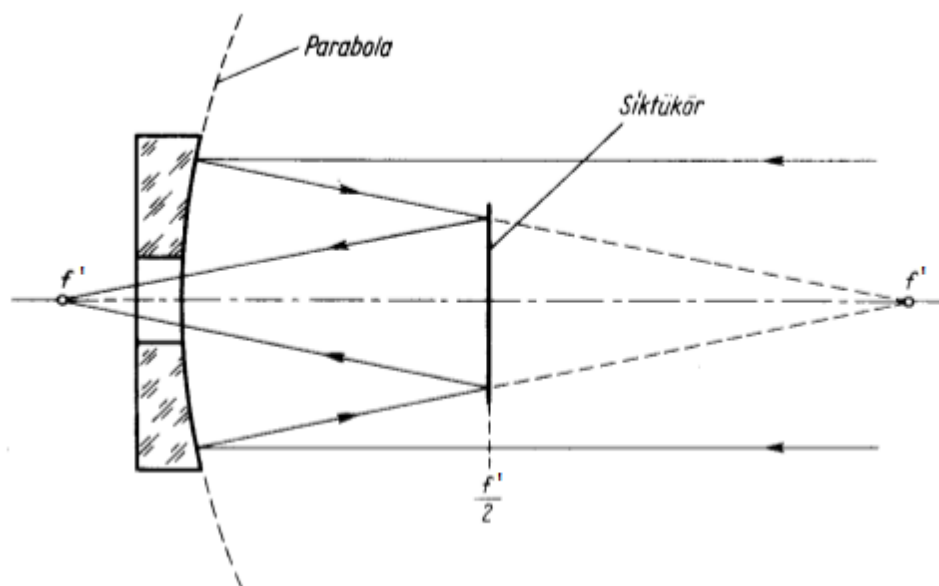
hőmérséklettartományban és gyakorlatilag bármekkora relatív páratartalmú levegőben. Különösen fontos, hogy az optikai elemek hőtágulási együtthatója a lehető legkisebb legyen s így zavaró deformációk ne lépjenek fel bennük.

A korábban kizárólagosan használt üveget előbb a sokkal kisebb hőtágulású öntött kvarc, majd a különleges összetételű Cer-vit, sital és más, keramikus üveganyagok vették át.

A mechanikai alkotóelemeket, fémszerkezeteket úgy kell megtervezni, hogy a hőmérsékletváltozásuk következtében előálló megnyúlásuk (pl. ötletesen elhelyezett csavarorsóval) kompenzálható legyen.

Célunk, hogy egy olyan távcsövet tervezzünk, ami kis helyen elfér, utazótávcső lévén akár repülőgépre is felvihető kézipoggyászként. Ebből következik a rövid tubushossz (és ez által a rövid fókusz távolság), melynek legjobb megvalósításának a **Cassegrain**-rendszert tartjuk. Így ki is választottuk a tervezendő távcső szerelését, ám egyszerűsített, olcsóbban megvalósítható változatban; kvázi-Cassegrain rendszer, melynek sík a segédtükre. Emellett a tömegének is a lehető legkisebbnek kell lennie a könnyű szállítás érdekében, hasonlóan a mechanikához. Utóbbinál figyelembe kell venni, hogy a kis tömege ellenére stabilnak és rezgésmentesnek kell lennie.

Csillagászati megfigyeléseket ma már alig végeznek vizuálisan, ezért a vizuális távcsövek pusztán vezető- vagy keresőtávcsökeként készülnek. (A meglévő távcsövekkel természetesen ma is dolgoznak.) Ettől függetlenül, teljesen kezdő amatőrként hagyományos, okulárral szerelt konstrukciót tervezünk.



A kvázi—Cassegrain rendszer elvi felépítése [21]

Minden lencsének és tükörnek két fontos jellemzője van, amiből a tervezés során ki tudunk indulni. Ezek a **fókusz távolság** és az **átmérő**. Ezeket az adatokat cm-ben vagy mm-ben szokás megadni. Az átmérő szerepe a fénygyűjtőképesség miatt fontos, a fókusz távolság pedig azt dönti el, hogy mekkora képet kapunk.

Kiinduló adatok:

Egy paraboloidra csiszolt, boltban kapható, alumínium bevonatú üveg főtükröt alkalmazunk, melynek adatai:

A főtükör átmérője: $D=150\text{ mm}$

A főtükör fókusz távolsága: $f=750\text{ mm}$

Ebből a két adatból gyakorlatilag minden kiszámítható⁷.

A tükör fókusz távolsága megegyezik a görbületi sugarának felével, így

$$f = \frac{R}{2} \rightarrow R = 750\text{ mm} \times 2 = 1500\text{ mm}$$

A tükör közepén a peremhez viszonyítva a homorulat:

$$h = r^2 / 2R ; r: \text{ az üvegkorong sugara, mely } d/2$$

$$h = \frac{\frac{150\text{ mm}}{2}}{2 \times 1500\text{ mm}} = 1,875\text{ mm}$$

A tükör fényereje az átmérő és a fókusz távolság hányadosával fejezhető ki:

$$\frac{d}{f} = \frac{150\text{ mm}}{750\text{ mm}} = 0,2 = \frac{1}{5}$$

Az 1/5-ös fényerő azt jelenti, hogy a távcsövünknek nagy a fényereje, ezért főként halványabb, felületszerű objektumok: kisbolygók, üstökösök, mélyég-objektumok: galaxisok, gömbhalmazok, nyílthalmazok, ködök megfigyeléséhez alkalmas.

⁷ Képletek és ajánlások: [21] és [22]

Nagyítás:

Minimális hasznos nagyítás:

$$N_{\min} = \frac{D}{8} \rightarrow N_{\min} = \frac{150 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} = 18,75 \sim 20$$

Felbontóképesség:

$$d = \frac{12}{D} [\text{cm}] \rightarrow d = \frac{12}{15} = 0,8 \text{ ívmásodperc}$$

Az alsó hasznos nagyítás:

$$N_1 = 5 \times D \rightarrow 5 \times 15 \text{ cm} = 75$$

Kivételesen tiszta, nyugodt időben használható még:

$$N_2 = 10 \times D \rightarrow N_2 = 10 \times 15 = 150$$

$$N_3 = 20 \times D \rightarrow N_3 = 20 \times 15 = 300$$

Ezek már üres nagyítások, tehát újabb részleteket nem hoznak elő, de a látszó részleteket nagyobbak látjuk a távcsőben, így könnyebb a megfigyelésük.

Egy másik szabály szerint akkora nagyítást célszerű alkalmazni, ahány mm a főtükör átmérője. Ez a mi esetünkben pont N_2 -nek felel meg.

A nagyításnak elvi felső határa nincs, de túl nagy nagyítás esetén a kép homályos lesz, valamint a fényessége csökken, ezért itt meg is állunk.

A kapható okulárok minimum 40-55 fok látómezejűek, ill. ennél nagyobbak, ezért ezzel nem kell foglalkoznunk.

Ezek ismeretében választhatunk okulárt:

$$N = f_{\text{objektív}} / f_{\text{okulár}} \rightarrow f_{\text{okulár}} = f_{\text{objektív}} / N$$

$$f_{\text{okulár1}} = \frac{750 \text{ mm}}{75} = 10 \text{ mm}; \text{ választva: } \underline{10 \text{ mm Barium Super 40 fokos LM-vel (SU10)}}$$

$$f_{\text{okulár2}} = \frac{750 \text{ mm}}{150} = 5 \text{ mm}; \text{ választva: } \underline{6,3 \text{ mm Plössl okulár (55 fok LM) (P63)}}$$

$$f_{\text{okulár3}} = \frac{750 \text{ mm}}{300} = 2,5 \text{ mm}; \text{ választva: } \underline{4 \text{ mm Plössl okulár (40 fok LM) (P4)}}$$

Mivel a pontos nagyításnak megfelelő okulárok nem minden esetben kaphatók, mindhárom variációnál a hozzá legközelebbit választjuk, de az ár is befolyásolja a döntést.

$$N_2 = \frac{750 \text{ mm}}{6,3 \text{ mm}} = 119$$

$$N_3 = \frac{750 \text{ mm}}{4} = 187,5$$

Ez alapján látható, hogy az a szabály, mely szerint akkora nagyítást célszerű alkalmazni, ahány mm az átmérő, nem kivitelezhető.

A segédtükör számítása:

Mivel a segédtükör síklapúságára nagyon szigorú előírásokat kell alkalmazni ahhoz, hogy a főtükör által biztosított tulajdonságokat ne rontsuk le egy rossz minőségű segédtükörrel, ezt sem házilag készítjük, hanem beszerezünk készen.

Mérete a következőképpen határozható meg:

A fókusztávolsághoz hozzáadunk 100mm-t, hogy a főtükör furatának túloldalán fel tudjuk szerelni az okulárt.

Egyszerűsített, ökölszabály szerű eljárással mondhatjuk, hogy az így megnövelt fókusztávolság felében helyezzük el a segédtükört, melynek átmérője a főtükör 60%-a, azaz:

$$D_s = 0,6 \times D_f = 0,6 \times 150 \text{ mm} = 90 \text{ mm}.$$

Vastagságára a főtükörre vonatkozó ajánlást alkalmazzuk, amely szerint $s = 1/8 \times D_s \rightarrow 1/8 \times 90 \text{ mm} = 11,25 \text{ mm}$, ezt tömegtakarékosági okokból 11mm-nek vesszük.

Mivel az ezt megközelítő méretű kész segédtükrök nagyon drágák, float üvegből, melynek felülete a gyártástechnológia miatt megfelelően sík, kör alakú korongot vágatunk, amit később alumíniummal bevonunk. Ez a módszer kb. 80%-ra csökkenti a főtükör hasznos átmérőjét, ezzel együtt a kitakarás viszonylag nagy lesz (kb. 36%), így átlépjük az ajánlott maximumot, a 30%-ot, de jelentősen lerövidítettük a tubus hosszát, ami az elsődleges célunk (kb. 80cm-ről 60cm-re).

A segédtükör távolságának kiszámítása ennél általánosabb esetben sem lenne sokkal bonyolultabb, még domború segédtükör esetén sem, mindössze 4 képletet kellene használnunk, de ezek magyarázatától eltekintünk. Azt azonban fontos megemlíteni, hogy célszerű úgy méretezni a segédtükört, hogy a Hold képe pontosan beleférjen a látómezőnkbe. Számolhatunk adott segédtükörhöz megfelelő távolságot, vagy pedig adott távolsághoz megfelelő méretű segédtükört. Az előbbi akkor előnyös, ha kész optikai elemmel rendelkezünk, és azt szeretnénk elhelyezni, ill. ha boltban szeretnénk megvenni a tükröt és szeretnénk egy adott árkategórián belül maradni. Esetünkben célszerűbb a másik változat.

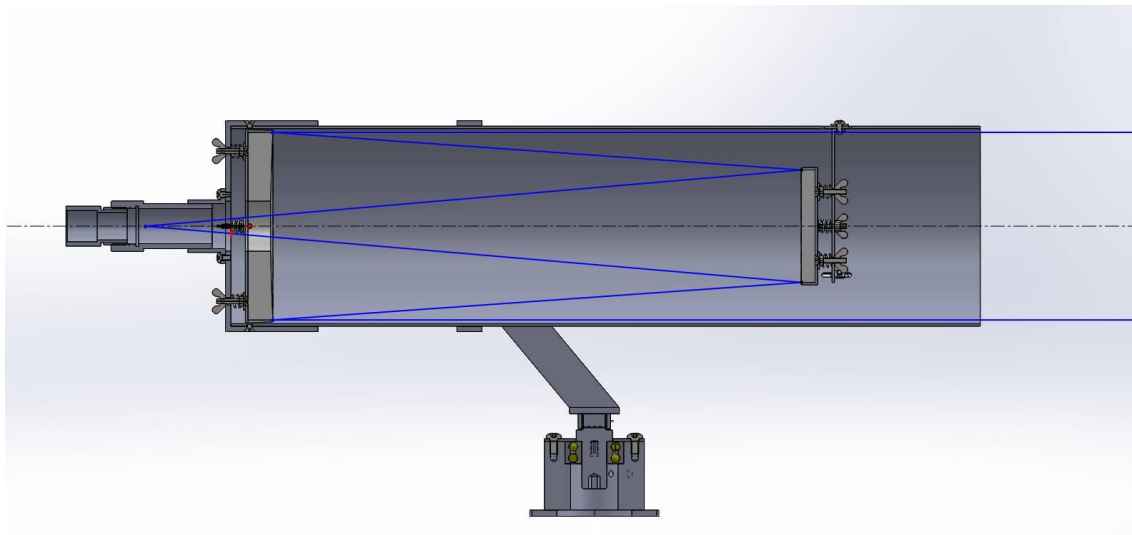
A tükrök alumíniumozása:

IBAD⁸ technológiával, valamint Al, SiO₂ és TiO₂ védőrétegekkel. Ez a vékonyrétegtechnológiai eljárás a legjobb bevonatolási eljárások közé tartozik. Az eredmény egy **széles spektrumban igen magas reflexió (96%)**, mely **kontrasztosabb képet** ad, mint a hagyományos bevonatok, ráadásul **rendkívül tartós**. Mindezen pozitív tulajdonságokat pedig szobahőmérséklet közelében kapja a felület, tehát nem kell 250-300 °C-ra melegíteni az optikákat. Elkerülve ezzel a törésveszélyt, ill. az optikai felület elvetemedését.

4.3. A távcső szerkezeti részei

A főtükrő átfúrása:

A főtükrő furatának meghatározása:



A fény útja a távcsőben

A fenti kép alapján láthatjuk, hogy ahhoz, hogy a fénysugárkúp teljes egészében keresztülmenjen a furaton, legalább 30mm-es átmérő szükséges. Mivel a segédtükörnek aránylag nagy a kitakarása, választhatunk ennél nagyobb is, ez a távcső tömegét és súlypontját tekintve előnyös is.

A furat átmérője tehát: $d = 40\text{mm}$

A főtükrőt oszlopos fűrőgéppel, a fényezett oldala felől kell átfúrni, ellenkező esetben a fúrás peremén nagy valószínűséggel kellemetlen betörések keletkeznek. [23]

⁸ Ion Beam Assisted Deposition, azaz Ionnyaláb Bevonatolás

A főtükör rögzítése:

Fontos, hogy a tükörben ne keletkezzenek feszültségek a befogás során, ezért a foglalatba lazán illesztjük, és olyan ragasztóval rögzítjük, ami szükség esetén könnyen eltávolítható, ugyanakkor megfelelően a helyén tartja a tükröt.

A főtükör egy $d=180\text{mm}$ átmérőjű, alumínium lemezből készült foglalatban helyezkedik el; elkészítése úgy történik, hogy „V” alakú bemetszéseket készítünk, melyeknek magassága 15mm , csúcsszöge 60° . A lemezen maradt trapéz jellegű fogakat felhajtogatjuk annyira, hogy kb. derékszöget zárjanak be a lemezzel. A lemez közepét a főtükör közepén lévő furattal megegyező átmérővel Egy $d=120$ átmérőjű (nem létező) kör mentén 4 db $d=5$ átmérőjű furatot készítünk a lemezre, egymástól 90° -ra. Ezeken keresztül csavarozzuk hozzá a tubus kupakjához, melyen ugyanilyen elrendezésben $d=6$ átmérőjű furatokat készítünk. A foglalat és a kupak között elhelyezünk 4 db nyomórugót ($1,5 \times 11 \times 10$). Ezeken fel tud feküdni a foglalat, valamint rugalmassága miatt biztosítja a lehetőséget a főtükör jusztirozására. **[213-106-os melléklet]**

A foglalat tükör felőli oldaláról az 5mm -es furatokba behelyezünk 4 db M4-es süllyesztett fejű kereszthornyú, $l=25\text{mm}$ hosszúságú csavart, amit a foglalat másik oldalán M4-es anyákkal rögzítünk. A főtükröt Technokol Rapiddal beleragasztjuk a foglalatba, majd miután megszáradt, behelyezzük a kupakba a csavarokat a rugókon és a furatokon átvezetve, majd 4 db szárnyas anyával (M4) rögzítjük. Utóbbiak segítségével végezhetjük a jusztirozást.

A kupakot és a hozzá rögzített alkatrészeket a tubusra helyezzük, majd 90° -onként M4-es menetet fúrunk a hengerpalástra és $l=4\text{mm}$ hosszúságú süllyesztett fejű kereszthornyú csavarral rögzítjük.

A segédükör rögzítése:

Majdnem ugyanazzal a módszerrel rögzítjük, mint a főtükröt.

A lemez átmérője $d=112\text{mm}$. A „V” alakú bemetszések ebben az esetben 11mm magasak lesznek, 50mm átmérőjű kör mentén készítjük a 3 db 5mm vastag hornyot. Mivel itt nem áll rendelkezésünkre PVC kupak, egy $d=90\text{mm}$ átmérőjű alumíniumlemezre rögzítjük a foglalatot szintén 4 db nyomórugó ($1,5 \times 11 \times 8$), M4-es anya, süllyesztett fejű kereszthornyú anya és szárnyas anya segítségével. Az alumíniumlemezből kiálló részeket 90° -kal meghajlítjuk a tükör felé és a tubushoz 3 ponton M4-es csavarral rögzítjük 179 mm -re a szabad végétől számítva. (A tubuson 5mm -es hornyok vannak, a lemez karmain M4-es menetes furatok helyezkednek el.) **[213-111-es melléklet]**

Keresőtávcső:

Ezt az optikai elemet nem alkalmazzuk. Okai:

- a távcső keresőtávcső nélkül is remekül célra állítható
- mivel kiálló elem, ki van téve a letörés veszélyének, ha pedig leszereljük, minden alkalommal össze kell hangolni a távcsővel
- minimálisan, de növeli a távcső tömegét
- az ára miatt

A mechanika:

A távcső mechanikáját úgy terveztük meg, hogy szerelhető legyen. A távcső tubusára egy gyűrűt ragasztunk, melyet a szerkezet súlypontjánál helyezünk el. A súlypontot a Solidworks programmal határoztuk meg, terjedelme miatt nem közlünk számítást. Mivel a súlypontba rögzítettük, így finombeállításra lehetőséget nem kell teremtenünk. A gyűrűt egy persellyel a villákhoz kapcsoljuk. A villa 40×5 mm-es alumíniumlemezről készül. A villa végein akkora félköröket készítünk, amekkora a persely. Egy menetes kupakot készítve és a villa aljához hegesztve belesavazhatjuk a tengelyt, melyre előtte csapágyat (választott csapágy: SKF, 4204) szerelünk.

A szerkezetnek rezgésmentesnek kell lennie, így a tengely méretezésénél 10-szeres biztonsági tényezőt használtunk; jelentősen túlméreteztük. A tengely másik végén egy furatot készítünk egy imbuszkulcs számára, mellyel a villa és a tengely szétszerelését könnyítjük meg. A csapágy védelme érdekében a tengelyt és a csapágyat tartó házat egy fedővel látjuk el, melyet csavarral rögzítünk. A ház az aljához hegesztett, sarkainál furatos lemezzel csatlakoztatható az állványhoz. A mechanika úgy van kitalálva, hogy az állványtól függ, hogy azimutális vagy ekvatoriális (dőntött vagy vízszintes állványra van-e felszerelve).

A tubus:

D=160mm átmérőjű PVC csatornacsövet használunk. Ennek nem a legmegfelelőbbek a hőtágulási tulajdonságai, ellenben a legkönnyebben hozzáférhető, valamint a hozzá kapcsolódó szabványos alkatrészeket is felhasználhatjuk. Pl. a tubus kupakja a csatornacsőhöz megvásárolható kupak.

A tubus szükséges hossza:

- a főtükör és a foglalat elhelyezkedése miatt 30mm
- a fókusz távolság fele miatt 375mm

Ez összesen 405mm. Ehhez hozzáadunk 25mm-t azért, hogy a segéd-tükör mellől minél

kevesebb fény jusson az okulárba, valamint a segédtükör felfogatásához is szükség lesz néhány mm helyre. Ezáltal nappal is használható lesz a távcső.

A tubus végleges hossza tehát: $L=405\text{mm}+195\text{mm}=600\text{mm}$

A tubus belsejét matt feketére kell festeni. Ezt NVS akril spray festékkel tesszük meg.

Okulárkihuzat:

Az okulárkihuzat 3 részből áll:

- okulárfoglalat
- fókusz távolság szabályzó
- okulártartó.

Mindhárom alkatrész PVC rúdból készül esztergálással. Az okulártartó a tubus kupakjára van erősítve 4db M4-es keresztornyú csavarral. Ebbe csatlakozik a fókusz távolság szabályzó, mellyel a különböző okulárokhoz nagyjából be lehet állítani a fókusz távolságot. A pontos beállítás az okulárfoglalat feladata, amelybe oldalról egy M4-es hatlapfejű csavarral lehet rögzíteni az okulárt. Az okulárfoglalat M30×1,5-ös finommenettel mozgatható. Azért, hogy a finommenet mozgatásával ne forduljon el a fókusz távolság szabályzó, egy horony van belemarva, amibe az okulártartón keresztül egy M4-es hatlapfejű csavar csatlakozik. Ez a megoldás egyben megakadályozza, hogy a fókusz távolság szabályzó kiessen az okulártartóból. [213-100-3, 213-100-5, 213-101, 213-102-es melléklet]

A távcsőről készült összeállítási rajz és az alkatrészek műhelyrajzai a mellékletben találhatók. [213-101-es melléklettől 213-123-as mellékletig]

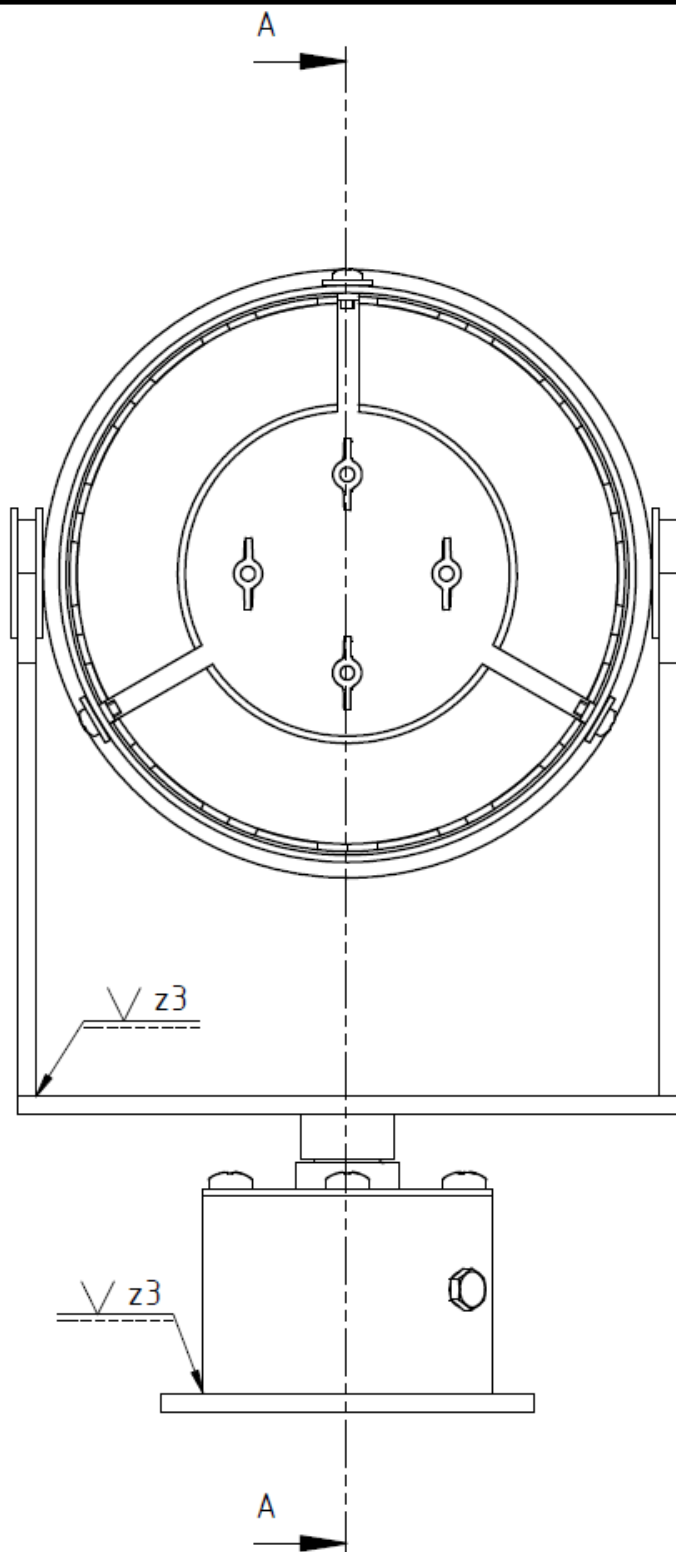
5. ÉRTÉKELES

Egy, a mi távcsövünkkel közel megegyező tudású, Newton-szerelésű MIRA 150S típusú távcső 110 ezer Ft-ért megvásárolható EQ3-as mechanikával és 5 év garanciával. Az általunk tervezett távcső megközelítheti, sőt meg is haladhatja ezt az árat és a méreteivel sem nyerünk annyit, hogy megérje a fáradságot és a rizikót, ha csak nem áll rendelkezésünkre tükröző réteggel bevont fő- és segédtükör. Ebből kifolyólag érdemesebb megvenni egy kész távcsövet, melyre garanciát is kapunk és csereszabatos alkatrészei vannak, valamint fejleszthető (pl. óragéppel). Ez alól kivétel, ha különleges jelentősége van annak, hogy saját készítésű távcsövünk legyen, vagy valamilyen okból kifolyólag ragaszkodunk az adott típushoz.

6. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Dr. Horváth Árpád: A távcső regénye, 1988
- [2] <http://www.crystalinks.com/galileo.html>, 2013. október
- [3] Bartha Lajos, „Ki készítette az első távcsövet?”, Meteor 1993/3
- [4] <http://thenaturalhistorian.com/2012/08/03/isaac-newton-mosaic-account-of-creation-burnet-theory-earth>, 2013. október
- [5] <http://tudasbazis.csillagaszat.hu/tavcsovek/tukros-tavcsovek.html>, 2013. október
- [6] <http://www.astroleague.org/al/obsclubs/herschel/fwshershs.html>, 2013. október
- [7] The NGST Study Team: Next Generation Space Telescope, 1997
- [8] <http://www.gophoto.it/view.php?i=http://blog.hmns.org/wp-content/uploads/2010/03/hubble-2.jpg#.UnuhzhDDum8>, 2013. október
- [9] Kulin György: A távcső világa, 1941
- [10] Konkoly Obszervatórium; <http://www.konkoly.hu/staff/racz/rcc.html>, 2013. június
- [11] MCSE, <http://www.tudasbazis.csillagaszat.hu/tavcsovek/katadioptrikus-tavcsovek.html>, 2013. június
- [12] <http://tavcso.hu/?o=termek&id=128>, 2013. június
- [13] <http://www.emcse.ro/sites/default/files/2009-10-31-Hogyan-valasszunk-tavcsövet%282%29.pdf>, 2013. június
- [14] <http://www.teleskop-austria.at/contents/kezdoknek.php>, 2013. július
- [15] Áldott Gábor, Meteor 2001/7-8
- [16] MCSE, Amatőr csillagászok kézikönyve, 1999
- [17] Kiss Gábor, Meteor 2001/12
- [18] Oktel Kft, <http://oktel.hu/szolgalattas/kamerarendszer/kamerak/ccd-es-cmos-erzekelok/>, 2013. július
- [19] Koncz Tamás, http://prohardver.hu/teszt/a_fotozas_alapjai_i/mik_a_ccd-k_elonyei_es_hatranyai.html, 2013. július-augusztus
- [20] http://ipon.hu/hir/a_vilag_legnagyobb_teleszkopja/19287, 2013. augusztus
- [21] Kulin György: A távcső világa, 1980
- [22] Varnyú Imre: Moduláris rendszerű távcső tervezése, 1994
- [23] Kulin György: Távcsőtükör házi készítése

Mellékletek



Tervezők:
Bíró Ádám,
Márkus Gréta
Rebeka

Megnevezés:
kvázi-Cassegrain rendszerű
távcső

Megjegyzés:

Dátum:
2013.10.30.

Anyag:

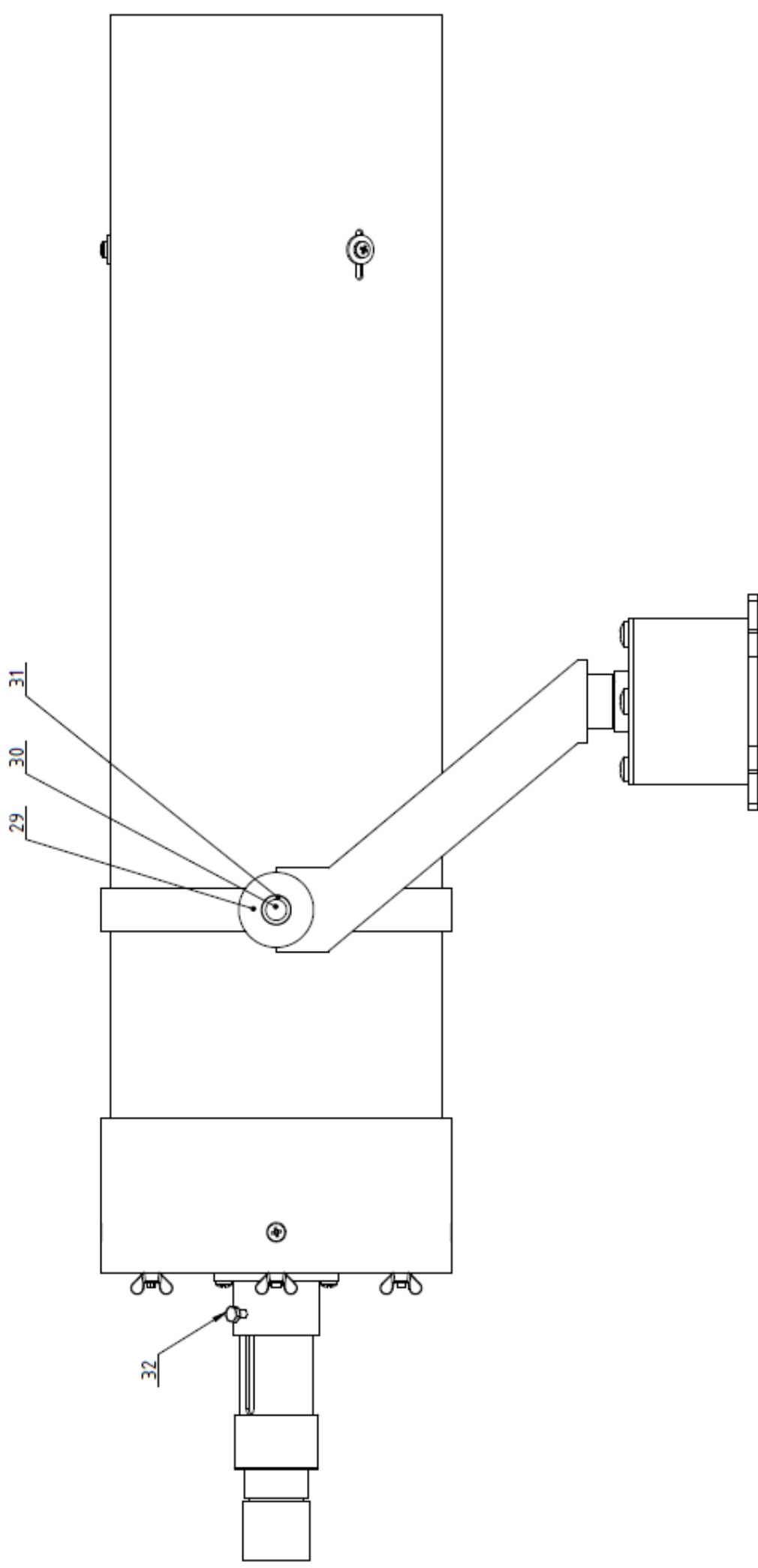
Tömeg:
2,875 kg

Méret-
arány:

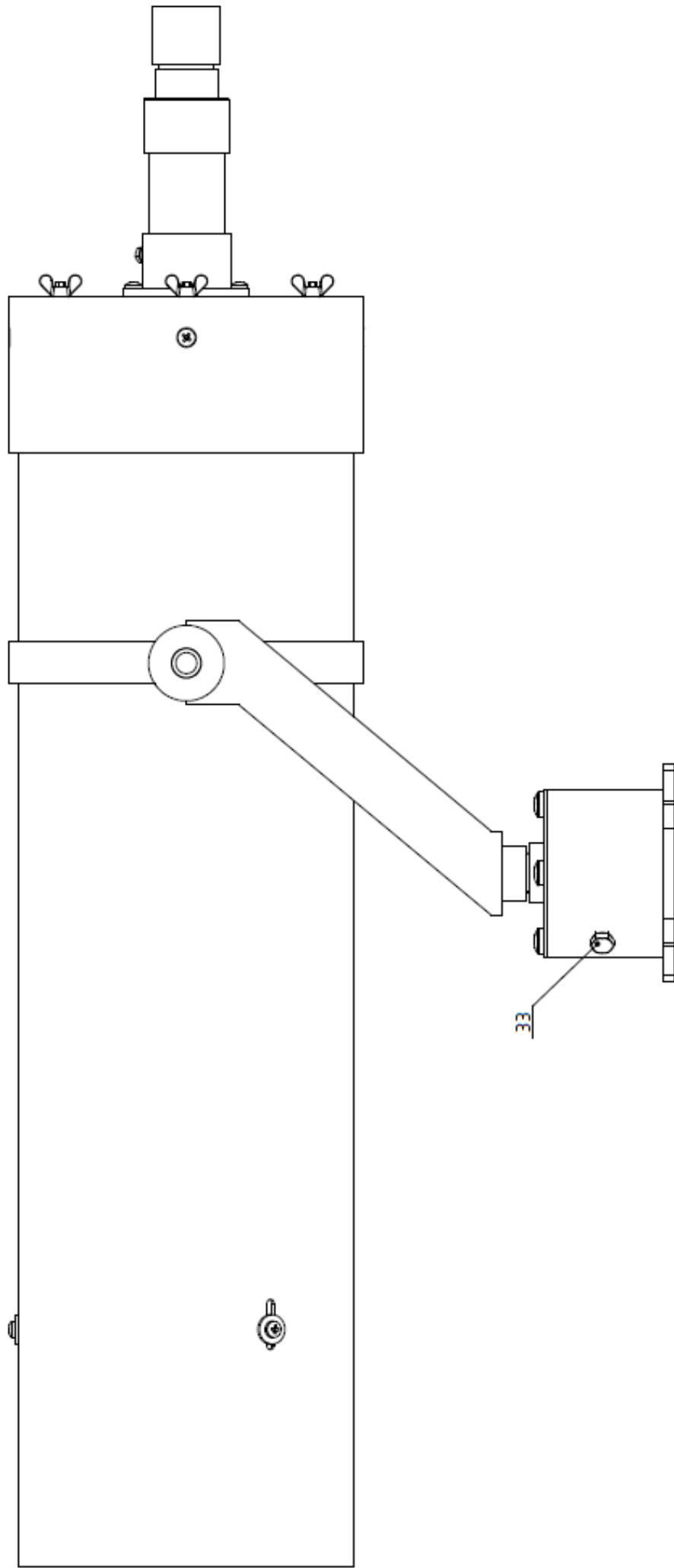
1:2

Rajzszám:

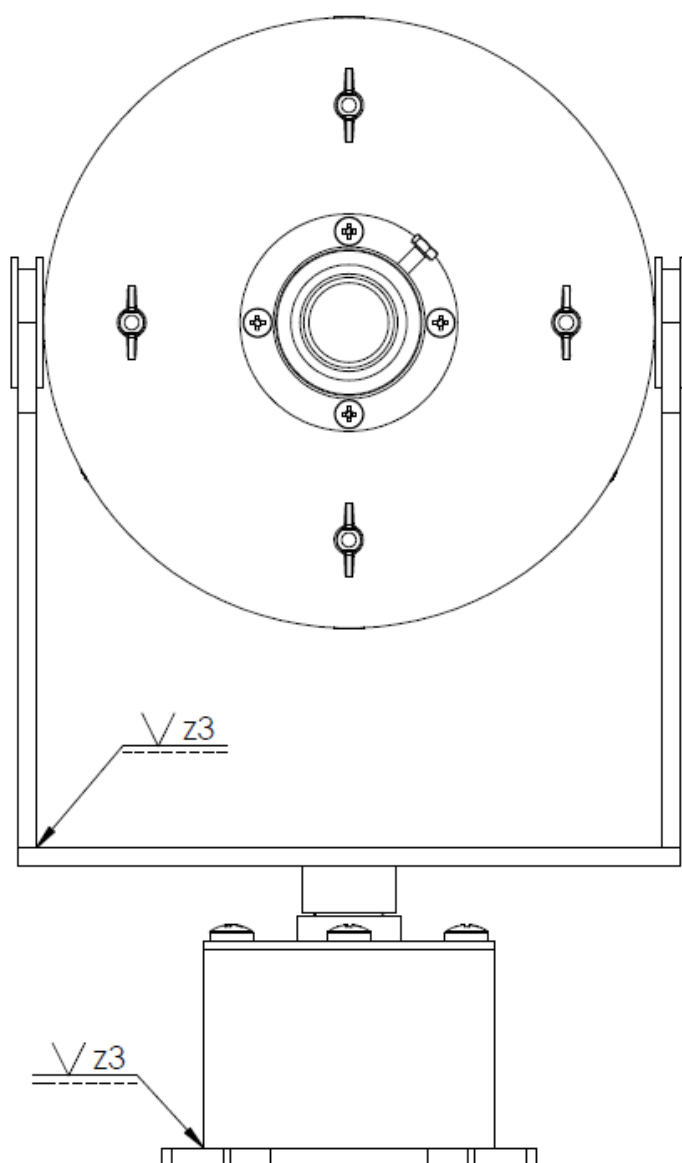
213-100/2



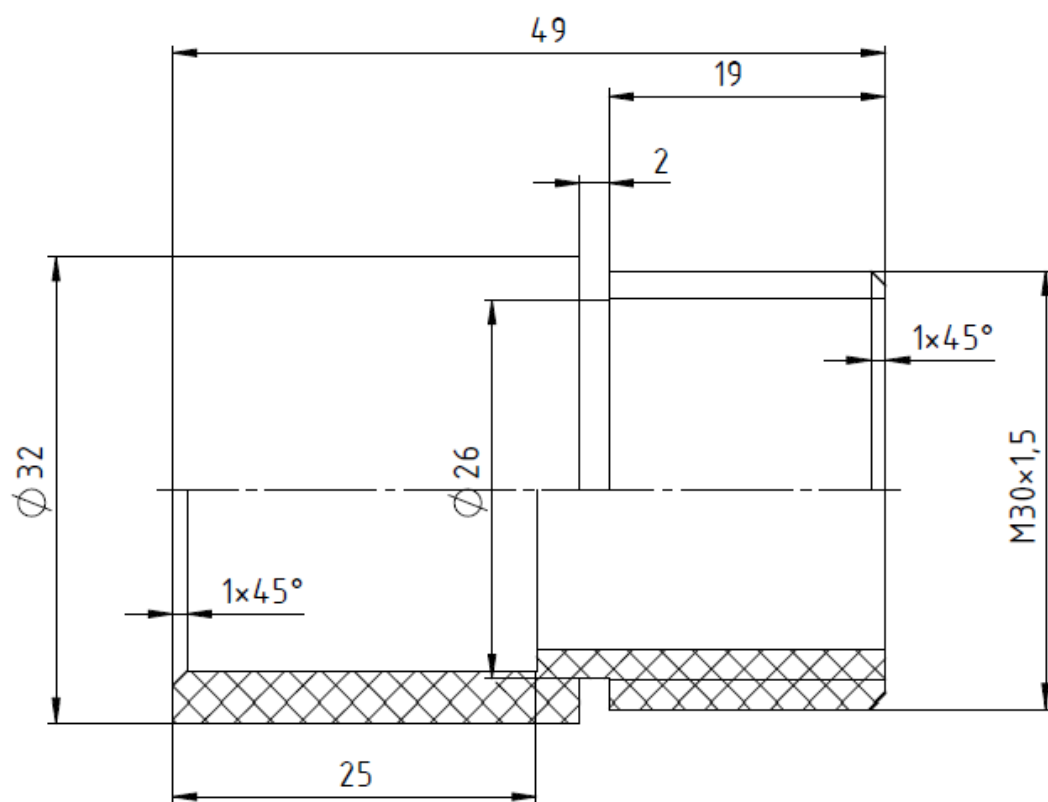
Tervezők: Bíró Ádám, Márkus Gréta Rebeka	Megnevezés: Kvazi-Cassegrain rendszerű távcső	Megjegyzés:	
		Méret- arány:	Rajzsám:
Dátum: 2013.10.30.	Anyag:	Tömeg: 2,875 kg	1:2 213-100/3



Tervezők: Bíró Ádám, Márkus Gréta Rebeka	Megnevezés: Kvazi-Cassegrain rendszerű távcső		Megjegyzés:	
	Dátum: 2013.10.30.	Anyag:	Tömeg: 2,875 kg	Méret- arány: 1:2
			Rajzszám:	213-100/4



Tervezők: Bíró Ádám, Márkus Gréta Rebeka	Megnevezés: Kvázi-Cassegrain rendszerű távcső		Megjegyzés:	
			Méret- arány:	Rajzszám:
Dátum: 2013.10.30.	Anyag:	Tömeg: 2,875 kg	1:2	213-100/5



Tervező:
Bíró Ádám

Megnevezés:
Okulárfoglalat

Megjegyzés:

Dátum:
2013.10.30.

Anyag:
PVC

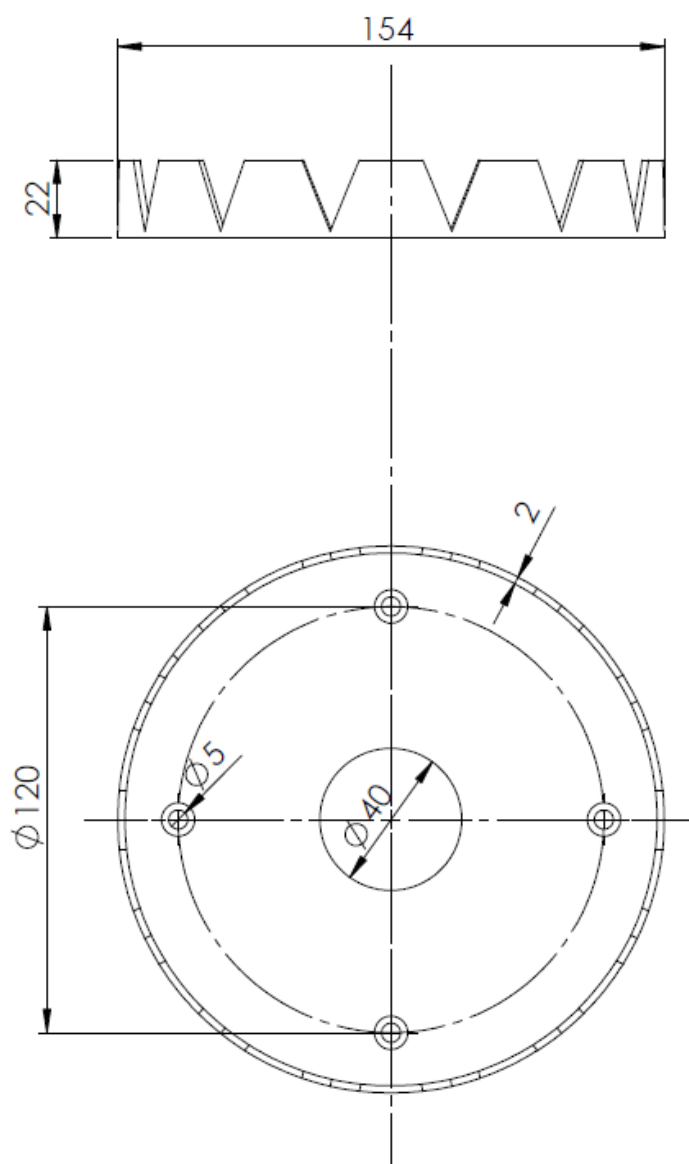
Tömeg:
0,002 kg

Méret-
arány:

2:1

Rajzszám:

213-101



Tervező:
Bíró Ádám

Megnevezés:
Főtükör foglalat

Megjegyzés:

Dátum:
2013.10.30.

Anyag:
Al99,5

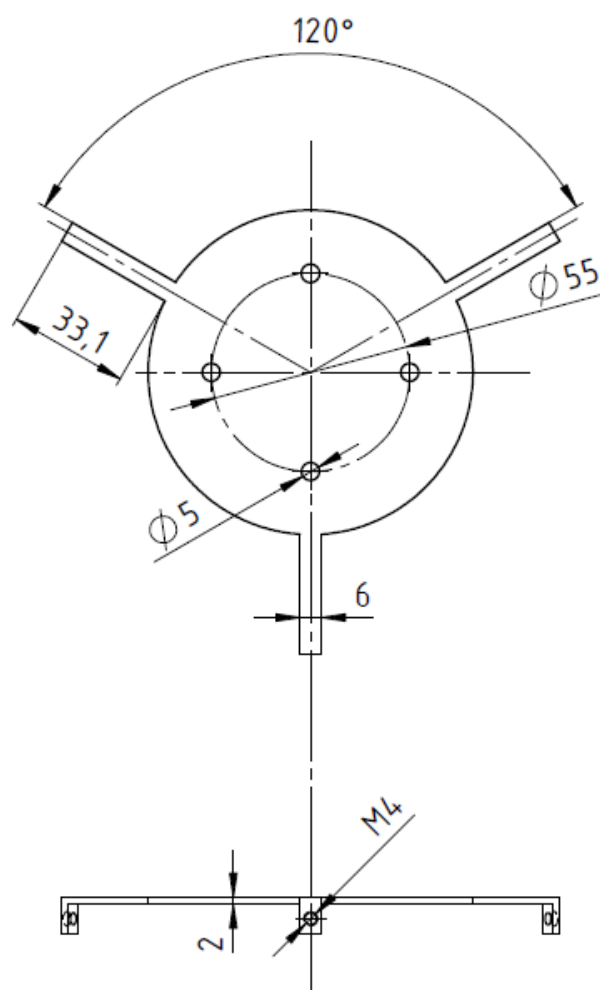
Tömeg:
0,13 kg

Méret-
arány:

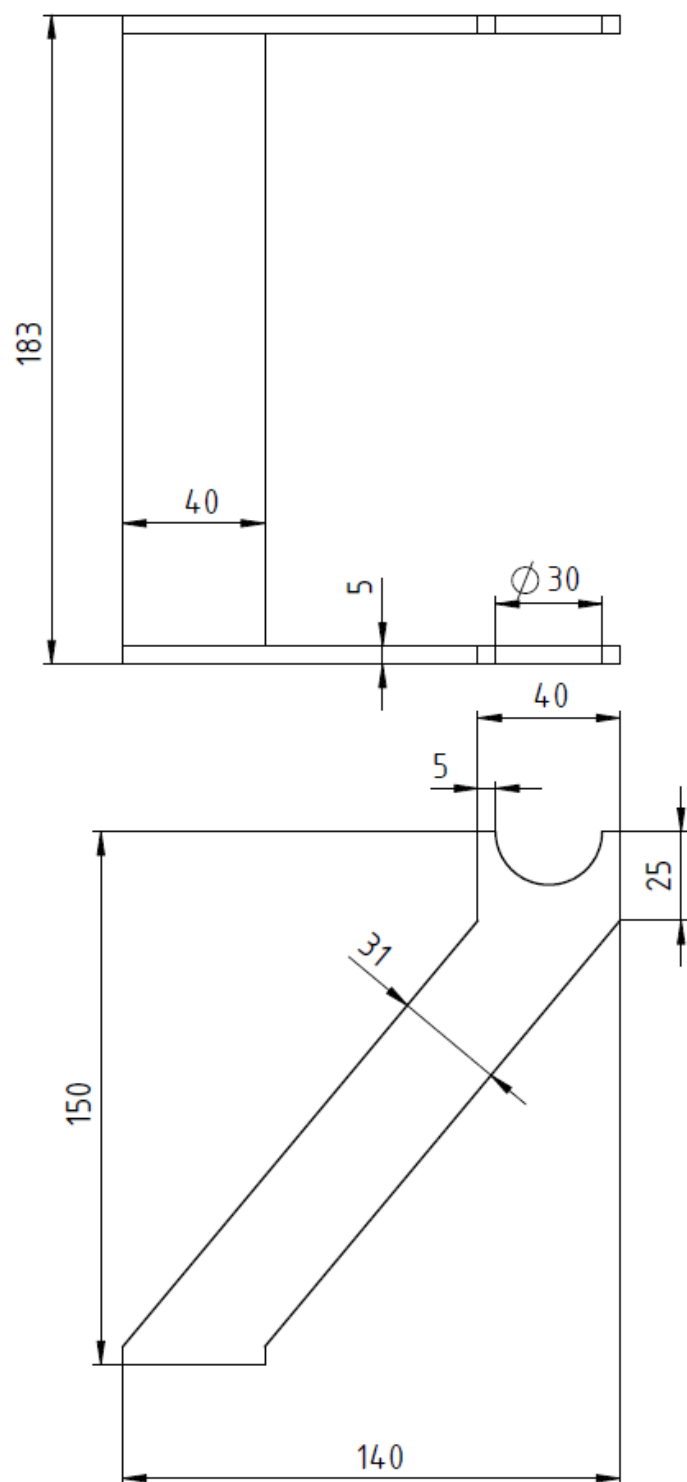
1:2

Rajzszám:

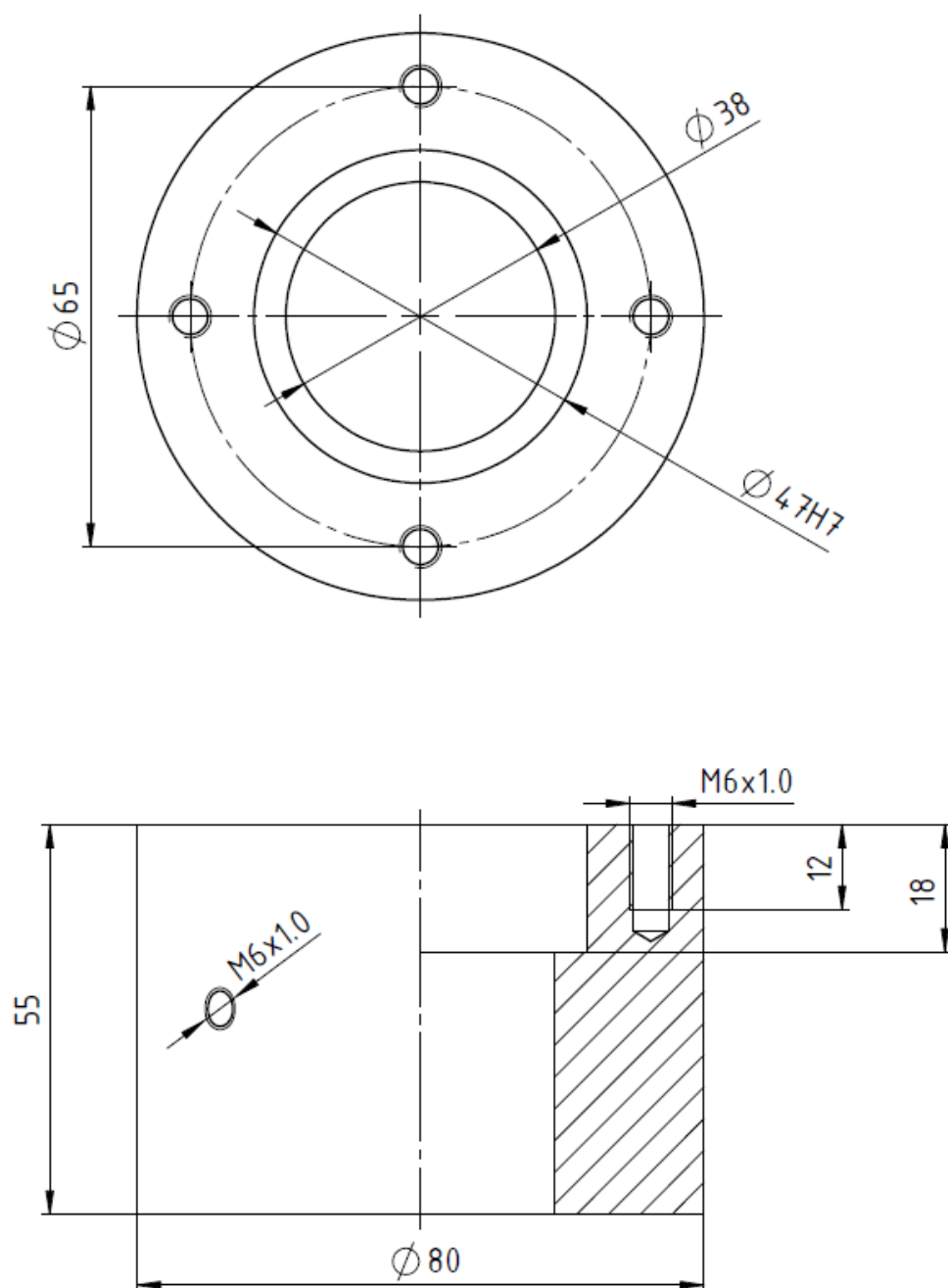
213-106



Tervező: Bíró Ádám	Megnevezés: Segédtükör tartó		Megjegyzés:	
Dátum: 2013.10.30.	Anyag: Al99,5	Tömeg: 0,04 kg	Méret- arány: 1:2	Rajzszám: 213-111

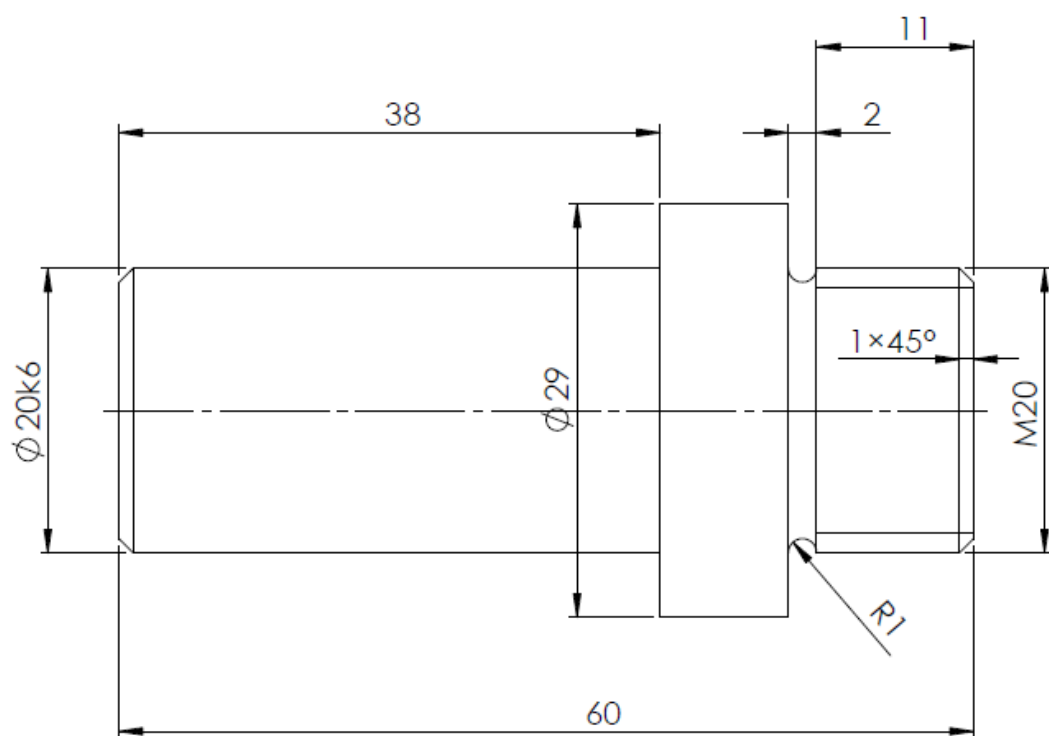


Tervező: Márkus Gréta Rebeka	Megnevezés: Villa		Megjegyzés:	
			Méret- arány:	Rajzszám:
Dátum: 2013.10.30.	Anyag: Al99,5	Tömeg: 0,09 kg	1:2	213-116



$\phi 4 H7$	$+0,025$ 0
-------------	---------------

Tervező: Márkus Gréta Rebeka	Megnevezés: Ház		Megjegyzés:	
			Méret- arány:	Rajzszám:
Dátum: 2013.10.30.	Anyag: Al99,5	Tömeg: 0,2 kg	1:1	213-121



$\varnothing 20k6$	$+0,015$ $+0,002$
--------------------	----------------------

Tervezők: Márkus Gréta Rebeka	Megnevezés: Tengely		Megjegyzés:	
			Méret- arány:	Rajzszám:
Dátum: 2013.10.30.	Anyag: E295	Tömeg: 0,02 kg	2:1	213-123

Darabjegyzék

Tétel	Darabszám	Rajzsám	Megnevezés	Méret	Szabvány	Anyag	Megjegyzés
1	1	213-101	Okulárfoglalat	Ø32×49		PVC	
2	1	213-102	Fókusz távolság szabályzó	41×81		PVC	
3	1		Okulártartó	60×30		PVC	
4	4		Kereszthornyú csavar	M4 8	ISO 7047	4.8	
5	4		Kereszthornyú csavar	M4 6	ISO 7047	4.8	
6	1	213-106	Főtükör foglalat	154×22		Al99,5	
7	1		Kupak	Ø160	EN 1401	PVC	
8	1		Főtükör	Ø150		üveg	
9	1		Tubus	Ø160×600	EN 1401	PVC	
10	1		Tubusgyűrű	Ø168,7		Al99,5	
11	1	213-111	Segéd tükör tartó	Ø90×2		Al99,5	
12	3		Lapos alátét	Ø6	DIN 125A	A2	
13	3		Kereszthornyú csavar	M4×8	ISO 7047	4.8	
14	1		Segéd tükör foglalat	Ø94		Al99,5	
15	1		Segéd tükör	Ø90		üveg	
16	1	213-116	Villa	183×150		Al99,5	hegesztve
17	1		Menetes kupak	M20		Al99,5	villára hegesztve
18	4		Kereszthornyú csavar	M6×12	ISO 7047	4.8	
19	1		Leszorító lap	Ø80×2		Al99,5	
20	1		Mélyhornyú golyóscsapágy		SKF 4204		
21	1	213-121	Ház	Ø80×55		Al99,5	
22	1		Rögzítő lemez	Ø100×5		Al99,5	házhoz hegesztve
23	1	213-123	Tengely	Ø20k6×60		E295	
24	8		Lapos alátét	Ø5	DIN 125A	A2	
25	8		Hatlapú anya	M4	ISO 4034	5.6	
26	8		Nyomórugó	1,5×11×10		60SiCr7	
27	8		Süllyesztett fejű kereszthornyú csavar	M4×25	ISO 7046	4.8	
28	8		Szárnycsap	M4	DIN 315	4.8	
29	2		Persely	Ø72		PA66	
30	2		Csap	Ø10		PA66	
31	2		Betét	Ø14		PA66	
32	1		Hatlapfejű csavar	M4×12	ISO 4017	5.6	
33	1		Hatlapfejű csavar	M6×35	ISO 4017	5.6	