

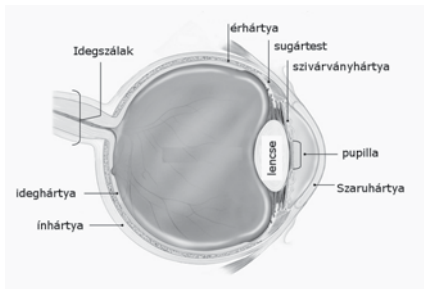
Távcsöves tudnivalók I.

Cikksorozatunkban nem vállalkozhatunk a távcsőkínálat áttekintésére, még kevésbé konkrét műszerek összehasonlítására. Ellenben – főként a fogalmakkal még csak most ismerkedő, vagy bizonytalan amatőrtársainknak – olyan általános összefoglalást szeretnénk adni, amelynek segítségével saját maguk is mérlegelhetik az egyes műszerek előnyeit-hátrányait, így könnyítve meg a távcsövélasztást. Annál is inkább, mivel nem létezik optimális távcső (ahogyan nem létezik minden célra egyformán használható, mindenkinek ugyanúgy tetsző autó sem). Két alapvető igazságot érdemes azonban szem előtt tartani: „minden távcsőnek megvan a saját ege” (azaz bármilyen műszerhez található érdekes, izgalmas, akár tudományosan is értékes megfigyelési program); illetve „a legjobb távcső az, amit használnak”.

Miért használunk távcsövet?

A válasz pofonegyszerűnek tűnik: „azért, hogy a távoli tárgyakat nagyobbak lássuk”. Ez azonban valójában csak az egyik, bár kétségtelenül fontos szempont. Saját szemünkkel nyilvánvalóan nem látunk apró részleteket a távoli tárgyakon, azonban szemünknek más területen is szüksége van segítségre, amit távcsövünktől kaphat. Ezért ismerkedjünk meg először röviden saját szemünkkel, a távcső alapvető működési elvével, majd szemünk korlátaival!

Szemünk tulajdonképpen egy igen érzékeny, finom kamera – évmillióig tartó „fejlesztés” eredménye. A külvilág fényei először a pupillán jutnak keresztül, amelynek feladata a beérkező fény mennyiségének szabályozása. Sötétben pupillánk (életkortól függően) 6–7 mm átmérőjűre tágul ki, míg erős nappali fényben akár 1 mm-nél is kisebb átmérőjűre húzódik össze. A pupillán átjutó fénysugarak ezt követően a szemlencsén haladnak át, amelynek feladata a külvilágról



a fénysugarak megfelelő megtörésével képet alkotni a szemfenék hátsó felét beborító, retina nevű fényérzékeny idegsejt-erdőn. Idegsejtjeink a rájuk eső fény mennyiségének megfelelő kémiai ingert közvetítenek agyunkba, amely keletkezett képet összeállítja, amely folyamat végén végre kimondhatjuk, hogy „látok!”. Szemünk szinte hihetetlen teljesítményre képes: rendkívül eltérő fényviszonyokhoz képes alkalmazkodni; a szemlencse alakját (így annak fókusz távolságát) változtató izmoknak hála élesen látunk a végtelentől egészen kb. 8–10 cm-es távolságig; ráadásul mindezt színesben, azaz a 400 és 800 nm közötti elektromágneses hullámhossztartományt lefedve.

A távcső működése

Egy távcső nem túl bonyolult szerkezet. Képzeltben vegyük a következő „alkatrészeket”, és megfelelő sorrendben egymás mögé téve állítsuk elő a vizuális megfigyeléshez szükséges műszert!

– Szükségünk van először is egy szemre, amellyel igen kényelmes a végtelenbe nézelődni (ilyenkor a lencsét domborító izmok elernyedtek).

– Idézzük emlékezetünkbe, hogy roppant apró dolgokat nem tudunk elég közel vinni szemünkhöz ahhoz, hogy rajta az apró részleteket is láthassuk. Így például egy bélyeg vagy apró érme vizsgálatához nagyító-lencsét

alkalmazunk (mint ahogyan az ékszerészek is). Ezen keresztül nézve, szemünk számára a „végtelenbe” tekintve, a lencse fókuszába helyezett tárgyról felnagyított, éles képet kapunk

– Vegyünk egy nagyobb lencsét, amely – hasonlóan az előző lencséhez, csak éppen „megfordítva” benne a fényt – a végtelenben levő tárgyról a fókuszpontban éles képet alkot. Tegyük ezeket egymás után az alábbi ábra szerint!

Ezzel készen is van távcsövünk! (Amennyiben van néhány egyszerű lencsénk, ezekkel bátran kísérletezhetünk, az ábrához hasonló távcsövet előállítva!). A fény bal oldalról érkezik a tárgylencséhez (objektív), amely a végtelenben levő tárgyról az optika törvényeinek megfelelően képet rajzol. Ezt a képet a második lencsével, a szemlencsével (azaz okulárral), mint tárgyat nézzük felnagyítva, az ebből kilépő fény pedig szemünkbe jut, amelynek szemlencséje előállítja a számunkra értékelhető felnagyított képet a távoli objektumról.



Az ábráról az is látszik, mit tehetünk, ha a távoli tárgyat még nagyobbra szeretnénk látni. Vagy kicseréljük a legelső lencsét egy olyanra, amely nagyobb méretű képet rajzol (ez tulajdonképpen távcsövünk cserélgetését jelentené), vagy erősebben nagyítjuk fel az objektív által rajzolt képet. A gyakorlatban ez utóbbi megoldást használjuk az okulárok cserélgetésével (amely okulárok jellemzőiről, típusairól szintén egy későbbi cikkben írunk).

Egyetlen kérdés maradt: mekkora nagyítást is értünk el pontosan? Dolgunk roppant egyszerű: egyszerűen osszuk el az objektív (első lencse) fókusz távolságát az okulár fókusz távolságával! Egy 1000 mm fókuszú távcsőbe helyezett 20 mm-es fókusz távolságú okulár így $1000/20 = 50x$ -es nagyítást eredményez.

Több fényt!

Ahogy fentebb említettük, a szembe jutó fény mennyiségét a pupilla szabályozza. Sötétben a legfeljebb kb 7 mm-re kitérű pupillánk (illetve természetesen saját szemünk, illetve a szemlencse fizikai mérete) határozza meg a beérkező fény mennyiségét. Ráadásul idegsejtjeink sem képesek bizonyos időnél tovább gyűjteni a fényt. Ennek következtében hiába „meresztjük” szemünket az éjszaka sötétjében, egyszerűen nem láthatunk egy bizonyos határnál halványabb objektumokat. Mivel a szemünkben levő idegsejtek érzékenységet nem növelhetjük, egyedüli mód halványabb égitestek észrevételére több fény bejuttatása, egy távcső segítségével. Ebből a szempontból a távcső pontosan úgy működik, mint egy tölcsér: a távcső ég felé néző, pupillánk átmérőjénél sokszorosan nagyobb felületen belépő fény – ideális esetben – teljes egészében szemünkbe jut. Akár egy kis méretű, 50 mm-es frontlencsés binokulár lencséjének felülete is 50x-ese a teljesen kitérű pupilla felületének, így 50-szer több fény érkezik be a szemünkbe. Egy amatőrök között népszerű, 150 mm-es átmérőjű tükrös távcső (még a központi kitakarás méretét is beleszámolva, l. később) pedig kb. 400-szor több fényt gyűjt össze, mint amire szemünk képes. (Ebből is látszik, hogy távcsővel óvatlanul Napba nézni szó szerint egyetlen pillanat alatt vakságot okoz!).

Összefoglalva: minél nagyobb átmérőjű egy távcső, annál több fényt összegyűjtésére képes.

Felbontóképesség

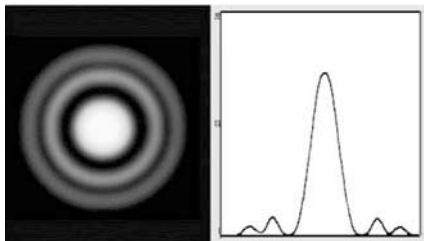
Mindenki járt már szemészeti vizsgálaton, ahol megtapasztalhatta, hogy bizonyos méret alatt nem képes a betű felismerésére: az apró vonalak, pontok összefolynak, felbonthatatlanná válnak. Az egészséges emberi szem felbontóképessége átlagosan $1'$ (ívperc), az ennél szorosabb részletek összemosódnak. Mit jelent ez? Gondolatlanul osszuk fel a teljes horizontot körben 360 részre, azaz 360 fokra. Egy fokot osszunk tovább 60 részre – ez lesz egy ívperc, a legkisebb távolság, amit

a szem felbontani képes. A csillagászatban még ennél is apróbb részleteket is tanulmányozunk, amelyek mérete ívmásodpercben (”, az ívperc 1/60-ad része) fejezhető ki. Nem csoda, hogy a például 40” látszó méretű Jupitert szabad szemmel csupán egy fényes csillag – látszó mérete miatt még korongnak sem látjuk. Amit tehetünk: a távcső segítségével megnagyítjuk a képet (l. később). Kérdés azonban, hogy tetszőleges mértékű nagyításra képes lehet-e távcsövünk?

A fizika törvényei határt szabnak az adott átmérővel elérhető nagyításnak. Ennek oka, hogy a távcsőbe lépő fény a műszer peremén elhajlást szenved, minek következtében egy pontszerű fényforrás (pl. egy csillag fénye) a távcső által alkotott képen nem pontként jelenik meg. Elméletileg tökéletes optika esetében a fény 84%-a az ún. Airy-korongban jelenik meg, amelyet exponenciálisan gyengülő intenzitású diffrakciós gyűrűk vesznek körül. A fizika törvényeinek értelmében az Airy-korong átmérője a szóban forgó fény hullámhosszától, valamint a távcső átmérőjétől függ. Mivel szemünk viszonylag szűk tartományban érzékeny, a hullámhossz-függést figyelmen kívül hagyhatjuk, és csak arra koncentrálnunk, hogy az Airy-korong átmérője a műszer átmérőjével fordítottan arányos.

Az Airy-korong mérete határozza meg alapvetően a távcső felbontóképességét: gondolkunk példaképpen két, egymás mellett igen szorosan látszó csillagra! Amennyiben a két pontszerű forrásból keletkező két Airy-korong egymásba csúszik, a két csillagot nem tudjuk elkülöníteni műszerünkkel. A két csillagot akkor tudjuk biztosan szétválasztani, ha a két Airy-korong között legalább egy gyűrűnyi rés keletkezik. Ugyanez pedig igaz (csillagok helyett eltérő fényességű apró részleteket tekintve) minden objektumra, így a Hold felszínének apró, vagy a bolygók finom részleteire.

Távcsövünk elméleti felbontóképességét igen egyszerűen kiszámíthatjuk: $r = 116/D$, ahol r a műszer felbontóképessége ívmásodpercben (”), D pedig távcsövünk objektívjének átmérője mm-ben. Ennek alapján egy elméletileg tökéletes, 232 mm objektívátmé-



Pontszerű fényforrás képe egy tökéletes optikával nézve. Jobbra a fény intenzitásának eloszlását mutató diagram

rőjjű műszer elméleti felbontóképessége 0,5”. Természetesen figyelembe kell vennünk, hogy ezen elméleti határt legtöbbször csak megközelíteni tudjuk – a távcső optikai elemeinek megmunkálása sosem lehet teljesen tökéletes, és a földi légkör hullámzása is jelentősen rontja a kép minőségét.

Nagyítás

Az előbbieken megismertük saját szemünk felbontóképességét (1’ körül), illetve ki tudjuk számítani egy adott távcső elméleti felbontóképességét. Amennyiben van egy 1” felbontóképességű műszerünk, a távcső által rajzolt képen az apró részleteket szemünk korlátozott felbontóképessége miatt nem láthatjuk, hiszen csak 60-szor nagyobb részletek elkülönítésére vagyunk képesek. Mit tegyünk, ha a 12 cm-es műszerünk által felbontott legapróbb részleteket is meg kívánjuk szemlélteni? A válasz egyszerű: nagyítsuk 60x-osára a képet, így elérjük szemünk felbontóképességét. Ezzel el is érkeztünk az ideális nagyítás fogalmához: amennyiben a távcső által felbontott részleteket annyira felnagyítjuk, hogy szemünk számára is elkülönüljenek, már minden részletet megfigyelhetünk. Amennyiben távcsövünk átmérője D mm, $m = D/2$ nagyításnál már



Az Airy-korongok mérete és a felbontás. Balra egy csillag képe, jobbra eltérő távolságú csillagpárok rajzolata

minden, a távcső által felbontható részletet láthatunk. Természetesen nem szeretjük szemünköt folyamatosan maximális teljesítményre sarkallni, így általában ennél nagyobb, a szem számára kényelmesebb nagyítást (pl. D) használunk. Természetesen a használt nagyítás megválasztása függ a vizsgálni kívánt objektumtól is: egy nagy kiterjedésű csillaghalmozatot nem tudunk több százszoros nagyítással vizsgálni, hiszen az nem férne el a látómezőben. A tapasztalat azt mutatja, hogy D mm átmérőjű műszer esetében 2D nagyítás körül van a maximális hasznos nagyítás (ettől természetesen az adott távcső optikai minőségétől és a légkör állapotától eltérés lehetséges). Természetesen növelhetjük tovább a nagyítást, de ebben az esetben már üres nagyításról beszélünk: a látott kép nagyobb lesz, de újabb részletek már nem jönnek elő, egyre nehezebb (ha nem lehetetlen) lesz élességet állítani. A nagyítás emelésének egy másik tényező is határt szab: a látott kép fényessége. A nagyítás kétszeresére emelésével a kép retinánkon négyszer nagyobb felületen jelenik meg, következésképpen a kép érzékelt fényessége negyedére csökken. Így igen gyorsan eljutunk a már túlságosan halvány képig. Általános tanácsként leszögezhetjük: nem érdemes mindenáron a nagyítást hajszozni! Egy kellemesen fényes, pengeéles, bár az elméletileg elérhetőnél kisebb nagyítás általában nagyobb élményt jelent.

A nagyításnak azonban nemcsak felső, de alsó határa is van. A távcsövünk objektívjén belépő fényhenger átmérője a nagyításnak megfelelő arányban csökken, mire kilép az okuláron. Például egy 100 mm átmérőjű műszerben 50x-es nagyítást alkalmazva a kilépő fénynyaláb átmérője $100/50 = 2$ mm, ami kényelmesen „befér” a sötétben kitágult pupillánkon. Azonban ahogy egyre kisebb nagyítást alkalmazunk, elérjük azt a határt, ahol a kilépő fénynyaláb átmérője már nagyobb, mint pupillánk átmérője. Például a fent említett 100 mm átmérőjű műszerben 10x-es nagyítás alkalmazásakor a kilépő fénynyaláb 10 mm átmérőjű, amiből csak a középső 6–7 mm lép be a szembe, a többi pedig elvész. Így megérthetjük a legkisebb

hasznos nagyítás fogalmát, amikor még a teljes fény mennyisége a szemünkbe kerül: a fenti 100 mm-es műszernél ez kb. 17x-es nagyításnak felel meg ($100:17 = 5,9$ mm kilépő fénynyaláb).

Fényerő

Eddig elsősorban vizuális megfigyelésre koncentráltunk, így eddig nem volt szükségünk erre az egyébként igen egyszerű fogalomra. A fényerő nem más, mint az objektív fókusz távolságának és átmérőjének hányadosa. Egy 150 mm átmérőjű, 750 mm fókuszú objektív fényereje tehát $750/150 = 5$, amit legtöbb esetben f/5 formában látunk feltüntetve. A fényerőnek gyakorlatilag csak fotózás-kor van jelentősége, vizuális megfigyelések során pusztán praktikus szerepe lehet: egy fényerős (azaz adott átmérő mellett rövid fókuszú) objektívvel egyszerűbb a kisebb nagyítások elérése, míg a kevésbé fényerős (azaz viszonylag hosszú fókuszú) műszerekben adott okulárokkal könnyebb a nagyobb nagyítások elérése. Fontos megjegyezni, hogy ugyanakkora átmérőjű, ugyanakkora nagyítással használt, de eltérő fényerejű műszerekben is ugyanolyan képet látjuk mind méretét, mind fényességét tekintve.

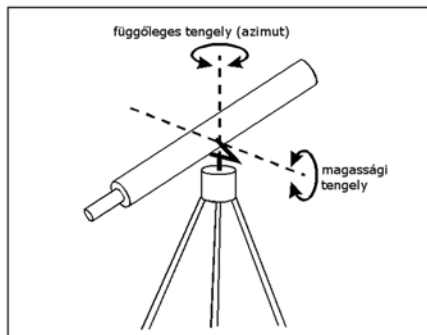
A leggyengébb láncszem

Jól tudjuk, hogy a lánc olyan erős, mint a leggyengébb láncszeme. Visszatekintve egyszerű távcsövünk ábrájára, sorra is vehetjük a láncszemeket. Saját szemünkre is vigyázzunk (óvjuk a káros sugárzástól, biztosítjuk az idegsejtek megfelelő vérellátását észlelések során a dohányzás és az alkoholfogyasztás elkerülésével, vitaminokat fogyasztunk), tornáztatjuk (gyakoroljuk az észlelést, a finom részletek megpillantását), és gondosan megválogatjuk távcsövünk két fő optikai elemét. Nyilvánvalóan nem sokat ér a kitűnő képet előállító objektív, ha az általa rajzolt képet gyengébb minőségű okulárral, képet torzító, olcsó kiegészítőkkal szemléljük. Természetesen mindez fordítva is igaz: hiába a kiváló minőségű okulár, ha már a vizsgált képben sincsenek jelen

az apró részletek, mert ezek „lerajzolására” objektívünk képtelen. Ha a távcsövet egészében szemléljük, egy harmadik láncszemre is gondot kell fordítanunk: ez pedig a távcső állványa, szakszóval a mechanika.

A mechanika

A mechanika feladata távcsövünk biztos, stabil, rezgésmentes megtartása a célponton. Mit sem érnek a kiváló optikai elemek, ha mechanikánk gyenge: a legkisebb fuvallatra vagy érintésre csak hosszú másodpercek alatt lecsillapodó rezgésbe jön. Nem csak az égitesteket látjuk felnagyítva, hanem a legapróbb rezgés is felnagyítva jelentkezik. Távcsövünk kiválasztásánál fordítsunk gondot megfelelően stabil, rezgésmentes, masszív mechanika kiválasztására! Ha tehetjük, ne a műszert éppen elbíró mechanikát válasszuk, hanem inkább nagyobbát, hiszen a későbbiekben esetleg egyéb (további súlyt jelentő) kiegészítőket is alkalmazhatunk műszerünkön, kiváltképpen, ha később fotózás is szerepel terveink között.



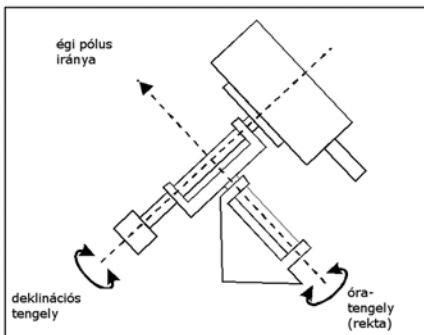
A mechanikának biztosítania kell, hogy távcsövünket az égbolt tetszőleges pontjára irányíthassuk. Ennek érdekében minden mechanikán két, egymásra merőleges tengely mentén fordíthatjuk el műszerünket. A különbség a tengelykereszt elrendezésében van.

Az ún. alt-azimut mechanikák esetében az egyik tengely függőleges, a másik pedig vízszintes – ahogyan a közismert fotóállványoknál megszokhattuk. Előnyük, hogy

könnyen kezelhetők, főképpen pedig az ún. Dobson-zsámolyok szinte utólérhetetlen stabilitást biztosítanak. Az égbolt objektumai azonban a Föld forgása következtében elmozdulnak, ami azt jelenti, hogy az alt-azimut mechanikákon levő távcsövet mindkét tengely mentén meg kell időnként mozdítanunk. Ez csupán apró kényelmetlenség, kis gyakorlattal automatikussá válik, és akár nagyobb nagyításon is kényelmesen használható mechanikát jelent.

Az ún. ekvatoriális vagy parallaktikus mechanikák esetében az egyik tengely az égi pólusra mutat, azaz ez a tengely (órátengely, vagy rektaszenciós tengely) párhuzamos a Föld forgástengelyével. Ennek következtében az égen haladó objektum követéséhez elegendő egy tengely mentén mozgatni távcsövünket, sőt, ez a mozgás – lévén egyenletes sebességű – egy óragépnek nevezett eszközzel automatizálható is. Ez kényelmessé teszi megfigyeléseinket, kiváltképp nagy nagyítások használata, illetve rajzolás, fotózás esetén.

Mindkét fajta mechanika kiválóan használ-



ható, emellett távcsövünk vásárlásakor nem is kell okvetlenül elköteleznünk magunkat egyik vagy másik mellett. Megtehetjük például, hogy a kiszemelt műszert Dobson-szerelésben vásároljuk meg, majd később megfelelő ekvatoriális mechanikára helyezzük. A lényeg, hogy megfelelően stabil modellt válasszunk, amely nem veszi el kedvünket a távcső használatától!

Molnár Péter