

# Nils Olof Carlin: Hogyan állítsuk be Newton-távcsövünket?

Tegyük fel, hogy vásároltunk egy nagyszerű hangzású remek gitárt, s gitározni tanulunk. Kis idő múlva észrevesszük, hogy egy kissé elhangolódott. Mit teszünk? Megtanuljuk, hogyan kell felhangolni, vagy lecseréljük egy zongorára?

Newton-távcsövünk nagyszerű képet ad a csillagokról és bolygókról – de csak addig, amíg jól hangolt állapotban tartjuk. A távcsövek „hangolását” beállításnak, jusztírozásnak nevezik. Hallhattunk olyan véleményeket, hogy nehéz megérteni, fárasztó, időigényes, megfájdul az ember nyaka, és leginkább elkerülendő. Remélem, hogy sikerül meggyőzőm mindenkit, hogy a távcsövek beállítására a felsorolt dolgok egyike sem vonatkozik. Tökéletesen *elsajátítható*, és csak egy vagy két percet kell a műszer felkészítésére fordítanunk ahhoz, hogy kitűnő alakítást nyújtson.



## Ismerjük meg a távcsövünket

Ha még nem ismerkedtünk meg a távcsövünk optikai elemeivel, most már itt az ideje. Az alábbiakban felsoroljuk azokat az optikai elemeket, amelyeket egymáshoz kell igazítanunk:

**A főtükrő.** Ez a tubus alján található nagyméretű, paraboloid felületű tükör. Alumíniummal bevont felülete van, ami visszaveri a csillagok fényét, és létrehoz a fókusz síkban egy képet. Fontos tudni, hogy van egy szimmetria-tengelye – az *optikai tengely*. Ezen a tengelyen a fókuszpontnál van egy „optimális terület” (az angol „sweet spot” kifejezés szabad fordítása, a *fordító megjegyzése*), ahol a csillagok és a bolygók képe olyan tiszta és éles, amennyire csak lehetséges.

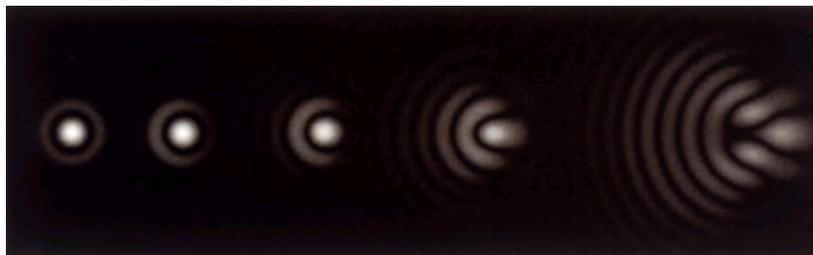


Az „optimális területen” kívül a *kóma* néven ismert torzítás már látható módon rontja a kép minőségét. A kóma a csillagokat aszimmetrikussá változtatja még akkor is, ha távcső tökéletesen fókuszálva van – minél távolabb van a csillag a fókusz síkban az optikai tengelytől, annál aszimmetrikusabbá válik. Ez a torzítás különösen a bolygó részletek tisztaságát ronthatja drámai mértékben.

*A Newton-távcsöveknek tulajdonított, leggyakrabban megjegyzett hátrányok egyike a rendszeres beállítás igénye. Ez a feltételezett hátrány azonban apró feladattá csökkenthető, ha az optikai elemek egymáshoz igazítását logikusan és módszeresen közelítjük meg. Hacsak másként nem jelezzük, minden fényképet Craig Michael Utter (Sky & Telescope) készített.*

Meglepő módon az „optimális terület” mérete csak a főtükrő *fókusz-arányától* (a tükör fókusz távolsága osztva az átmérőjével) függ, a méretétől egyáltalán nem. Például még egy tökéletes  $f/4.5$  arányú tükör is csak a fókusz sík egy 2 milliméter átmérőjű körén belül nyújt „diffrakció-határolt” teljesítményt, függetlenül attól, hogy a tükör kicsi-e, vagy nagy.

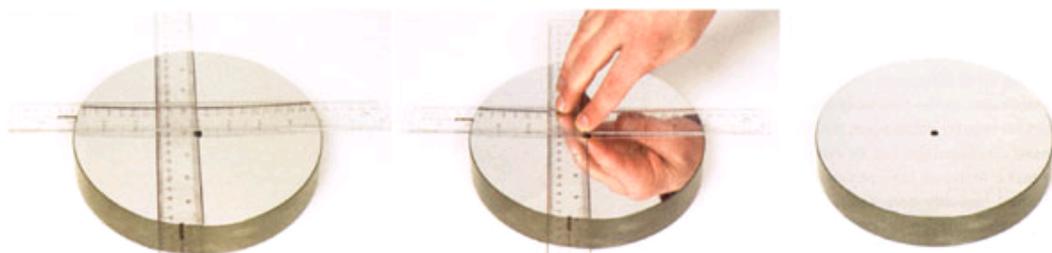
Reflektorok „optimális területei”		
Tükör f/arány	Az „optimális terület” átmérője	
	(hüvelyk)	(milliméter)
4	0.06	1.4
4.5	0.08	2.0
5	0.11	2.8
6	0.19	4.8
8	0.44	11.0
10	0.44	11.0



A kómaként ismert torzítás a Newton-távcsövek első számú ellensége – még egy tökéletesre készített tükör sem mentes tőle. Az itt látható szimulált csillag-képek (balról jobbra): egy fókuszált csillag képe az okulár középpontjába (kóma-mentes kép), az „optimális terület” szélé irányában félúton (a kómának nincs látható hatása), az „optimális terület” szélén (a kóma kezd látszódni), a „optimális terület” sugarának kétszeresénél, és az „optimális terület” sugarának négyszeresénél. (Kép: Nils Olof Carlin)

A főtükröt egy olyan állítható tükörtartóban helyezik el, amelyet úgy terveznek, hogy a tükröt alakváltozástól mentesen támassza meg. A tükörtartó jusztirozó csavarjainak állításával finoman változtathatjuk a tükör dőlését, s oda állíthatjuk az „optimális területet”, ahová akarjuk. Mivel az „optimális terület” nagyon kicsi lehet, a beállításnak messze ez a legkritikusabb pontja. Vizsgáljuk át a távcsövünket, hogy biztosan tudjuk azt, hogy melyek ezek az állító csavarok, és hogyan működnek.

A beállítást egyszerűbbé tételéhez a főtükör középpontját valamilyen módon meg kell jelölnünk. A megjelöléshez egy szigetelőszalag-darabot javaslok. Egy 1.25 cm (vagy egy kicsivel kisebb) átmérőjű korong jól megfelel a célnak. Amíg a mérete kisebb, mint a segédtükör, nem befolyásolja a távcső teljesítményét. Ha lézerekollimátort tervezünk használni, a korong középpontjából vágjunk ki egy kis lyukat.



A főtükör közepének megjelöléséhez rögzítsünk egy fekete színű szigetelőszalagot (ragadós felével lefelé) egy pár műanyag vonalzó aljához. (Nedvesítsük meg a korong hátulját, hogy átmenetileg a vonalzóhoz ragadjon.) Miután a vonalzók a megfelelő helyzetbe kerültek, hajlítsuk lefelé azokat, hogy a korong a tükrökre ragadjon.

**A segédtükör.** Ez egy kisméretű, síkfelületű tükör, ami arra szolgál, hogy a főtükör által létrehozott képet a tubus oldala irányába vetítse, ahol az egy okulárral szemlélhető. A káros diffrakciós hatások minimalizálása érdekében a segédtükör, vagy másként a *ferdén elhelyezett síktükör* általában akkora méretű, hogy a fókusz síkba a főtükörről érkező összes fénynek csak az optikai tengelyhez közel eső része érkezik meg. Ezt a teljesen megvilágított területet kell az okulárkihuzatban központosítanunk a segédtükör helyes pozícionálásával.

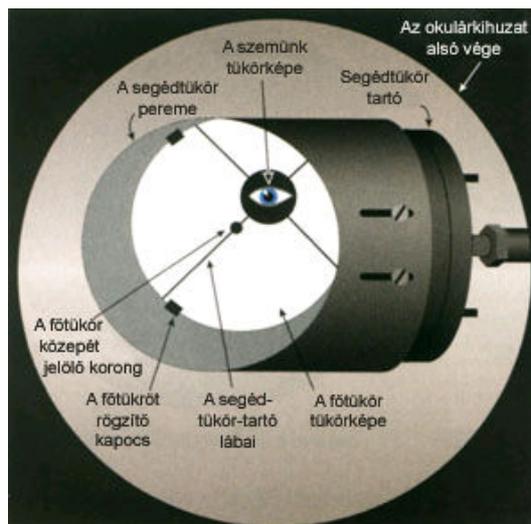
A segédtükör egy állítható tartóhoz van rögzítve, amelyet *küllők* – általában vékony fémlemezéből készült, kereszt alakban elhelyezett lábak tartanak. Azonosítsuk be a segédtükör tartójának és a lábaknak az állítócsavarjait.

**Az okulár.** A távcső felépítésének harmadik optikai eleme az okulár. Ez egy összetett nagyító lencse, amelyet a fókusz síkban létrejött kép megtekintéséhez használunk. Hasonlóan a főtükörhöz, az okulárnak is van optikai tengelye, és ennek a tengelynek a főtükör középpontjába kell mutatnia a legjobb teljesítmény elérése érdekében – a gyakorlatban ez az okulárkihuzat csövének tengelyével esik egybe, ami a segédtükör irányába mutat.

Egy jó okulár a látómezejének középső részén (az okulár „optimális területén”) szolgáltat éles képet, a szélek felé még a legjobb és legdrágább okulárok sem képesek tökéletes képalkotásra. Emiatt fontos biztosítani azt, hogy a főtükör és az okulár „optimális területe” illeszkedjen egymásra – ez a beállítás végső célja.

Most, hogy már tudjuk, mit kell megoldani, nézzünk bele az üres fókuszírozóba, és próbáljuk meg azonosítani a korábban ismertetett optikai elemeket. Ezt leginkább nappal tehetjük meg úgy, hogy a távcsövet a plafonra vagy az égboltra irányítjuk (vigyázzunk arra, hogy a Napot elkerüljük). Az alábbi illusztráció azt mutatja, amit látnunk kell: a

segédtükört a tartójában, amelynek ellipszis alakú felülete  $45^\circ$ -ban megdőntve kör alakúnak tűnik. E megdőntött segédtükörben láthatjuk a főtükör tükörképét, a főtükör tükörképében pedig a segédtükör és tartójának tükörképét. Végül a segédtükör tükörképében láthatjuk az okulárkihuzatnak és saját szemünknek a tükröződését.



*A reflektorunk beállítása előtt azonosítsuk a fókuszírozó felől látható különböző elemeket. A többszörös tükröződéseknek köszönhetően ez nehezebbnek tűnhet, mint amilyen valójában.*

### A beállítás három lépése

Miután megismerkedtünk a távcső optikai elemeivel, valamint azzal, hogy miként látszódnak a fókuszírozó felől nézve, készen állunk folytatáshoz. A jól beállított távcső eléréséhez az alábbiakat kell elvégeznünk:

- Központosítsuk a segédtükört az okulárkihuzat tengelyéhez viszonyítva
- Irányítsuk az okulár optikai tengelyét a főtükör középpontjába
- Központosítsuk a főtükör „optimális területét” az okulár látómezejével

A legtöbb esetben ebből a három lépésből csak az utolsót kell rendszeresen elvégezni; az első kettő egyszeri beállítás után többé-kevésbé elfelejthető művelet.

Ezek után lássuk a távcsövünk tényleges beállításának alapvető gyakorlati részleteit.

**1. lépés:** Kezdjük annak biztosításával, hogy a fókuszírozó és a segédtükör egymáshoz legyen igazítva. Ehhez a lépéshez a legegyszerűbb és legjobb eszköz a *célzó-cső* (bővebben erről és egyéb más beállító eszközökről [lásd a keretes írást](#)). A célzó-csövet beleillesztjük a fókuszírozóba éppen úgy, ahogy azt egy okulárral is tennénk, majd a kémlelőlyukon keresztül megszemléljük a segédtüköröt. (Ha a segédtükör nagyon el van állítódva, akkor a folytatás előtt először döntenünk és/vagy forgatnunk kell a segédtüköröt ahhoz, hogy a főtükör tükörképén látható központi korong nagyjából a célzó-cső középpontjába essen.) Ha nehéz megkülönböztetnünk a segédtükör szélét a főtükör tükörképének szélétől, akkor helyezünk egy fehér kartonpapír-darabot a segédtükör és a főtükör közé, ahogy az a jobb oldali képen látható.



*A segédtükör pozícionálása sokkal könnyebbé tehető, ha egy kartonpapírt helyezünk a főtükör és a segédtükör közé. Ez kiküszöböli a főtükörtől származó zavaró tükröződéseket.*

Az ellipszis alakú segédtükörnek kör alakúnak és központosnak kell tünnie a célzó-cső kör alakú végéhez viszonyítva. Ha ez így van, akkor az 1. lépéssel készen vagyunk. Ha nem így van, akkor vagy a segédtükör tartójával, vagy a fókuszírozóval (vagy mindkettővel) foglalkoznunk kell. Először próbáljunk meg a segédtükör tartóján állítani. A segédtüköröt általában a segédtükör tartóját a tartólábakhoz kapcsoló központi csavar állításával közelíthetjük vagy távolíthatjuk a főtükörhöz képest. Ha a hiba a célzó-cső valamelyik oldala felé (a főtükör optikai tengelyre merőlegesen) esik, biztosítsuk, hogy a segédtükör központosan helyezkedjen el a távcső tubusában. Ha nem így van, állítsuk a tartólábak rögzítő csavarjait addig, amíg ezt el nem érjük. Ha az állítási lehetőség kevésnek bizonyul, döntsük meg a fókuszírozót úgy, hogy alátétet helyezünk a szerelőlapjának megfelelő oldala alá.

**2. lépés:** Ennek során a segédtükör dőlését állítjuk be úgy, hogy a fókuszírozó tengelye a főtükör középpontjába mutasson. Először is távolítsuk el a kartonpapírt a segédtükör tartójáról. Ezután a célzó-csővön keresztül állítsuk addig a segédtükör dőlését és forgását biztosító csavarokat, amíg a főtükör tükörképe központosnak nem tűnik a látómezőben. Ha a célzó-cső távolabbi végén szálkereszt található, állítsuk rá a középponti korongot; egyébként pedig a főtükör külső szélét központosítsuk a célzó-cső távolabbi nyílásával. (Biztosítsuk, hogy a fókuszírozó kellően befelé legyen állítva ahhoz, hogy a célzó-csőben a teljes főtüköröt láthassuk.) A lézerekollimátor ehhez a lépéshez még jobb – egyszerűen vetítsük a lézersugarat a főtükör középpontjába.

A segédtükör beállításában egy kis hiba általában nem probléma. Amíg a beállítási hiba nem több, mint a főtükör átmérőjének egy-két százaléka, nincs látható különbség. Ha azonban a 3. lépésben lézerekollimátor használatát tervezzük, legyünk tisztában azzal, hogy az itteni legkisebb beállítási hiba is félreviszi a végső beállítást.

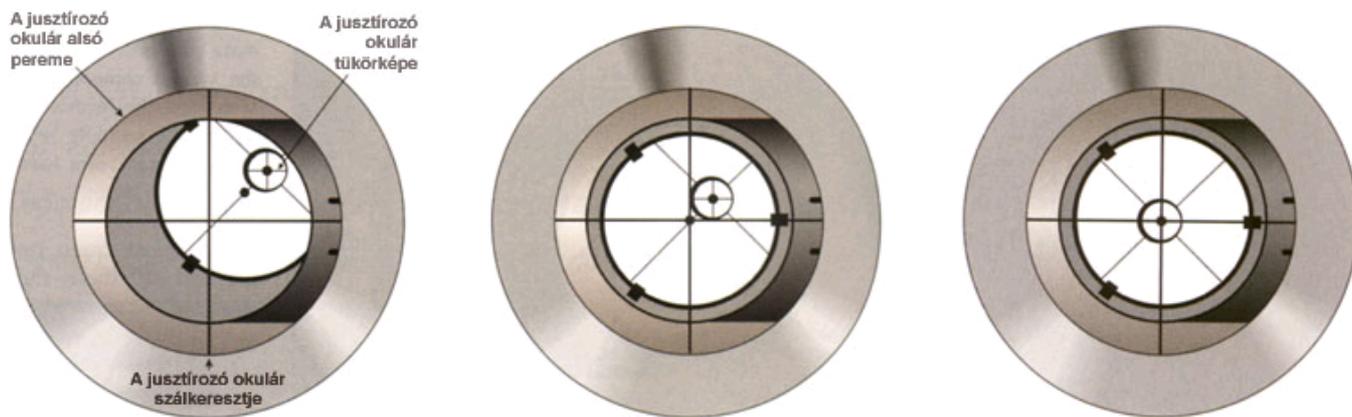
A rácsszerkezetes távcső-tulajdonosoknak minden alkalommal, amikor újra összeszerelik a távcsövüket, meg kell ismételnük a 2. lépést. Csőből készült reflektor-tubus esetén csak időnként kell ellenőrizni ezt a lépést.

**3. lépés:** Ebben a végső és legkritikusabb lépésben a főtükör dőlését kell állítanunk úgy, hogy a főtükör „optimális területe” (és egyben az optikai tengelye) a fókuszírozó középpontjába kerüljön. Ezt az eljárást minden megfigyelési ciklus kezdete előtt el kell végezni, majd az éjszaka során időnként ellenőrizni, mivel a hőmérsékleti változások vagy a rutin bánásmód a távcsövünk összetevőinek olyan mértékű elmozdulását eredményezheti, ami a beállításra módosítását igényelheti.

Ehhez az eljáráshoz a legmegfelelőbb eszköz a *Cheshire-okulár*. Helyezzük be a fókuszírozóba és figyeljük meg 45°-os szögben álló fénylő lapjának a főtükörben látható tükörképét. A főtükör juszírozó csavarjainak állításával mozgathatjuk ezt a tükörképet egészen addig, amíg a főtükör középponti korongjával központos elhelyezkedésű nem lesz. Ha ezt a beállítást a Cheshire-okulárba való betekintés közben magunk végezhetjük, annál jobb; egyébként egy asszisztens nagyon nagy segítség lehet. A legtöbb tükörtartónak három támasztó-húzó beállító csavarpárja van. Az egyszerűség kedvéért csak két beállító csavarpár használatát javaslom – a harmadikat (amelyik az lehet, amit a legnehezebb elérni) nem kell állítani, hacsak valamelyik másik csavarpár állítási lehetősége ki nem merült.

A 3. lépés végeztével az optikai tengely pontosan a fókuszírozó középpontjába esik, a beállítás készen van. Ha azonban figyelmesen megnézzük, észrevehetjük, hogy a Cheshire-okulár *nem pontosan* a segédtükör tükörképének középpontjában látszódik. Ne aggódjunk; valójában a dolgoknak pontosan így *kell* látszódnuk, mivel a segédtükör egy kissé el van tolva (a segédtükör eltolásáról részletesebben [lásd a keretes írást](#)).

A 3. lépéshez gyakran alkalmaznak lézerekollimátort úgy, hogy a visszavert sugárnyalábot a lézerekollimátor kilépő sugarának furatába irányítják vissza. Ennek a módszernek azonban vannak problémás pontjai, amelyek rációznak a feltételezett pontosságra. Hogy miért? Tegyük fel, hogy a 2. lépésben a lézerekollimátor eltévesztette a főtükör valódi középpontját egy kis mértékben, például 2 mm-rel. Még akkor is, ha a főtükör történetesen pontosan be van állítva (középpontja és az okulár középpontja egymáshoz van igazítva), a visszatérő lézernyaláb párhuzamos lesz a főtükör optikai tengelyével, de a lézerekollimátor előlapjának középpontját 2 mm-rel *elvéti*! Ha ezután megdöntjük a főtükört úgy, hogy a visszavert lézernyaláb a középpontba érkezzon, akkor a beállítás 1 mm-es hibát tartalmaz! Akaratlanul is olyan mértékű beállítási hibát okoztunk, amely befolyásolja egy rövid fókusztávolságú távcső teljesítményét. Ez a 2. lépés kisméretű, egyébként lényegtelen hibája iránti rendkívüli érzékenység a lézerekollimátor Achilles-sarka. Emiatt még ha a 3. lépésben a durva beállításhoz használjuk is, a végső finomállításhoz jobb Cheshire-okulárt használni.



*A segédtükör az okulár-kihuzathoz képest központosítva van.*

*A segédtükör beállítása helyes.*

*A főtükör beállítása helyes.*



*Ezen a képen Nils Olof Carlin látható házi készítésű, hordozható, 33 cm-es, csővázasa Dobson-reflektorával. Kezdetől fogva csak a főtükör ugyanaz, de ez a távcső volt Carlin első távcső-készítő projektje – azóta sokszor módosítva lett. (Kép: Nils Olof Carlin)*

### A beállítás csillag-tesztje

Miután a távcsövünk lehűlt és pontosan beállítottuk, készen áll a legjobb teljesítményére. Nagy nagyításnál (az átmérő mm-ben kifejezett értékének 1-2-szeresénél), valamint jó látási viszonyok mellett a csillagok fókusztált képének szimmetrikus, szoros diffrakciós gyűrűkként kell látszódnuk az okulárban. Ha azonban a látómező középpontjában a csillagok a kóma aszimmetrikus árulkodó jeleit mutatják, ellenőrizzük újra a beállítást a Cheshire-okulárral. Ha a középponti korong még mindig központosnak látszódik, akkor nincs a főtükör valódi optikai középpontjában.

Ha ez a helyzet a tükör középponti korongjával, akkor hagyjuk figyelmen kívül, és próbáljunk állítgatni a főtükör jusztirozó csavarjain kis lépésekben, egészen addig, amíg a látómező közepén a legjobb csillag-képet nem kapjuk. (Ennek a módszernek a részletes leírását a 2001. évi júniusi szám tartalmazza a 125. oldalon.) Ezután a Cheshire-okulár jelzi a főtükör valódi optikai középpontját. Ha lehetséges, mozgassuk a korongot a megfelelő helyre, vagy tegyünk egy nagyobb méretűt a tetejére.

Ha tudjuk, hogy a főtükör középponti korongja rendben van (és a legtöbb esetben az lesz, ha gondosan központosítottuk), nincs szükség a beállítás rutinszerű finomítására a csillag-teszt segítségével – a Cheshire-okulár használata nem csak egyszerűbb, hanem pontosabb is, ha a seeing az ideálisnál rosszabb, ami a legtöbb éjszakán így van.

Most, hogy a távcsövünket tökéletesen beállítottuk, a teljesítmény növekedésnek nyilvánvalónak kell lennie. Ha mégsem, szándékosan állítsuk el a főtükört, és nézzük meg, hogy mit tesz egy bolygó nagy nagyítású képével – soha többé nem fogjuk hagyni, hogy elállítódjon!