# Az asztrofotózás elméleti háttere

Ebben a könyvben az asztofotózás különböző aspektusainak elméleti hátterét tagaló cikkek vannak.


- Francsics László: Utazás a kozmosz mélyére - asztrofotós szemmel
- Schmall Rafael: A modern asztrofotózás alapjai
- Tóth Gábor: Élességállító maszkok összehasonlítása
- Francsics László: Röviden a csillagászati távcső-üvegekről
- Kajfis Tamás: Szoftver fogalmak a távcsöves vezérlésben

# Francsics László: Utazás a kozmosz mélyére - asztrofotós szemmel

https://www.youtube.com/embed/sNMqnxFE-ZM

*A felvétel Székesfehérvárott készült a Hajmási József előadássorozat részeként, 2015. április 7-én.*

# Schmall Rafael: A modern asztrofotózás alapjai

https://www.youtube.com/embed/_SZ6RSjAgyY

*Az előadás a Vega Csillagászati Egyesület szervezésében a Virtuális Csillagászati Klub prograján hangzott el*
*2015. szeptember 21-én.*

# Tóth Gábor: Élességállító maszkok összehasonlítása

## Az élességállításról

Mindenki aki készített már fényképet ismeri az élességállítás fontosságát. Az objektív által leképezett kép az objektív mögött, attól bizonyos távolságra lesz éles. Ez a távolság függ az objektív fókusztávolságától, és a fényképezett téma és az objektív közötti távolságtól is. A képrögzítő eszközt, akár emulzióról, akár digitális képrögzítő eszközről van szó, pontosan a megfelelő távolságban kell az objektív mögött elhelyezni, ha éles képet szeretnénk rögzíteni. A fotográfiában számtalan eszköz segíti a megfelelő távolság megtalálását, kezdve a képrögzítő eszköz helyébe tett egyszerű mattüvegtől, a törőékes keresőkön át, a modern autofókusz rendszerekig. De mi a helyzet az asztrofotózás terén?

Az asztrofotózásban az egyik alapprobléma a témáról érkező kevés fény, hiszen gyakran több órányi expozíció szükséges a téma megfelelő rögzítéséhez. Ilyen körülmények között a vizuális élességállítás nem jöhet szóba. A keresőben (már ha van egyáltalán kereső a kamerán) csak a legfényesebb csillagok látszanak, de azok pontszerű fényforrások, nem kiterjedt felületek részletekkel amik segíthetnék a szemet az élesség megtalálásában. A törőékes keresőhöz szintén látható felületek szükségesek, lehetőleg az ékre merőleges élekkel a képen, ami a csillagok esetében szintén nem adott. A hagyományos autofókusz rendszerek is csődöt mondanak ha nincs elegendő fény és részlet a képen. A csillagok pontszerű képének van azonban egy óriási előnye, amit kihasználva mégis lehetségessé válik a pontos élességállítás.

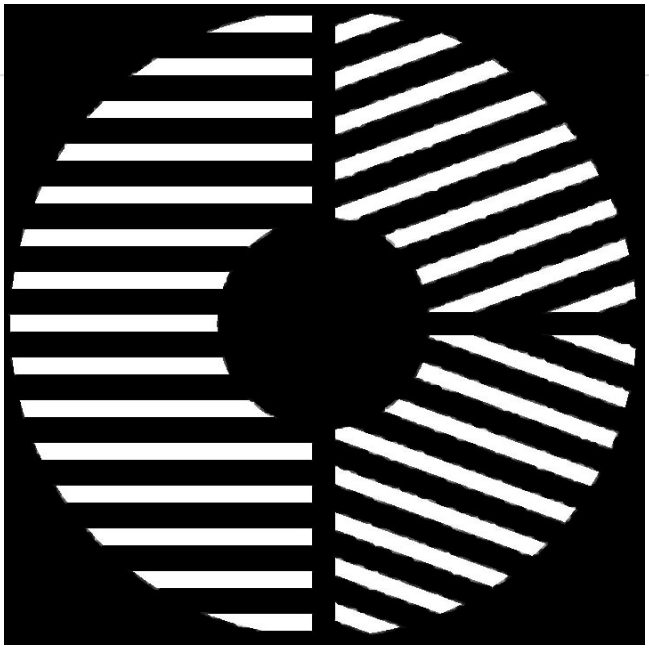
A csillagok képének az emberi szem számára hátrányos pontszerűsége előnnyé kovácsolható a diffrakció jelenségének felhasználásával. A jelenség lényege az, hogy egy egyenes él mentén elhaladó fény az él irányára merőlegesen megtörik, a fény hullámhosszától és az él közelségétől függő mértékben. Ez a jelenség okozza a Newton rendszerű távcsövek esetében (a segédtükör-tartó lábai mellett elhaladó fény diffrakciója folytán) a csillagok képén látható kereszt alakú diffrakciós tüskéket is. Megfelelő elrendezésű éleket tartalmazó maszkot helyezve a fény útjába olyan diffrakciós mintázat alakul ki, ami segíti a pontos fókuszálást.

Mielőtt azonban az egyes maszk-típusok bemutatásra kerülnek, szükséges megvizsgálni hogy mekkora pontossággal kell a képrögzítő eszköz objektívtől mért távolságát beállítani ahhoz hogy a hiba ne okozzon jelentős képminőség-romlást. Ez a hibahatár alapvetően két tényezőtől függ: az objektív fényerejétől és az alkalmazott képrögzítő eszköz felbontóképességétől (fotoemulzió esetén a szemcseméret az irányadó, míg digitális kamera esetén a szomszédos pixelek közötti távolság). A tűrés meghatározása történhet például az alapján, hogy egy csillag képének átmérője ne legyen nagyobb a pixelek közötti távolságnál. Ennek kiszámítása egy egyszerűsített képlettel történhet:

**T=F*P**

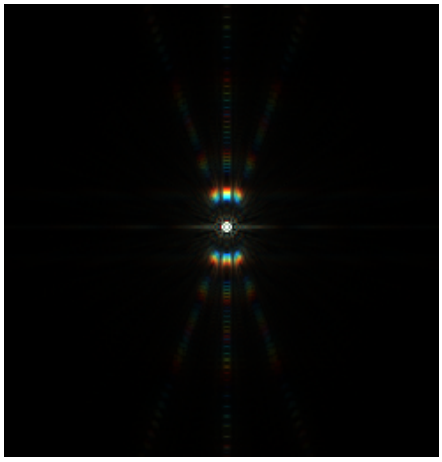
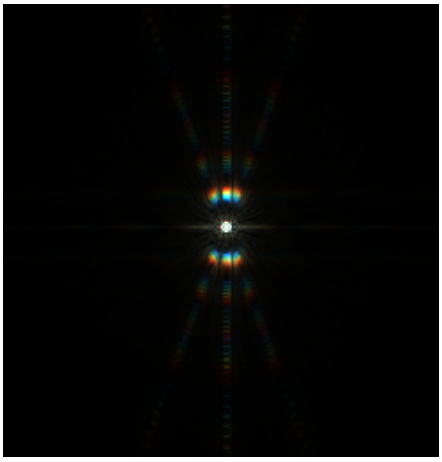
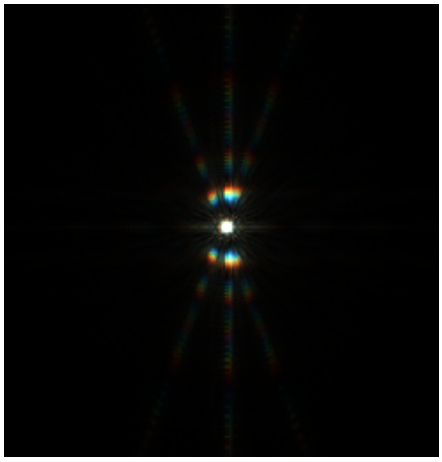
ahol **T** jelöli a tűrést, **F** a távcső nyílásviszonyát és **P** a pixelek közötti távolságot. Láthatjuk hogy a f/4 fényerejű távcső és 4.7 mikronos pixeltávolság esetén 18.8 mikronnál kisebb hibával kell eltalálni a fókuszsíkot. Ez nem túl nagy érték, ezért nagyon fontos a megfelelő módszer alkalmazása.

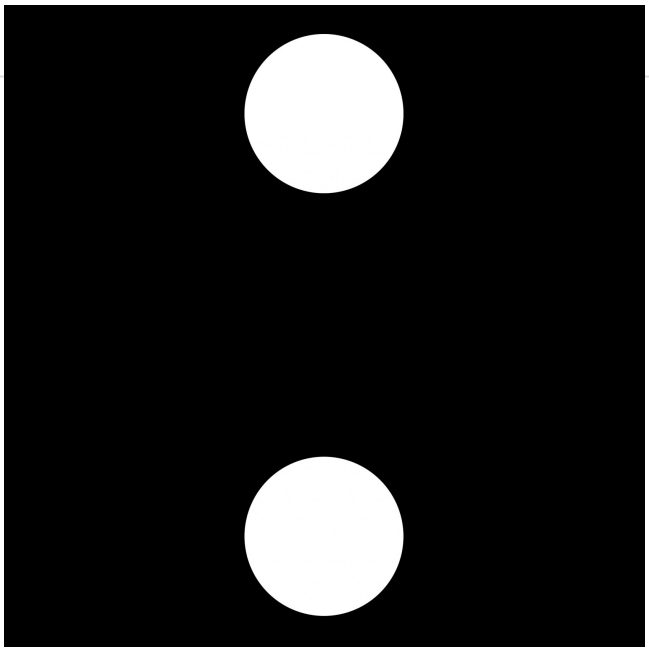
Az alábbiakban bemutatott maszkok diffrakciós képeit Niels Noordhoek Maskulator nevű remek programjával állítottam elő. Minden maszkhoz három-három képet készítettem, egyet tökéletes fókuszban, a másodikat 12 mikronra a fókuszsíktól, a harmadikat pedig 36 mikronra a pontos fókusztól. A lenti szimulált képek 250/1000mm paraméterű távcső elé helyezett maszkok diffrakciós képét mutatják.



## A Bahtinov maszk

Az egyik legelterjedtebb maszk-típust Pavel Bahtinov találta fel. A maszkon három különböző irányban állnak az élek oly módon, hogy a harmadik irány a másik két irány szögfelezőjével párhuzamos. A maszk előnye, hogy nem csak a hiba mértékéről, de irányáról is információt ad, azaz nem csak az derül ki a diffrakciós képből hogy távol van az érzékelő a fókuszsíktól, de az is, hogy távolabb, vagy közelebb van-e az objektívhez az ideálistól. A diffrakciós képen három diffrakciós tüske látszik, pontos fókusz esetén a három tüskére fektetett egyenesek egyetlen pontban metszik egymást, míg a hiba növekedtével egyre jobban eltávolodnak a közös metszésponttól. A hiba irányától függően a középső tüske az egyik vagy másik irányban tér ki, ez segít megállapítani a szükséges korrekció irányát. A gyakorlatban érdemes a tüskék által kijelölt egyenes helyett a három tüskén látható első fényes csomópontokra koncentrálni, mert azokkal könnyebben észrevehető már a legkisebb hiba is.

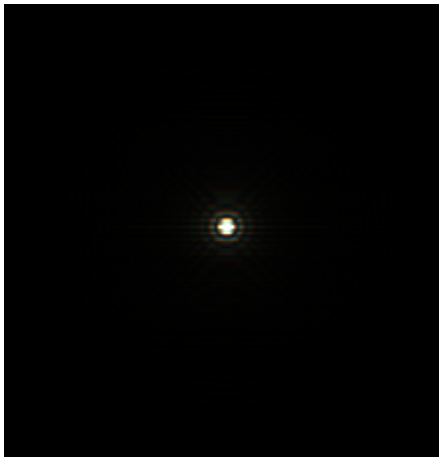
| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Tökéletes fókusz | 12 mikron hiba | 36 mikron hiba |



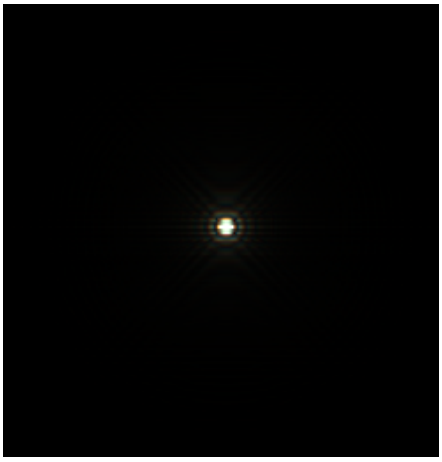
A két, kerek lyukú

# Hartmann maszk

Ez a szintén széles körben elterjedt maszk kivétel, mert nem a diffrakciót használja ki, hanem a két kerek nyílásának köszönhetően két keskenyebb fénykúp keletkezik az objektíven úgy, hogy csúcsaik a fókuszsíkban a csillag képének helyén találkoznak, míg tengelyeik egymással szöget zárnak be, Tökéletes fókusz esetén a csillag képe pontszerű lesz, a fókuszsíktól távolodva pedig először megnyúlik, majd két, egymástól távolodó, növekvő átmérőjű korongba megy át. A csillag képéből nem derül ki hogy a fókuszsík mely oldalán van az érzékelő, és a lenti képekből az is látszik, hogy a 12 mikronos hiba még szinte észre sem vehető,



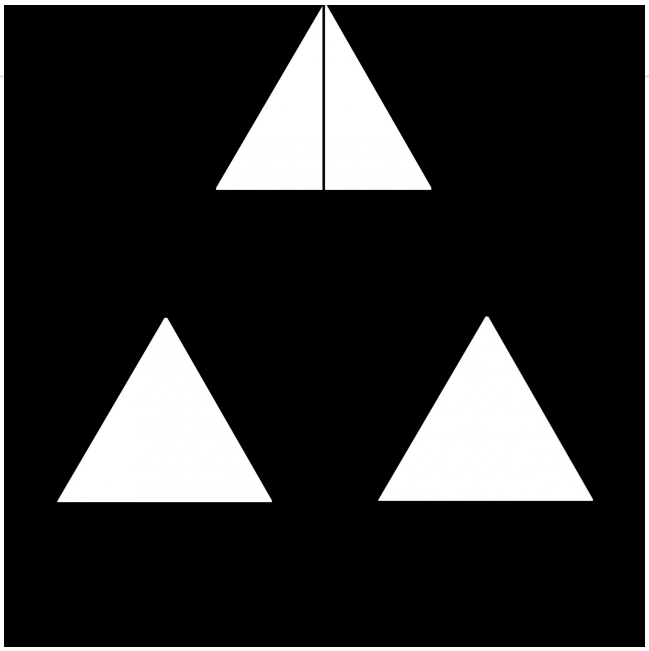
Tökéletes fókusz



12 mikron hiba

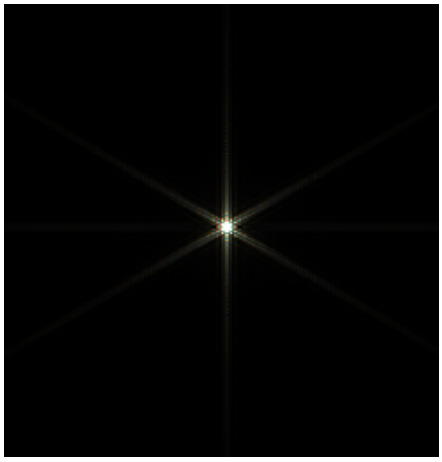


36 mikron hiba



# A három egyenlő oldalú háromszögből álló Hartmann maszk

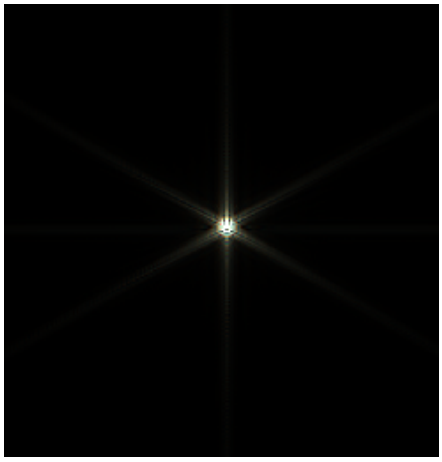
Ez a maszk hasonlóan a kétlyukú változathoz megtöbbszörözi, jelen esetben megháromszorozza a fénykúpok számát, viszont mivel egyenes élek is találhatók benne, diffrakciós tüskéket is eredményez. A felső háromszögben található függőleges él a Newton távcső segédtükör-tartó lábát modellezi. Mivel bármilyen állásban van a maszk, a négy láb közül valamelyik mindenképpen látszani fog, ezért érdemes ezt az irányt alkalmazni, mert így a negyedik tüske derékszöget fog bezárni a  háromszögek talpa által keltett tüskével. A lenti képeken látszik, hogy ez a maszk sem egyértelműen mutatja ki a 12 mikronos hibát.



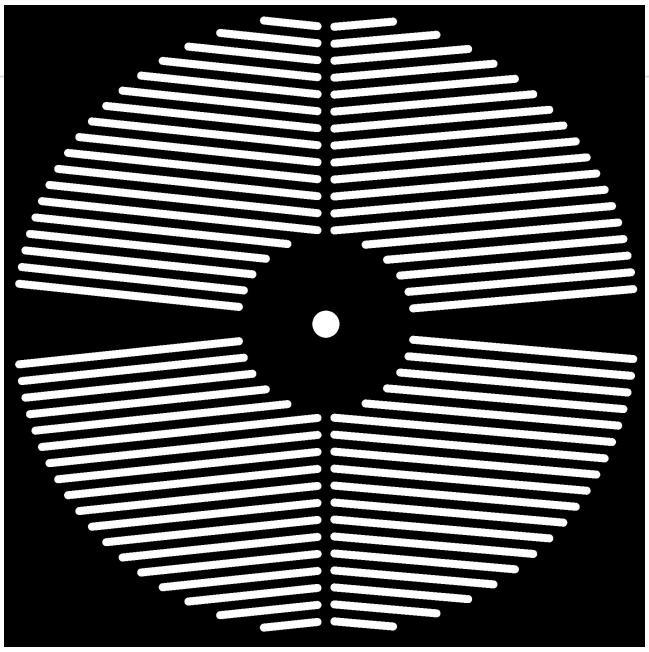
Tökéletes fókusz



12 mikron hiba

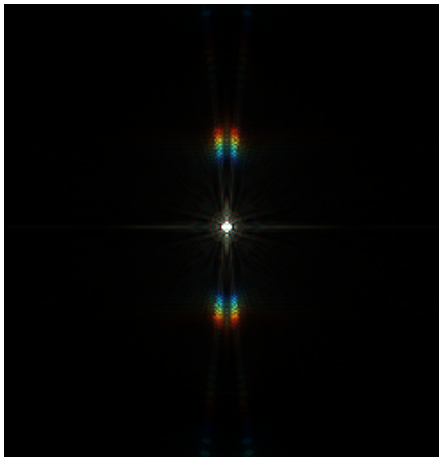


36 mikron hiba

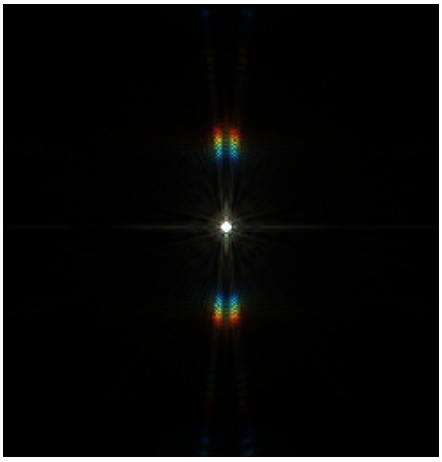


## A Carey maszk

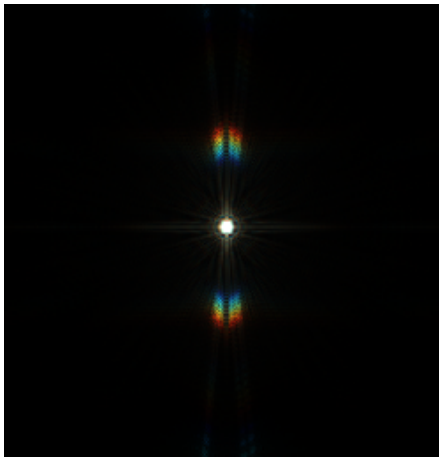
Ez a maszk is a diffrakció elvén működik. A bal oldali élek 12 fokos szöget zárnak be egymással, míg a jobb oldaliak 10 fokos szögben állnak egymáshoz képest. Mindkét oldal X alakú diffrakciós képet alkot, melyek metszéspontjai tökéletes fókusz esetén egybeesnek, a fókusztól távolodva pedig a két X elmozdul egymáshoz képest. A száraik által bezárt kis szög miatt már csekély hiba is könnyen észlelhető, főleg a metszésponttól távolabb.



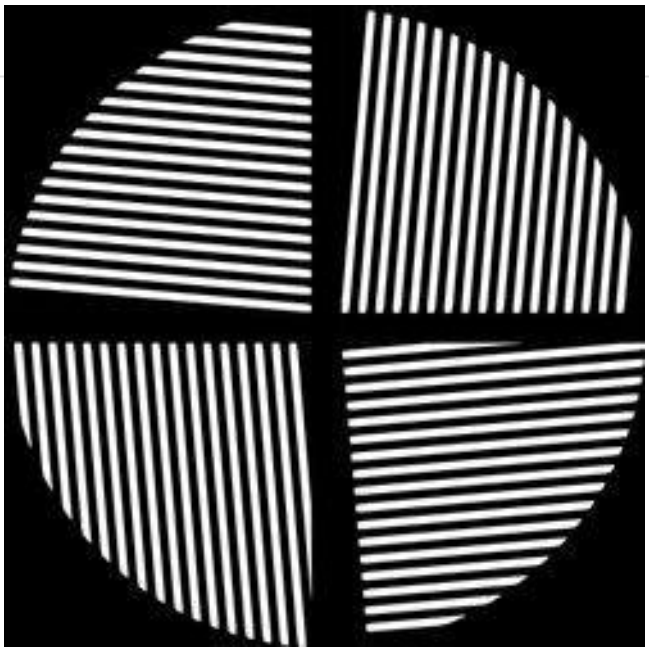
Tökéletes fókusz



12 mikron hiba

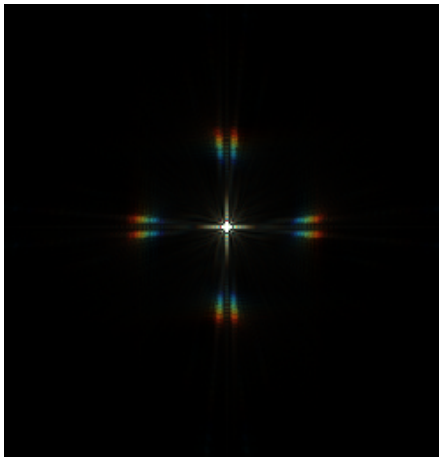
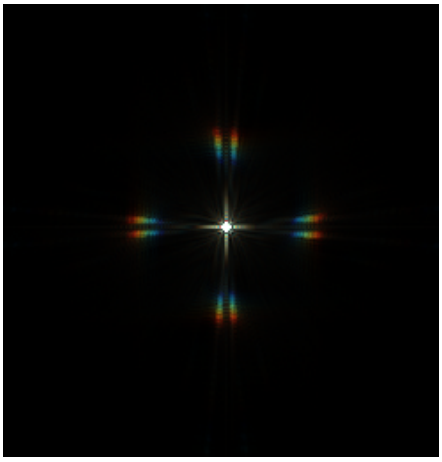
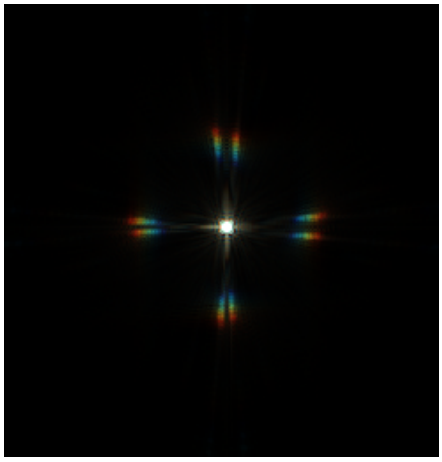


36 mikron hiba



# A merőleges elrendezésű maszk

Ez a maszk kevésbé ismert az amatőr-csillagászok körében. Tervezésekor az volt a cél, hogy a diffrakciós tüskék elmozdulása következtében azok metszéspontjai minél nagyobb mértékben távolodjanak el egymástól. Vizuális kiértékelés esetén nehezebb a hiba mértékének meghatározása, de ha a diffrakciós képet szoftver elemzi ami meghatározza az egyes tüskékre fektetett egyenesek egyenleteit, és azokból az egyenesek metszéspontjait, akkor nagyon jó pontosság érhető el.

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Tökéletes fókusz | 12 mikron hiba | 36 mikron hiba |

# Konklúzió

Véleményem szerint az amatőr asztrofotózásban a Bahtinov maszk a legkönnyebben használható, a legegyértelműbb visszajelzést adó maszk, és ezt a gyakorlati tapasztalataim is alátámasztják. Kezdetben két kerek lyukú Hartmann maszkkal végeztem az élesítést, de sosem volt olyan érzésem, hogy pontosan eltaláltam a fókuszt. Később a három háromszög lyukú Hartmann maszkkal próbálkoztam, de azt sem éreztem elég pontosnak, végül váltottam Bahtinov maszkra, és azóta pontosan tudom hogy mikor sikerült jól beállítani az élességet, és ez az elkészült képek élességében, részletgazdagságában és a rajtuk szereplő csillagok kisebb méretén is meglátszik.

Mindazonáltal ilyen maszkokat készíteni nem túl nehéz, ezért javaslom mindenkinek hogy bátran kísérletezzen velük, és találja meg a számára leginkább működő megoldást.

# Francsics László: Röviden a csillagászati távcső-üvegekről

## Tükrök üvegei

1932-ben fejlesztették ki a Pyrex (bórszilikát) üveganyagot tükrök öntéséhez. Ennek az üvegtípusnak kicsi a hőtágulási együtthatója ezért alkalmas volt nagyobb optikai tükrök öntéséhez. A legnagyobb probléma a nagyobb méretű optikák esetében az egyenlőtlen hűlés következtében fellépő alakváltozás, ami lerontja a felület minőségét. A Pyrex kis méretben nagyon jól működik hőtechnikai szempontból. Ebből készül ma a legtöbb amatőrcsillagász tükör is, ha van tükrös távcsöved, valószínűleg abban is ilyen van.

A távcsövek fejlődése, főként 20, századi méretnövekedése további követelményeket állított az üveganyagokkal szemben, ezért az 1970-es években kifejlesztették az egybeolvasztott kvarc tükröket, melyeknek a Pyrexnél 10-szer kisebb a hőtágulása. Később megalkották az ultra alacsony hőtágulású olvasztott-kristályosított kvarc tükröket (ezeket hosszú időn át azonos hőmérsékleten tartják a melegítőkamrában, és teljesen át vannak kristályosítva), melyek a kristályrács miatt még alacsonyabb a hőmozgással rendelkeznek.

Meg kell említeni még a Zerodurt, vagyis a lítium-alumínium-szilikát kerámiaüveget, amelyet a legnagyobb távcsőtükrök öntéséhez fejlesztett ki a Schott AG. A Keck-, a GTC- és más óriásteleszkópok tükörüvegei Zerodurból készülnek, ugyanis ennek az üvegtípusnak a legkisebb a hőtágulási együtthatója mindközül. Ezzel azonban ritkán találkozunk az amatőr-asztrofotós világban, ugyanis a kis méretű távcsöveink nem támasztanak olyan extrém igényeket a tükörüvegekkel szemben, mint az óriástávcsövek.



# Lencsék üvegei

A tükörüvegek teljesen alkalmatlanok fényáteresztő optikai üvegeknek. A lencsék, korrekciós lemezek üvegei más anyagból készülnek, amelyeknél nem a hővezetés és hőtágulás, hanem a magas fénytörési, és egyszerre az alacsony fényszóródási (diszperziós) tényező a meghatározó paraméter. A 18. században jellemzően két alapvető fajtájuk volt, a flint üveg és koronaüveg. Ma a gyártók körülbelül 150 féle optikai üveget gyártanak. A leggyakrabbak a Bk7 koronaüveggel találkozunk. Apokromatikus lencsék esetén találkozhatunk LD és ELD vagy akár ED, UD (low -; extra low -; utra low dispersion) lencsékkel melyek nagyon alacsony diszperziós tényezővel rendelkeznek, és ezért hatékonyan tudják csökkentik az optikai rendszerek színi hibáját. A Fluorit tartalmú üvegeknek még jobb diszperzió csökkentő hatásuk lehet, emellett kisebb az üveganyagban az elnyelés infravörös hullámhosszakon, azonban rendkívül törékenyek.



# Konklúzió

Mivel legtöbbünk lencsés optikai rendszert nem épít, hanem vásárol (ellentétben a tükrös rendszerekkel) nem szükséges az üvegek minőségével tisztában lennünk. A termék árában fogjuk megfizetni a beépített üveganyagokat, és ezzel a képminőséget is. A legtöbb lencsés termék általában megfelelő minőségű foglalatban érkezik, így azzal sincsen gondunk.

Tükrös távcsöveknél azonban nem árt tisztában lennünk a távcsőben lévő üveg minőségével, hőtágulásával, ugyanis előfordulhat, hogy a rendszer rosszul reagál a hőmérséklet változásra, téli nyári időszakok váltakozásaira. Ilyenkor a különböző elemek hőtágulási különbségeiből szoktak problémák adódni, melyekre oda kell figyelni. Megszorul a tükör, elmegy a fókuszunk, mert előfordulhat, hogy a tubus és a mechanikai elemek hőtágulási együtthatója nincsen szinkronban a tükörével.

# Kajfis Tamás: Szoftver fogalmak a távcsöves vezérlésben

## Tisztázzuk a korszerű informatikai fogalmakat

Átléptünk a 21. századba, az informatika minden területen teret hódít, és ez alól a csillagászatban sincs kivétel. Régen a távcsöves követést áttételek és DC motorok fordulatszám szabályozásával oldották meg, és digitális fényképezők helyett analóg filmre rögzítették a képeket.

A mai modern eszközök már mind mikrokontrolleres vezérlést alkalmaznak. Sajnos a felhasználók egy jelentős részének nincs lehetősége tisztába kerülni a szoftveres kifejezésekkel, eszközökkel, nem tudják, mi mire szolgál, csak használják őket, és sok új kifejezés kering a köztudatban, aminek érdemes tisztázni a jelentését és tartalmát.

A cikkben a Microsoft által fejlesztett **Windows** operációs rendszerre (**OS**)-re fejlesztett környezetre fogok teljesen kitérni, a többi OS-t (**Linux /Debian stb. disztribúció)**, csak dióhéjban említem majd.

Fő két **architektúra** létezik, amiket mi amatőrök használunk:

- **X86/X64**
- **ARM**

## Windows és ARM

Windows verziói csak is X86/X64 alá telepíthetőek (amúgy létezik ARM-es verziója csak használhatatlan, még), ezek a hétköznapi PC-k és laptopok, természetesen ezekre az eszközökre is elérhető a fent említett többi OS.

Az ARM rendszer mostanában közkedvelt hardvere a **Raspberry PI (RASPI)**, erre az eszközre elérhető kifejezetten csillagászatra “optimalizált” és elterjedt OS a **Stellarmate**, **Astroberry**, és a ZWO által fejlesztetett **ASI AIR** csomag, ami egy RASPI és a ZWO által kiadott OS, megjegyezném az androidos mobilod is ARM.

Miért fontos ez, hogy elkülönítsük a két elérhető architektúrát egymástól? A kettő nem összekeverendő, az egyik szoftver csomagja nem telepíthető a másikéra, kivéve akkor, ha a fejlesztőmérnökök le nem fordítják az adott OS és architektúrára. Tehát Windows alatt csak

**ASCOM**, Linux alatt csak **INDI** és most rá is térnék a cikk főtémájára.

# Mi az ASCOM?

Angolul: **AStronomy Common Object Model** google translate: Csillagászat közös tárgymodellje. Magyarra értelmesen nem is lehet lefordítani, mivel a Common Object Model (COM) informatikában használatos szakszó.

Wikipédia:

*„a **Component Object Model (COM)**, mely **ActiveX**-ként is ismert, a Microsoft által kifejlesztett technológia a komponens alapú fejlesztés támogatására, mely a szoftverek közti kommunikációt teszi lehetővé. Bár több platformon is megvalósították, elsősorban a Microsoft Windows operációs rendszerében használják. Az elődje az object linking and embedding (OLE) technológia volt, ma a COM szerepét a Microsoft .NET rendszer veszi át.”*

Tehát arról lesz szó leegyszerűsítve, hogy Windows alatt csak a csatlakoztatott szoftverek és hardverek tudjanak egymással ide-oda kommunikálni, minél egyszerűbben.

# Hogyan működik az ASCOM?

**Oké, de még is mi ez? Hogyan működik? És miért van rá szükségem?**

Nézzünk egy példát, három különböző mechanika gyártóra (**SW, Meade, Fornax**) és három különböző szoftverre (**PHDGuiding, NINA, Stellarium**)! Ha nem létezne ASCOM, akkor a szoftver gyártói oldalról mind a három eszköz felé le kéne fejleszteni a megfelelő drivert, ami a mechanikákkal kommunikálna.

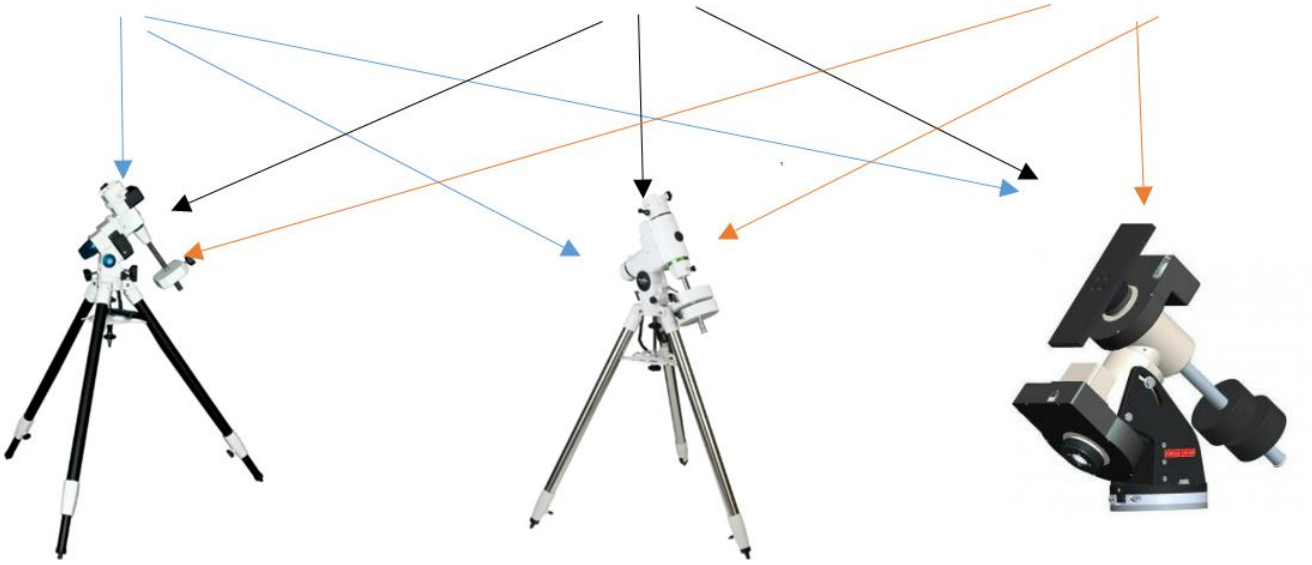
Ez így nézne ki:







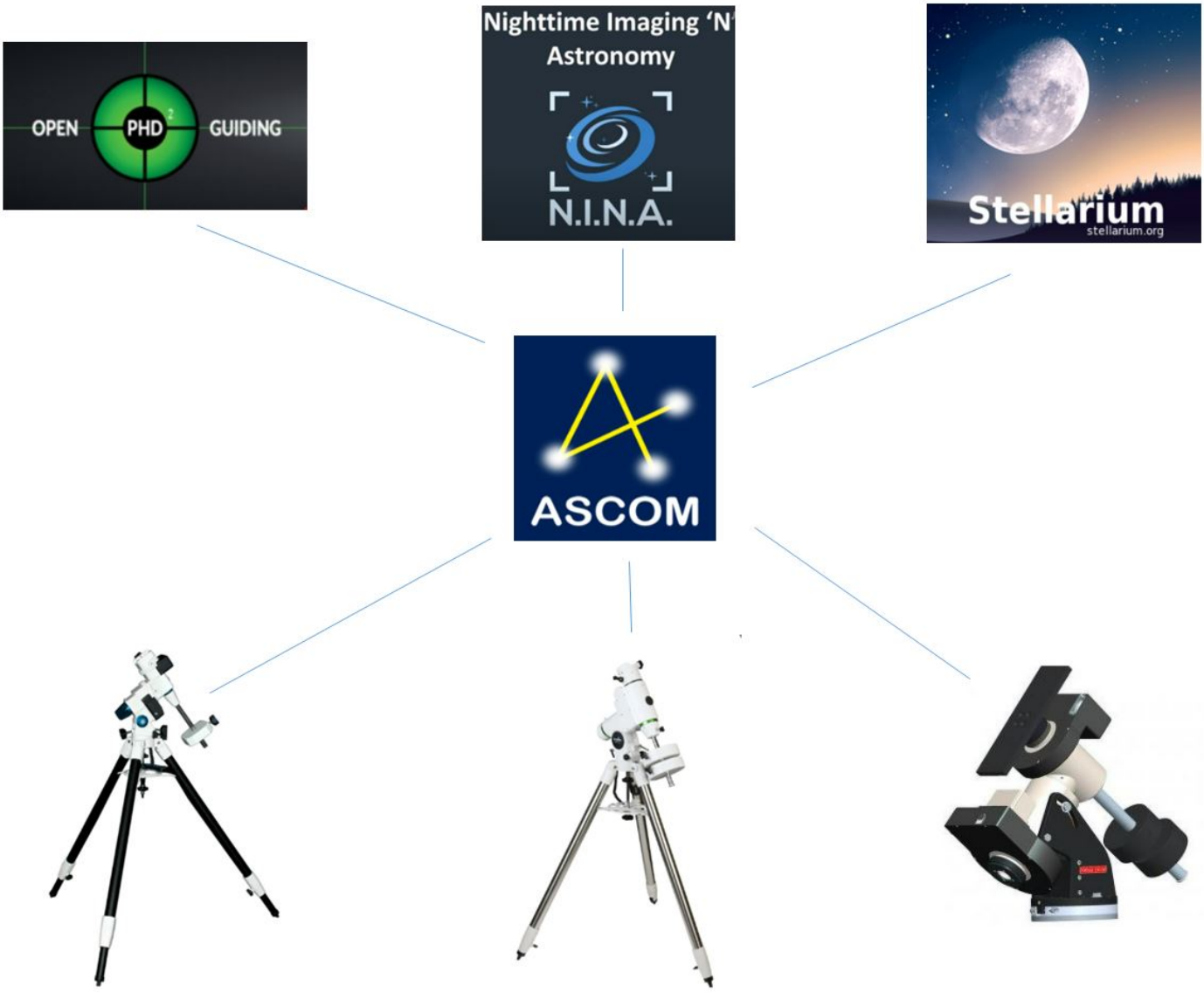


A fenti kis ábrából elég jól kivehető a probléma, a fejlesztőknek mind a három mechanikához le kell programozni a megfelelő protokollt (erről később majd), ez persze nem azt jelenti, hogy nem is teszik meg. Ámde

- ez fejlesztései időt igényel,
- ismerni kell az adott eszköz protokollját,
- körülményes, ha gyártó módosít valamit a firmware-ben (erről később majd),
- és csak három gyártót említettem!

Ilyenkor jön képbe az ASCOM:




Nézzük meg mi a különbség a két ábra között:

- **A nyilak, ill. vonalak száma**
- **Színe**
- **Nincs nyílhegy, csak vonal**

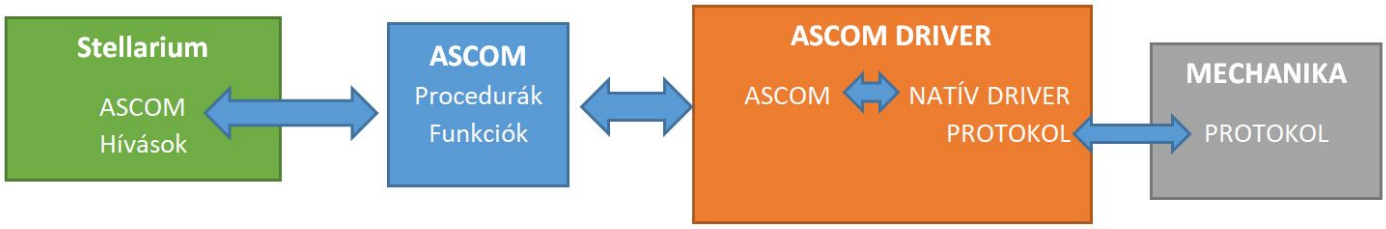
Mi is történik a második esetben?

Az **ASCOM Standards** meghatározza az eszközök típusát, itt beleértve a mechanikáktól, a CCD-ktől át a csillagdavezérlésig minden olyan eszközt, amit a gyártók terveznek csillagászati célra. Meghatározza a hozzájuk tartozó meghívható eljárásokat, az eljárások alatt azt értem, hogy adott eszköznek milyen képességei vannak, pl. mechanika GOTO sebesség állítása, CCD gain szabályzás stb. A fejlesztőknek ezekhez kell idomulni. Az ASCOM-nál nem restek, és követik a gyártók trendjét, ha kijön valami újabb fejlesztés azt frissítéssel implementálják.

- A szoftverfejlesztőknek csak is az ASCOM eljárás hívásait kell használnia, nincs szükségük egyesével megírni az adott eszközhöz tartozó drivert.

Az eszköz fejlesztőknek amúgy is meg kell írni egy natív (önmagában működő) driver-t, ami tartalmazza azt a kommunikációs protokollt amely szükséges az eszköz irányításához, és az ascom “driver”-t ami magában foglalja a natív drivert is, csak ebben az esetben ascom hívásokká alakul át és ezen keresztül kommunikál a szoftverekkel.

Részletes ábra, ami a legegyszerűbben szemlélteti, mi is történik mikor a Stellarium-mal, ha GOTO-zol:




## Firmware és protokoll

Említettem két ronda szót: a **protokollt** és a **firmware-t**. A firmware, -amit egyszerűbb megérteni-, az egy mikro-kód, ami egy programozható chipben fut. Mechanika esetén a firmware-nek tudnia kell pár dolgot, például mik a tengelyek áttételei, így lehet pontos a GOTO, az időt, melyik motort melyik lábkivezetéseken vezérli stb. és a protokollt.

A protokoll meghatározza, hogy az adott eszközzel hogyan kell kommunikálunk nem csak a sebességet, de azt is **byte** vagy **szöveg** alapú a kommunikáció és a nyelvezetét, pl. SkyWatcher esetén: **e1-**el indítjuk a kapcsolatot a mechanika felé.

Szerintem egyértelmű miért is van szükségünk az ASCOM-ra, megkönnyíti az életünk, eszközparkunk kommunikációja a szoftverekkel homogén. Csak az eszköz gyártói oldalról van szükség ASCOM driver programozásra.

Kanyarodjuk vissza kicsit Linux-s környezetre, itt **INDI** az ASCOM megfelelője, kicsit másképp működik, de az elv ugyanaz. Megjegyezném a speciálisabb gyártóknál mint pl. a ZWO ASIAIR-nél, ahol eléggé zárt a rendszer és saját eszközeiken kívül nem sok mindent támogat, ők saját natív drivereket használnak pl. egy Moravian CCD-t soha nem fog felismerni, de egy ASI294MM-et bármikor gond nélkül.

Végszó minden mostani csillagászati eszköz és szoftver ASCOM kompatibilisnek kell lennie, kötelező és alap. Ez egy keretrendszer, ami átjárót csinál felszerelésünknek. Az INDI-t is folyamatosan fejlesztik. Fontos tudni továbbá, hogy a közkedvelt EQMOD nem összekeverendő az ASCOM-mal. Az EQMOD alapvetően a kézivezérlőt helyettesíti többféle EQ mechanika esetében, és így lehetővé teszi azok PC-ről való működtetését.

Linkek:

ASCOM - https://ascom-standards.org/

INDI/EKOS - https://www.indilib.org/about/ekos.html

Stellarmate - https://www.stellarmate.com/

Astroberry - https://www.astroberry.io/

COM - https://hu.wikipedia.org/wiki/Component_Object_Model

Protokoll - https://hu.wikipedia.org/wiki/Protokoll_(informatika)

EQMOD – Ingyenes SkyWatcher protokollt használó ASCOM driver - http://eq-mod.sourceforge.net/