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.

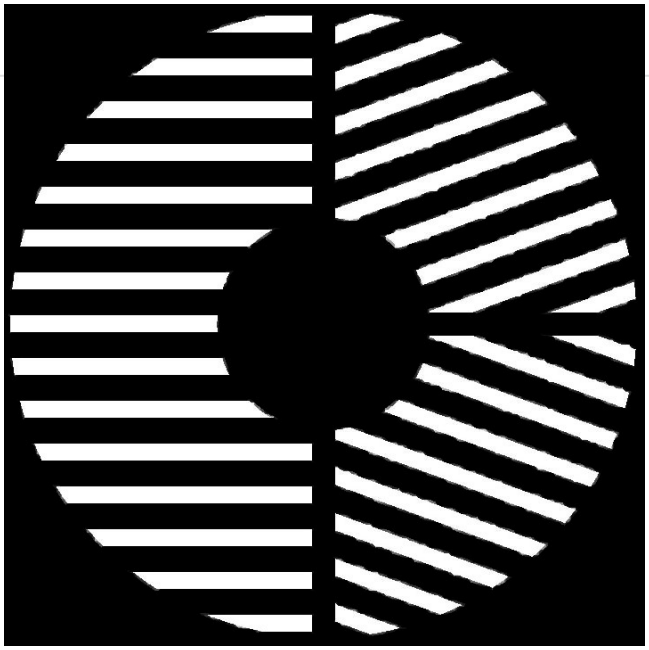
Mielőtt azonban az egyes maszk-típusok bemutatásra kerülnek, szükséges megvizsgálni hogy mekkora pontossággal kell a képrögzítő eszköz objektívtől mért távolságát beállítani ahhoz hogy a hiba ne okozzon jelentős képminőség-romlást. Ez a hibahatár alapvetően két tényezőtől függ: az objektív fényerejétől 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

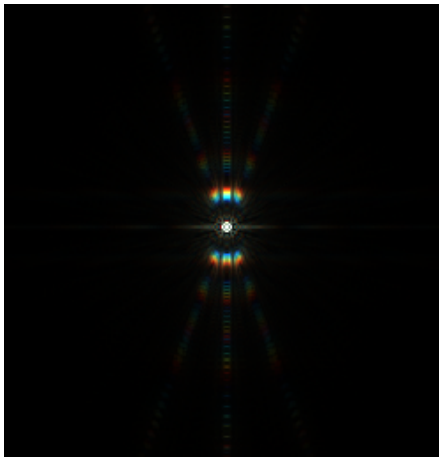
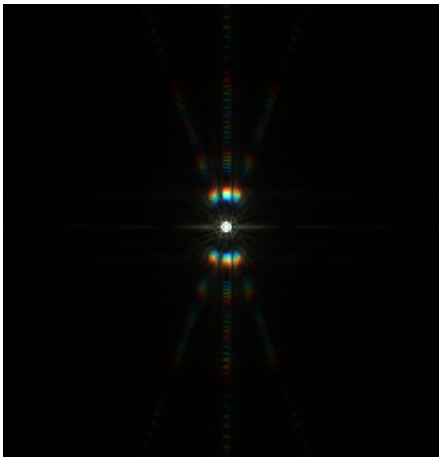
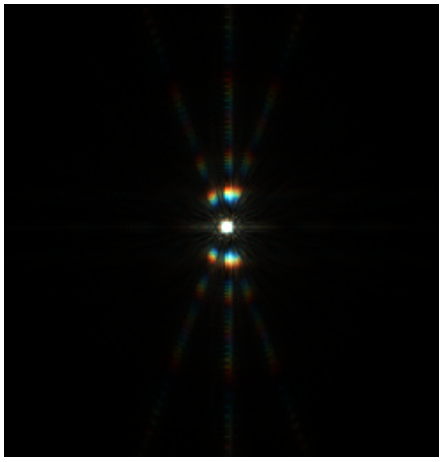
ahol **T** jelöli a tűrést, **F** a távcső nyílásviszonyát és **P** a pixelek közötti távolságot. Láthatjuk hogy a f/4 fényerejű távcső és 4.7 mikronos pixeltávolság esetén 18.8 mikronnál kisebb hibával kell eltalálni a fókuszsíkot. Ez nem túl nagy érték, ezért nagyon fontos a megfelelő módszer alkalmazása.

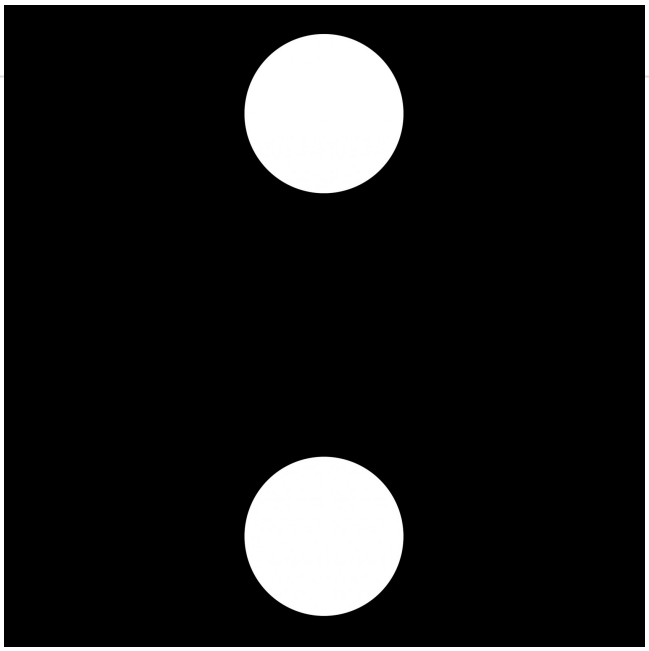
Az alábbiakban bemutatott maszkok diffrakciós képeit Niels Noordhoek Maskulator nevű remek programjával állítottam elő. Minden maszkhoz három-három képet készítettem, egyet tökéletes fókuszban, a másodikat 12 mikronra a fókuszsíktól, a harmadikat pedig 36 mikronra a pontos fókusztól. A lenti szimulált 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.

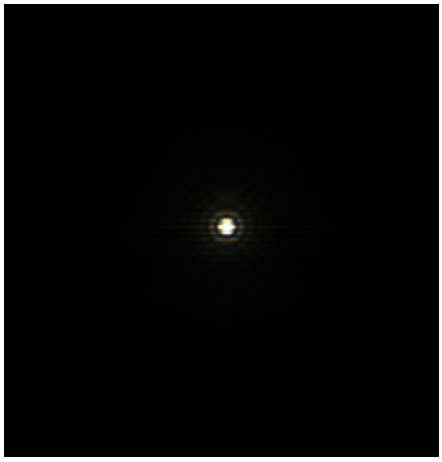
		
Tökéletes fókusz	12 mikron hiba	36 mikron hiba



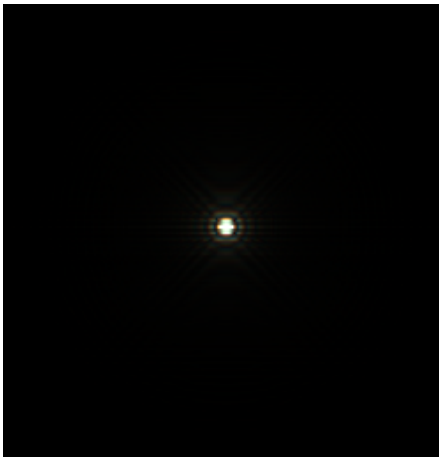
A két, kerek lyukú

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,



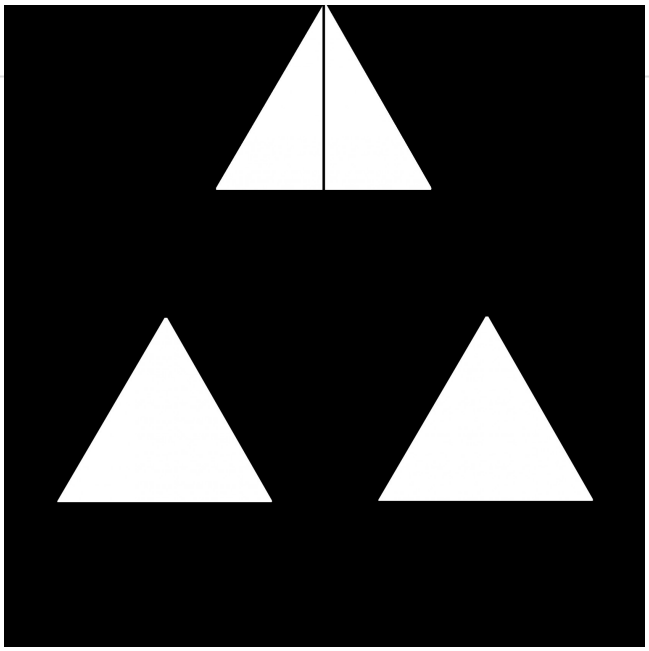
Tökéletes fókusz



12 mikron hiba

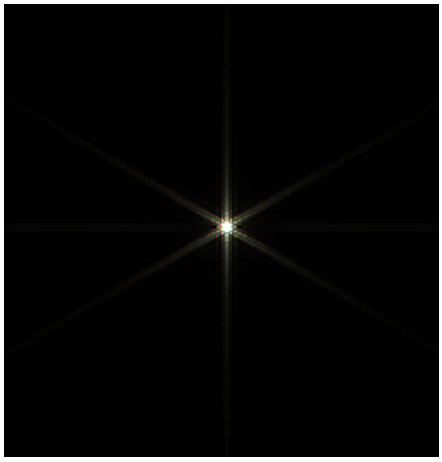


36 mikron hiba



A három egyenlő oldalú háromszögből álló Hartmann maszk

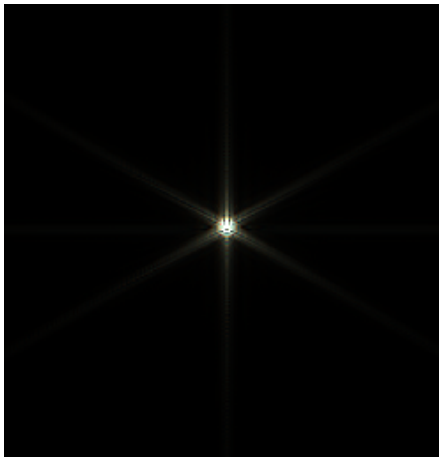
Ez a maszk hasonlóan a kétlyukú változathoz megtöbbszörözi, jelen esetben megháromszorozza a fénykúpok számát, viszont mivel egyenes élek is találhatók benne, diffrakciós tüskéket is eredményez. A felső háromszögben található függőleges él a Newton távcső segédtükör-tartó lábát modellezi. Mivel bármilyen 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.



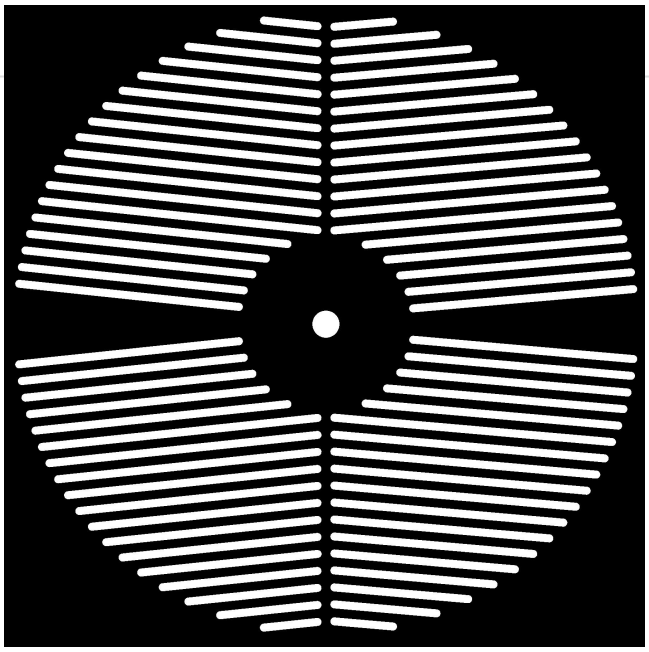
Tökéletes fókusz



12 mikron hiba

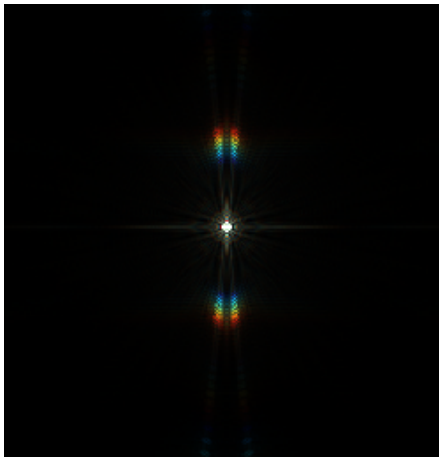


36 mikron hiba

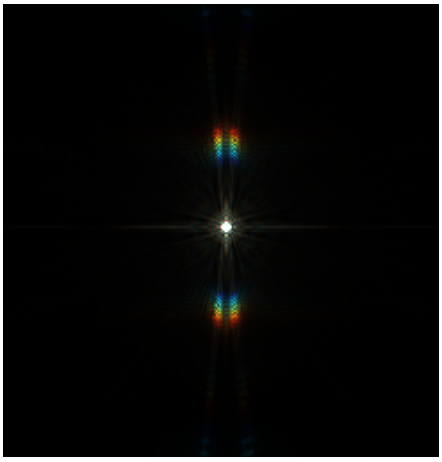


A Carey maszk

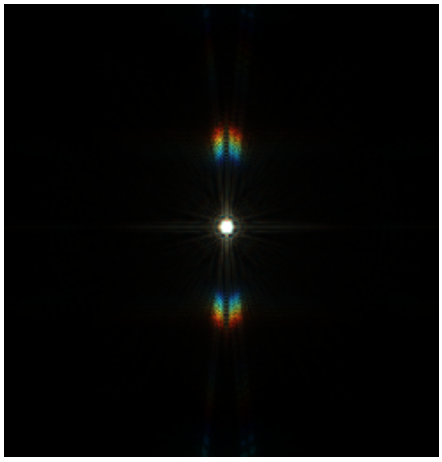
Ez a maszk is a diffrakció elvén működik. A bal oldali élek 12 fokos szöget zárnak be egymással, míg a jobb oldaliak 10 fokos szögben állnak egymáshoz képest. Mindkét oldal X alakú diffrakciós képet alkot, melyek metszéspontjai tökéletes fókusz esetén egybeesnek, a fókusztól távolodva pedig a két X elmozdul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



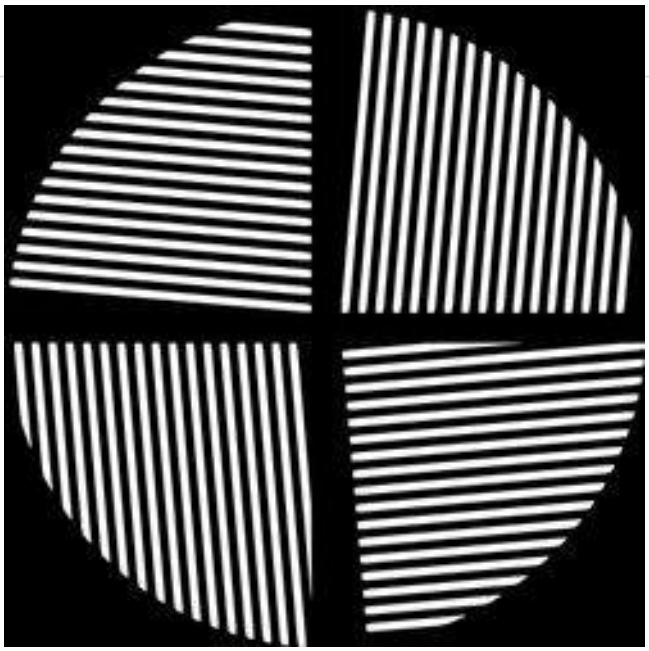
Tökéletes fókusz



12 mikron hiba

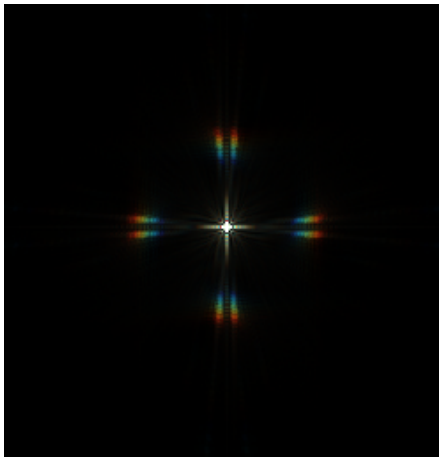
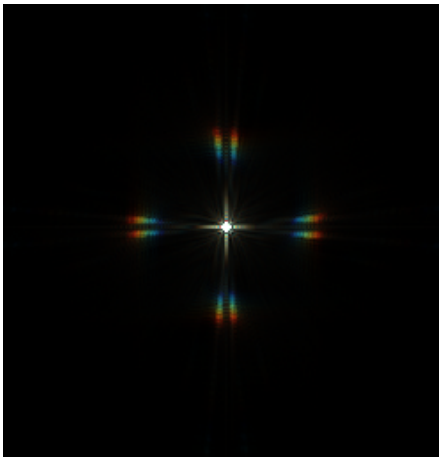
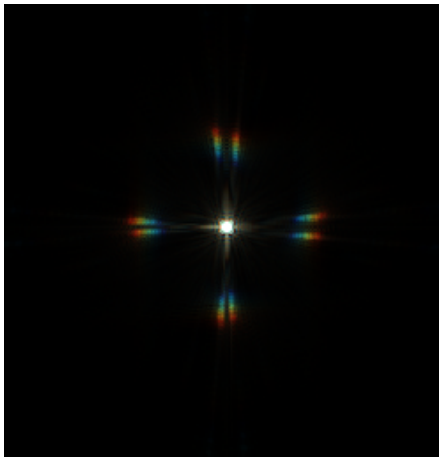


36 mikron hiba



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.

Változat #8
Tóth Gábor hozta létre 2020-07-31 08:07:42 UTC
Tóth Gábor frissítette 2020-10-21 20:21:58 UTC