



# EDGEHD™

o platforma flexibila pentru  
astrofotografie

## Telescoapele EdgeHD SCT Celestron ?

### O platformă flexibilă pentru astrofotografie la un preț accesibil

#### Un câmp vizual mai plat, fără comă

echipa de ingineri Celestron  
copyright pentru prezenta traducere: STARMAX S.R.L.

#### Telescoapele Celestron EdgeHD – o platformă pentru astrofotografie flexibilă la un preț accesibil

#### REZUMAT

Seria Celestron EdgeHD este o serie de telescoape aplanate, cu câmp plat, concepute pentru observații vizuale și pentru fotografie cu camere astronomice CCD sau camere DSLR full-frame. Aceasta broșura descrie modul în care seria a fost gândită, scopurile ce trebuiau atinse, deciziile care s-au luat și modul în care toate acestea au fost puse în practică pentru realizarea telescoapelor cu aperturi de 8, 9.25, 11 și 14 inci. Includem și imagini cu secțiuni prin telescoapele EdgeHD, tabele cu specificații vizuale și pentru astrofotografie și diagrame spot pentru telescoapele EdgeHD în comparație cu alte designuri telescoape Schmidt-Cassegrain „fără-comă”, aflate în competiție cu modelele Celestron. De asemenea, arătăm procesele de construcție și testare prin care trec telescoapele EdgeHD și oferim instrucțiuni pentru plasarea senzorilor ccd la distanța optimă față de telescop.

#### 1. INTRODUCERE

Clasicul telescop Schmidt-Cassegrain (SCT, prescurtat) fabricat de Celestron a servit o întreagă generație de astronomi și astrofotografi. După apariția ocularilor cu câmp larg și plat, a camerelor CCD de format mare și a camerelor digitale SLR full-frame, telescoapele SCT clasice au început să își arate limitele și un nou design era necesar – așa a apărut noul design EdgeHD. EdgeHD oferă imagini curate, limitate de difracție, pentru observarea planetelor sau a Lunii la puteri crescute de mărire. Fiind un astrograf aplanat, optica EdgeHD oferă imagini ale stelelor strănse, rotunde, clare un cerc vizual în planul focal de 42mm - excelent pentru fotografierea color, monocrom sau în bandă îngustă a obiectelor deep-sky.

#### 2. STABILIREA OBIECTIVELOR PENTRU TELESKOAPELE EDGEHD

Povestea seriei EdgeHD a început cu stabilirea obiectivelor de performanță, calitate și preț. Precum în cazul unui SCT clasic, noul telescop Celestron trebuia să fie ușor și compact. Din punct de vedere optic au fost stabilite două obiective. În primul rând, noul telescop trebuie să fie capabil să producă imagini extraordinare pe un câmp larg atunci când este folosit cu oculare performante. Apoi, optica trebuie să poată produce astrofotografii clare pe întreg câmpul vizual atât în cazul în care este folosită cu camere astronomice CCD, cât și cu camere digitale SLR. Am dorit, de asemenea, să demonstrăm că Celestron poate produce în continuare telescoape foarte performante pentru amatori, la un preț rezonabil. Pe scurt, am încercat să realizăm o platformă flexibilă pentru astrofotografie la un preț accesibil.

Dacă există un buget nelimitat, o optică de înaltă performanță nu este greu de realizat. Provocarea pe care Celestron a acceptat-o a fost controlarea prețului, complexității și prețului de producție fără compromiterea performanței optice. Am început cu o revizuire a clasicului telescop SCT și căutarea unor alternative de îmbunătățire viabile.

Un telescop Schmidt-Cassegrain clasic are trei componente optice: o oglindă primară sferică, o oglindă secundară sferică și o placă corectoare cu o curbă polinomială. Așa cum orice fabricant de telescoape pentru astronomi sau orice optician profesionist știe, în optică o sferă este cea mai dezirabilă formă geometrică. La șlefuirea unei oglinzi sau a unei lentile, piesa în lucru se deplasează pe un disc polizor optic ce ia încet forma suprafeței de sticlă. Din punct de vedere geometric, singurele suprafețe care pot glisa liber una pe alta sunt sfericele. Orice punct ce este mai jos față de suprafața sferică comună nu intră în frecare; orice punct ce este mai înalt este înlaturat. Suprafețele sferice rezultă aproape în mod automat.

Un optician talentat într-un laborator bine echipat poate produce suprafețe sferice aproape perfecte. Mai mult, comparând o suprafață sferică cu una de referință, erorile de rază și sfericitate pot fi rapid evaluate.

În 40 de ani de producție a clasicului telescop Schmidt-Cassegrain, Celestron a ajuns să stăpânească arta de realiza un mare număr de oglinzi sferice principale și secundare perfecte.

În plus, un alt punct forte al echipei Celestron este experiența în producerea plăcilor corectoare Schmidt. La începutul anilor 1970, fondatorul Celestron – Tom Johnson – a perfectat tehnica necesară. Înainte de Tom Johnson, o lentilă corectoare precum cea a Schmidt-ului de 48 inch din Palomar Mountain necesita multe ore de lucru din partea măștrilor opticieni pentru a putea fi realizată. Metodele inovative introduse de Johnson au făcut posibilă producerea în volume mari a acestei componente optice complexe și foarte scumpe înainte, conducând la ceea ce se cheamă revoluția telescoapelor SCT din anii 1970.

Pentru mai mult de 40 de ani, telescoapele SCT au satisfăcut necesitățile astronomilor vizuali și ale astrofotografilor. Performanța sa a rezultat dintr-o îmbinare a suprafețelor sferice perfecte cu metoda unică a lui Johnson de a produce curba complexă a corectorului cu aceeași ușurință ca în cazul producerii suprafețelor sferice. La începutul secolului 21 au apărut două tehnologii care au schimbat situația: ocularele cu câmp larg și camerele CCD – acestea necesitau imagini de calitate pe un câmp vizual mai larg decât al telescopului SCT clasic. Un telescop SCT clasic este bine corectat optic pentru aberații doar pe axa sa centrală, adică în centrul câmpului vizual. Mai departe de axa optică, imaginile încep să sufere gradual de două aberații: comă și curbura câmpului. Coma imprimă stelelor de la marginea câmpului vizual o formă de virgulă cu coada spre exterior, iar curbura câmpului face ca imaginile să iasă gradual din focus pe măsură creșterii distanței față de axa optică. Pe măsură ce ocularele cu câmp larg au devenit mai populare și astronomii amatori s-au echipat cu camere ccd avansate, clasicul SCT a devenit inadecvat. Pentru a răspunde cerințelor astronomilor, am dorit ca optica noului telescop Celestron să fie lipsită de comă și să aibă o curbură a câmpului apropiată de 0.

## Seria EdgeHD

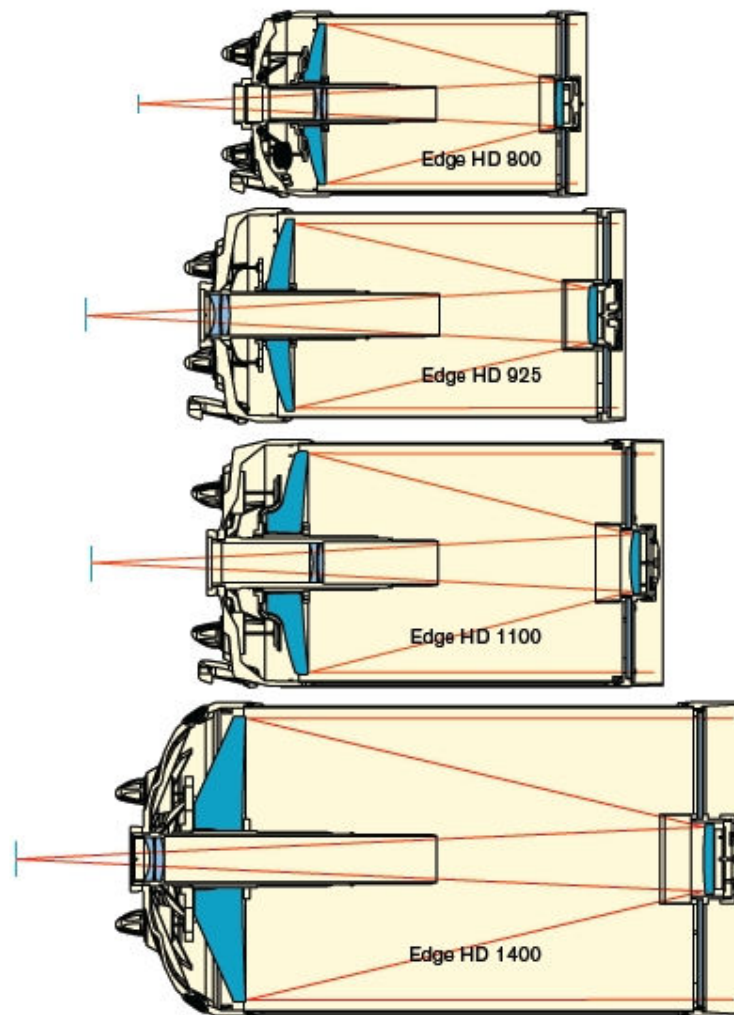


Figura 1. Seria EdgeHD conține 4 telescoape aplanate cu aperturi de 8, 9.25, 11 și 14 inci. Designul optic al fiecărui instrument a fost optimizat individual pentru a produce imagini plane, fără comă. Fiecare instrument EdgeHD produce imagini clare până la marginea câmpului vizual cu o vignetaie minimă.

## ABERAȚIILE OPTICE

Pentru cei care nu sunt familiarizați cu arta design-ului optic, vom prezenta în continuare pe scurt ce sunt aberațiile și cum apar ele în imaginea telescopului.

### COMA ÎN AFARA AXEI OPTICE (OFF-AXIS)

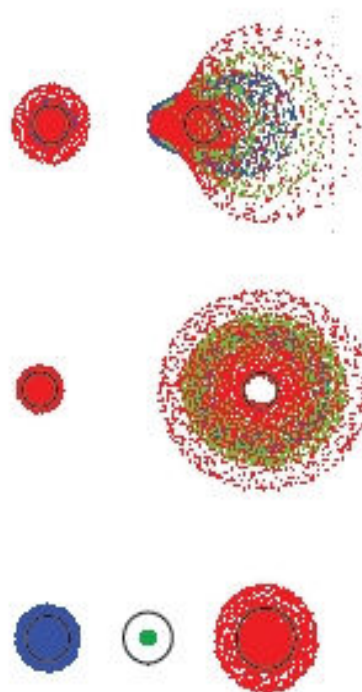
*Coma este o aberație în afara axei optice ce apare când razele de lumină din zone adiacente sunt deplasate în afara față de raza principală (centrală). Imaginea unei stele va părea a avea mici aripi ce se extind. Într-un sistem optic lipsit de comă, razele de lumină din toate zonele sunt centrale pe raza centrală, astfel că stelele apar rotunde pe întreg câmpul vizual.*

### CURBURA CÂMPULUI

*Curbură câmpului apare când imaginile off-axis dintr-un sistem optic ajung în focus în fața sau în spatele punctului în care focalizează imaginile de pe axa optică. Rezultatul este că stelele din centrul câmpului vizual sunt clare, dar imaginile din afara axei apar din ce în ce mai defocalizate pe măsura departării de axa optică. Un telescop fără curbura câmpului are un câmp vizual plat, astfel că imaginile sunt clare pe întregul câmp vizual.*

### SFEROCROMATISM

*La telescoapele Schmidt-Cassegrain este prezent sferocromatismul, dar nu produce probleme în telescoapele cu aperturi mici și rapoarte focale mari. El apare deoarece puterea optică a plăcii corectoare Schmidt variază ușor în funcție de lungimile de undă. Doar în telescoapele foarte mari și cu raporturi focale mici, sferocromatismul devine o problemă.*



## 3. PROIECTAREA UNUI NOU ASTROGRAF

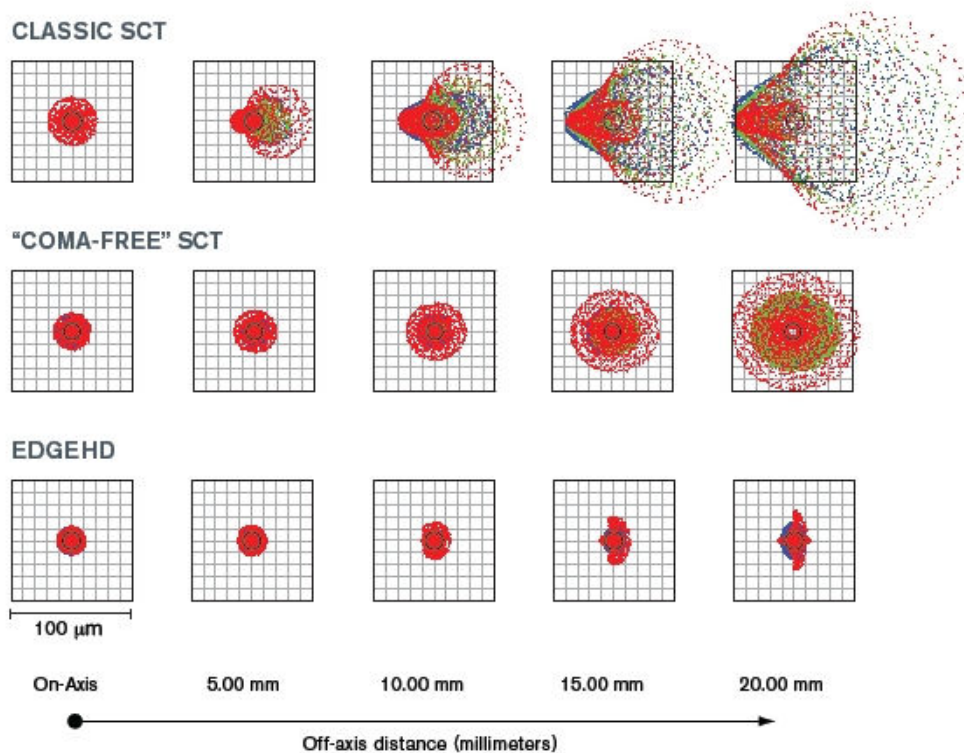
Am luat în serios provocarea de a îmbunătăți telescoapele Schmidt-Cassegrain. Cele două oglinzi sferice și metoda noastră de a produce lentile corectoare ne-au permis să oferim un telescop de calitate la un preț mic. Am investigat avantajele și dezavantajele posibilității producerii unui telescop Ritchey-Chretien (R-C) Cassegrain, dar costurile și complexitatea producerii oglinzilor hiperbolice, precum și dezavantajele pe termen lung ale unui tub deschis, ne convins că nu ar fi cea mai bună alegere. De asemenea, am conceput și produs două prototipuri de telescoape Dall-Kirkham Corectate (CDK), dar designul oglinzii elipsoidale conducea inevitabil la costuri mari de producție. Deși designurile R-C și CDK sunt foarte bune, am dorit să producem telescoape pentru fotografie la prețuri accesibile astronomilor amatori.

Asa cum am menționat și mai sus, scopul nostru cel mai important pentru noul telescop a fost să înlăturăm coma și curbura câmpului pentru un câmp vizual suficient de larg pentru a putea fi utilizat cu un aparat foto DSLR full-frame sau o camera CCD pe format mare. Aceasta însemna stabilirea unui câmp vizual de 42mm în diametru. Desigur, orice design ce satisface cerințele unui DSLR full-frame face față și unei camere foto SLR cu cipuri de format APS-C sau camerelor astronomice cu cipuri mai mici și mai ieftine. Există câteva metode de a modifica telescopul SCT clasic pentru a reduce sau elimina coma.

Din nefericire, aceste metode nu soluționează și problema curburii câmpului. De exemplu, putea fi înlocuită fie oglinda principală, fie cea secundară cu o oglindă asferică. Transformarea oglinzii secundare într-o oglindă hiperbolică era o alegere evidentă. Cu toate că această modificare ne-ar fi garantat un design fără comă, problema curburii câmpului nu era rezolvată. Asferizând oglinda secundară există și riscul apariției unor zone care să împrăștie lumina și astfel să compromită imaginile la puteri mari de mărire la care se așteaptă observatorii de la un telescop astronomic. Mai mult, o oglindă secundară asferică necesită aliniere și centrare mai precise, fapt care conduce la dificultatea de a păstra colimarea opticii.

Inspirația pentru optica EdgeHD a venit din combinarea celor mai bune caracteristici ale telescoapelor CDK și SCT. Am plasat două lentile mici pe traseul razei de lumina care converge spre focus și am reoptimizat întregul telescop pentru a produce imagini performante din centru până la marginea câmpului vizual. La telescopul EdgeHD, oglinzile principală și secundară au suprafețe sferice, iar placa corectoare rămâne neschimbată. Cele două lentile mici au importanta sarcină de a corecta aberațiile, costurile reprezentând un procent mic din prețul telescopului. Mai mult, păstrând și vechile caracteristici ale clasicului SCT, design-ul EdgeHD este compatibil cu popularul accesoriu Hyperstar de la Starizona.

#### PERFORMANȚA OPTICĂ A TELESCOAPELOR EDGEHD COMPARATIV CU ALTE SCT-URI



**FIGURA 2.** Diagramele tip matrice ale spotului de lumina compară performanța de la centru la marginea câmpului vizual în telescoapele SCT clasice, telescoapele SCT „fără comă” și EdgeHD. Telescopul EdgeHD depășește ca performanță celelalte sisteme optice. Designul SCT clasic prezintă o comă proeminentă. Designul SCT „fără comă” este într-adevăr lipsit de comă, dar curbura câmpului face ca imaginile din afara axei optice să devină difuze și nefocalizate. În comparație spotul telescopului EdgeHD este strâns, concentrat și rămâne mic de la centrul până la marginea câmpului vizual.

#### 4. PERFORMANȚA OPTICĂ A TELESKOAPELOR EDGEHD

Design-ul optic implică compromisuri complexe între performanța optică, toleranțele mecanice, prețuri de producție, posibilitatea de realizare și dorințele clienților. În proiectarea seriei de telescoape EdgeHD am prioritizat performanța optică: telescopul va fi limitat de difracție pe axă, va fi lipsit de comă și câmpul vizual va fi plat până la margine (numele EdgeHD derivă de la cerința impusă de noi pentru corecția câmpului la margine).

Figura 2 prezintă diagrame cu mersul razelor de lumină pentru telescoape de 14 inch SCT clasic, SCT fără comă și EdgeHD. S-a folosit software-ul de proiectare optică ZEMAX pentru a produce datele prezentate.

Fiecare pattern de puncte combină spoturile la trei lungimi de undă : roșu ( $0.656\mu\text{m}$ ), verde ( $0.546\mu\text{m}$ ) și albastru ( $0.486\mu\text{m}$ ) pentru 5 poziții: pe axă, 5mm, 10mm, 15mm și 20mm față de centru. Câmpul vizual prezentat are diametrul de 40mm, cu puțin mai mic față de cei 42mm ce reprezintă întreaga suprafață a cercului de imagine a telescopului EdgeHD. Lungimile de undă alese acoperă domeniul de lungimi văzute de ochiul adaptat la întuneric și pe cele folosite cel mai frecvent în astrofotografia de cer profund.

În matricea spoturilor, examinați coloana din stânga. Acestea sunt spoturile pe axa optică. Cercul negru de pe fiecare grafic reprezintă diametrul discului Airy. Dacă majoritatea razelor cad în acest cerc, imaginea unei stele văzută la o putere mare de mărire va fi aproape total limitată de difracție și, prin urmare, vom spune că este limitată de difracție. După acest standard, toate cele trei design-uri de telescoape SCT sunt limitate de difracție pe axa optică. În fiecare caz, corectorul Schmidt îndepărtează aberația de sfericitate pentru lumina verde. Deoarece indicele de refracție al sticlei folosite în lentila corectoare Schmidt variază în funcție de lungimea de undă, corectorul Schmidt lasă o cantitate de aberație sferică să rămână în lumina roșie și albastră. Această aberație este numită sferocromatism – o aberație de sfericitate cauzată de culorile luminii. În timp ce razele verzi converg într-un punct aproape perfect, pattern-ul spoturilor culorilor roșu și albastru umple sau ies înafara discului Airy. Din punct de vedere numeric, raza discului Airy este de  $7.2\mu\text{m}$  ( $14,4\mu\text{m}$  în diametru) în timp ce raza rădăcinii medii pătratice a spoturilor pe cele trei lungimi de undă este de  $5.3\mu\text{m}$  ( $10,6\mu\text{m}$  în diametru). Deoarece ochiul uman este mult mai sensibil la lumina verde față de cea roșie sau albastră, imaginile prin ocular apar aproape perfecte și pentru un observator experimentat.

Sferocromatismul depinde de cantitatea corecției (numită și puterea refracției) a lentilei Schmidt. Pentru a minimiza sferocromatismul, telescoapele SCT performante au în mod tradițional rapoarte focale începând cu  $f/10$  sau mai mici. Când sunt create cu rapoarte focale mai rapide ( $f/8$  sau  $f/6$ ) sferocromatismul crește într-un mod nedorit.

Comparând telescopul EdgeHD, cu cel clasic și cu un SCT „fără comă”, se poate observa că imaginile din afara axei optice în designul SCT clasic sunt puternic afectate de comă. Așa cum era de așteptat, imaginile produse de SCT-ul „fără comă” nu prezintă acest fenomen, dar cu cât ne depărtăm de axa optică spoturile devin din ce în ce mai mari. Aceasta este rezultatul curbării câmpului vizual.

Figura 3 ilustrează cum curbura câmpului afectează imaginile off-axis. Într-un telescop pentru fotografie este de așteptat ca razele de pe axa optică și cele off-axis să focalizeze toate pe suprafața plană a cip-ului CCD. Din nefericire, datorită curbării câmpului, razele din afara axei ajung în focus pe o suprafață curbă. În telescoapele SCT „fără comă” imaginile stelelor ce nu se află pe axa optică ajung în focus înainte cipului CCD.

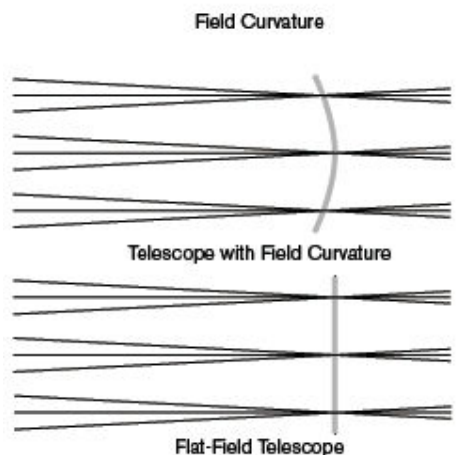
La marginea câmpului de 40mm stelele văzute prin telescoapele SCT „fără comă” au ajuns la un diametru de 100  $\mu\text{m}$ . Stele de pe margini apar mai mari, neclare și nefocalizate.

În același timp, la marginea câmpului de 40mm al telescoapelor EdgeHD imaginile stelelor sunt doar puțin mărite la o rază a rădăcinii mediei pătratice de 10,5  $\mu\text{m}$  (21  $\mu\text{m}$  în diametru). Din cauza razelor luminii verzi ce sunt concentrate spre centru și pentru că fiecare rază, inclusiv „aripile” luminii roșii, se află în interiorul unui cerc de doar 50 $\mu\text{m}$  în diametru, imaginile în telescoapele EdgeHD s-au dovedit a fi acceptabile la colțurile imaginii capturate de o cameră digitală SLR full-frame.

Curbura câmpului are un efect negativ asupra imaginii atunci când se dorește obținerea unor imagini de calitate pe întreg câmpul vizual. Figurile 4 și 5 demonstrează elocvent efectele curburii câmpului la telescoapele de 8 și 14 inch. Observați cum pattern-ul spoturilor se modifică odată cu distanța de la axa optică și cu focusul. O distanță negativă a focusului înseamnă mai aproape de telescop; o distanță pozitivă înseamnă o focalizare spre exterior. La telescoapele EdgeHD cele mai mici spoturi cad în aceeași poziție de focus. Dacă focalizați o stea aflată în centrul câmpului și celelalte stele de pe întreg câmpul vizual vor fi în focus.

În comparație, imaginile celor mai clare stele de la marginea câmpului vizual al unui telescop „fără comă” ajung în focus în fața zonei de focus optim de pe axa optică. Dacă focalizați centrul imaginii, stelele devin din ce în ce mai mari cu cât ne apropiem de margine. Cel mai bun lucru pe care îl puteți face este să focalizați la o distanță de compromis de axa optică și să acceptați stelele puțin nefocalizate atât pe axă, cât și la marginea câmpului.

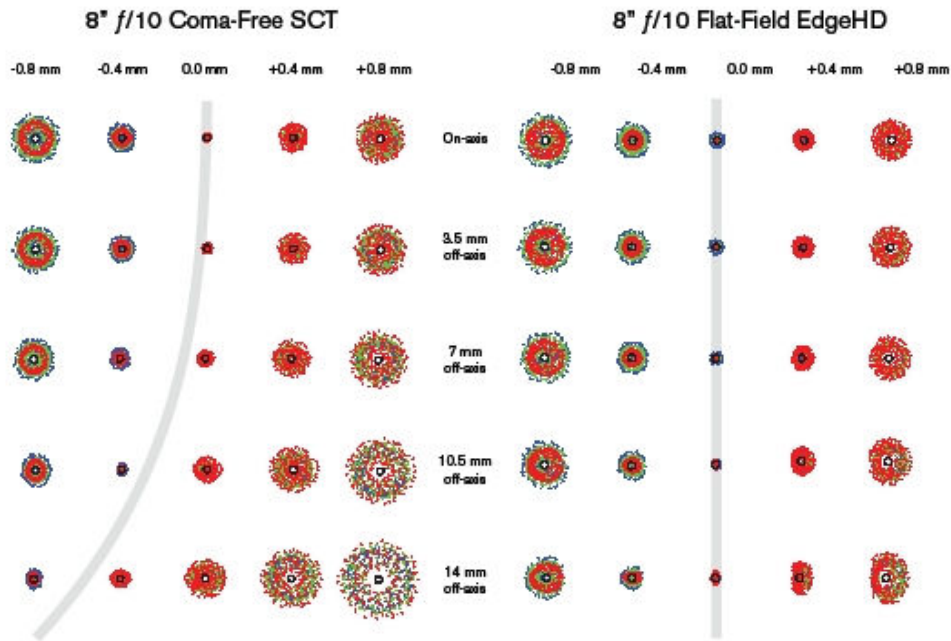
Orice optician ce are cunoștințele necesare și un software de trasare a razelor optice poate, în teorie, replica și verifica aceste rezultate. Informațiile indică faptul că eliminarea comei nu



este suficientă pentru a garanta imagini bune pe întreg câmpul vizual. Pentru performanță crescută în astrofotografie, un telescop trebuie să fie limitat de difracție pe axă și să fie corectat pentru comă și curbura de câmp înafara axei. Exact așa cum este un telescop EdgeHD, la un preț accesibil.

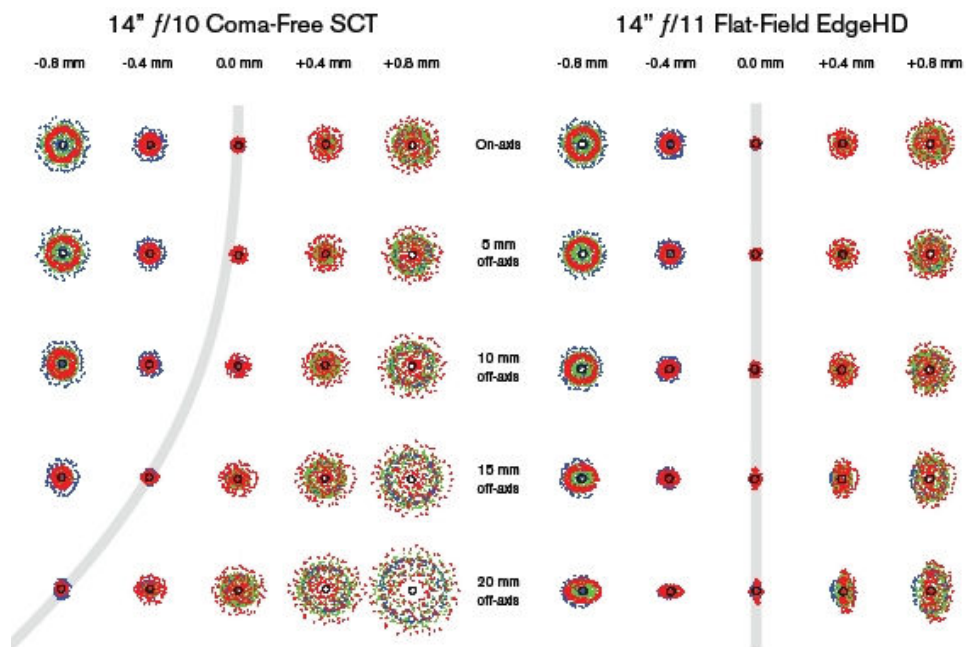
**FIGURA 3.** Într-un sistem optic cu curbura de câmp, obiectele nu sunt focalizate pe o suprafață plană. Razele off-axis focalizează în spatele sau în fața punctului de focus al razelor de pe axa optică. Rezultatul: imaginea stelelor off-axis este mai mare, fiind puțin nefocalizate.





Diagrame puncte pentru 0.0, 3.5, 7, 10.5 si 14mm off-axis;  $\lambda = 0.486, 0.546, \text{ si } 0.656 \text{ nm}$ .

**FIGURA 4.** Compară imaginea stelelor formate de un SCT fără comă de 8 inci cu cea formată de un EdgeHD. Stelele clare ale SCT-ului fără comă urmează curba gri, ajungând în focus la circa 0.6mm în fața planului focal. La EdgeHD stelele sunt focalizate în planul focal pe întreg câmpul, ceea ce înseamnă că imaginile vor fi clare până la margine.



Diagrame spot pentru 0.0, 5, 10, 15 si 20mm înafara axei la lungimile de undă  $\lambda = 0.486, 0.546 \text{ și } 0.656 \text{ nm}$ .

**FIGURA 5.** La un telescop SCT fără comă de 14 inci, cele mai mici stele off-axis sunt plasate pe suprafața focală, curba indicată de linia gri. De vreme ce senzorii camerelor CCD sau DSLR sunt plăți, stelele de la marginea câmpului vor apărea mărite. În design-ul aplanat EdgeHD toate stelele sunt focalizate pe o zonă plană.

## 5 ÎMBUNĂTĂȚIRI ALE DESIGN-ULUI MECANIC

Pentru a ne asigura că telescoapele EdgeHD oferă maximul de potențial optic, am redesenat componentele mecanice cele mai importante. La un SCT clasic, un astronom ar putea aduce sistemul optic în focus la un punct de back-focus, în spatele tubului, schimbând astfel distanța focală a telescopului. Acest lucru produce aberație de sfericitate și crește aberația off-axis. În seria EdgeHD, distanța de back-focus este optimizată și setată pentru o anumită distanță. Fiecare EdgeHD este echipat cu un adaptor vizual pentru plasarea ocularului exact în poziția corectă, iar adaptorul T plasează automat camerele DSLR în poziția optimă de focus.

Ca parte a redesenării, am plasat oglinzile secundară și primară mai aproape decât în cazul clasicelelor SCT, și am reconceptuat tuburile pentru ambele oglinzi pentru a crea un câmp vizual mai luminos.

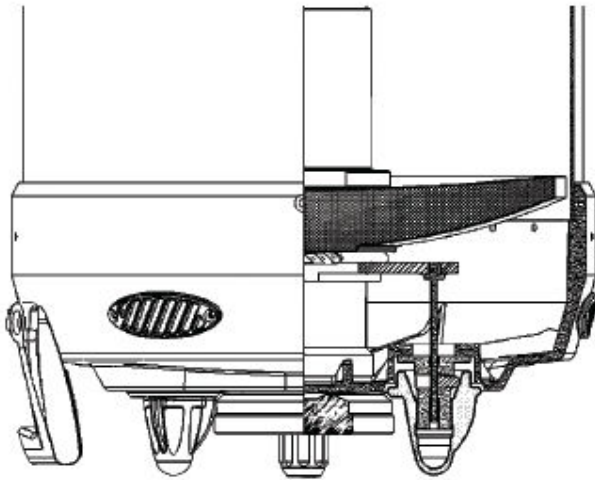
Pentru a asigura compatibilitatea cu accesoriul Starizona Hyperstar, ce permite folosirea unui raport focal de  $f/1.9$  la EdgeHD 800 și  $f/2.0$  la EdgeHD 925, 1100 și 1400, toate telescoapele EdgeHD au oglinda secundară detașabilă.

Deoarece acoperă un câmp vizual larg, elementele optice ale EdgeHD trebuie să respecte toleranțele de centrare și aliniere mult mai eficiente decât clasicul SCT. De exemplu, din cauză că lentila corectoare trebuie să rămână centrată precis, am securizat-o cu șuruburile de aliniere acoperite cu plastic Nylon. Șuruburile sunt montate în timpul asamblării și centrării plăcii corectoare. După ce ajustarea este perfectă, șuruburile sunt strânse și sigilate cu Loctite pentru a securiza poziția plăcii. Această mică modificare de design asigură alinierea optică a plăcii corectoare și a oglinzii secundare.

Centrarea oglinzii primare este și mai dificilă. În cazul clasicului SCT, oglinda primară este atașată la un tub de focus care are o mișcare de alunecare. Când focalizați telescopul, șurubul de focus mișcă oglinda primară longitudinal. Când inversați direcția, tubul care ține primara poate „zgudui” puțin tubul interior central, provocând o mișcare a imaginii. La clasicul SCT mișcarea nu afectează semnificativ calitatea pe axă a imaginii. Totuși, în cazul EdgeHD, imaginile în afara axei pot fi afectate. Deoarece tubul interior central conține corectorul de sub-apertură la interior și oglinda primară la exterior, l-am produs cu o toleranță foarte mică. Tubul care susține oglinda primară a fost redesenat cu o flanșă ce atinge suprafața optică a oglinzii primare. Când oglinda principală se assemblează pe tubul de focus este securizată cu adeziv RTV, această mică modificare mecanică garantând o centrare optică precisă. După asamblare, tubul de focus este plasat pe un șablon-test. Rotim oglinda și verificăm ca primara să fie precis aliniată pentru a ne asigura că este menținută calitatea optică.

În orice sistem optic cu o oglindă primară ce se poate deplasa, mișcarea cauzată de schimbarea direcției de focalizare este o problemă importantă. La telescoapele Celestron SCT și EdgeHD am redus toleranțele. În timpul asamblării și testării, măsurăm deplasarea focusului. Orice instrument cu o deplasare mai mare de 30 arcsecunde este returnat și reasamblat.

La SCT-ul clasic, uneori astrofotografii observă o mișcare a imaginii în timp ce telescopul urmărește peste meridian. Mecanismul de focalizare servește drept punct de suport pentru oglindă. La EdgeHD am adăugat două tije de inox în spatele celulei care ține oglinda primară. Când cele două ambreiaje din spate sunt acționate, pini de aluminiu apasă pe tijele de inox, dând naștere la încă două puncte de stabilizare (vezi Figura 6).



**FIGURA 6.** *Mecanismul de prindere prezentat în aceasta imagine (în secțiune) previne mișcarea oglinzii primare în timpul expunerilor lungi folosite în astrofotografie.*

Tuburile telescoapelor trebuie să respire nu doar pentru a se răci, dar și pentru a preveni apariția condensului în interior. La un SCT clasic aerul poate pătrunde prin tubul interior central. La EdgeHD lentilele corectoare închid tubul. Pentru a permite schimbul de aer cu exteriorul au fost adăugate ventilatoare cu site de 60μm care țin afară praful, dar permit aerului să treacă.

Într-un telescop conceput pentru fotografie, utilizatorii se așteaptă să poată folosi accesorii grele – roți de filtre, camere SLR sau CCD astronomice. Filetele telescoapelor EdgeHD sunt solide și pot susține astfel de accesorii. Back-focusul pentru EdgeHD a rămas 5,25inch dar pentru EdgeHD 925, 1100 și 1400 a fost adus la 5,75inch.

Mulți producători oferă diferite accesorii compatibile cu filetul și back-focusul telescoapelor EdgeHD.

## 6. FABRICAREA OPTICII EDGEHD

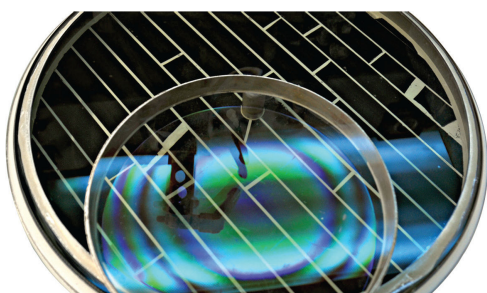
Fiecare telescop EdgeHD are cinci elemente optice: o placă corectoare, o oglindă sferică primară, o oglindă sferică secundară și două lentile corectoare de sub-apertură. Fiecare a fost construit ca să respecte toleranțele impuse de un design optic super performant. Celestron aplică experiența a mai mult de 40 de ani în construirea opticii pentru elementele optice ale seriei EdgeHD. Atât înainte cât și după montare fiecare set optic este verificat.

Fondatorul Celestron, Tom Johnson, a inventat procesul de fabricare a plăcilor corectoare Schmidt. De-a lungul timpului acest proces a fost dezvoltat și îmbunătățit. În prezent, producem plăci corectoare cu lejeritatea cu care un optician produce suprafețe sferice.

Fiecare placă corectoare își începe viața ca o bucată de sticlă transparentă, de înaltă transmisie, float. În fabricarea sticlei float sticla este topită și apoi extrudată într-un recipient cu staniu topit, sticla plutind pe metalul dens. Suprafața staniului topit este aproape plată (raza curbării este raza curbării planetei Pământ!) și sticla va fi la fel de plată.

Decupăm plăcile corectoare în formă brută din bucăți mai mari de sticlă, apoi le trecem printr-o mașină de șlefuit pentru a lustrui ambele suprafețe. Plăcile corectoare sunt inspectate și se renunță la orice piesă ce prezintă defecte.

Metoda Johnson / Celestron pentru producerea curbei polinomiale asferice se bazează pe precizia unor șabloane-negativ. Șablonul și placa corectoare sunt curățate, apoi se aplică vid dinspre centrul șablonului pentru realizarea unui contact perfect între cele două elemente, placa corectoare luând forma șablonului. Se iau apoi șablonul și placa corectoare brută și se procesează partea superioară a plăcii corectoare. Cu placa corectoare aflată încă pe șablon, un optician verifică raza noii suprafețe având ca referință o placă-test. Folosind interferența luminii – figura 7, dacă raza prezintă o toleranță de 1,5 unde de lumină (sau 750nm concav), iar iregularitatea suprafeței este mai mică de  $\frac{1}{4}$  lungime de undă, atunci placa corectoare este separată de șablon. Sticla subțire revine la forma sa astfel încât partea care avea contact cu șablonul devine plată, iar partea șlefuită va căpăta profilul unei lentile corectoare Schmidt. Placa este din nou testată, de data aceasta cu un auto colimator cu dublă trecere. Lumina laser verde – 532nm intră prin ocular, atinge oglinzile secundară și primară, trece prin lentila corectoare și se reflectă pe o suprafață perfect plană, apoi reface înapoi traseul. Deoarece lumina trece de două ori prin lentila corectoare orice eroare este observată de două ori. Testul de auto-colimare cu dublă trecere (figura 9) garantează că fiecare lentilă corectoare Schmidt respectă cerințele unui sistem optic EdgeHD.



**FIGURA 7.** Plăcile pereche folosesc interferența pentru a verifica raza și netezimea plăcii corectoare. În această imagine, o lentilă corectoare brută este atașată la un șablon. Placa pereche se afla deasupra; franjele de interferența apar sub forma unor cercuri verzi și albastre. Pattern-ul circular indică diferențe de rază.

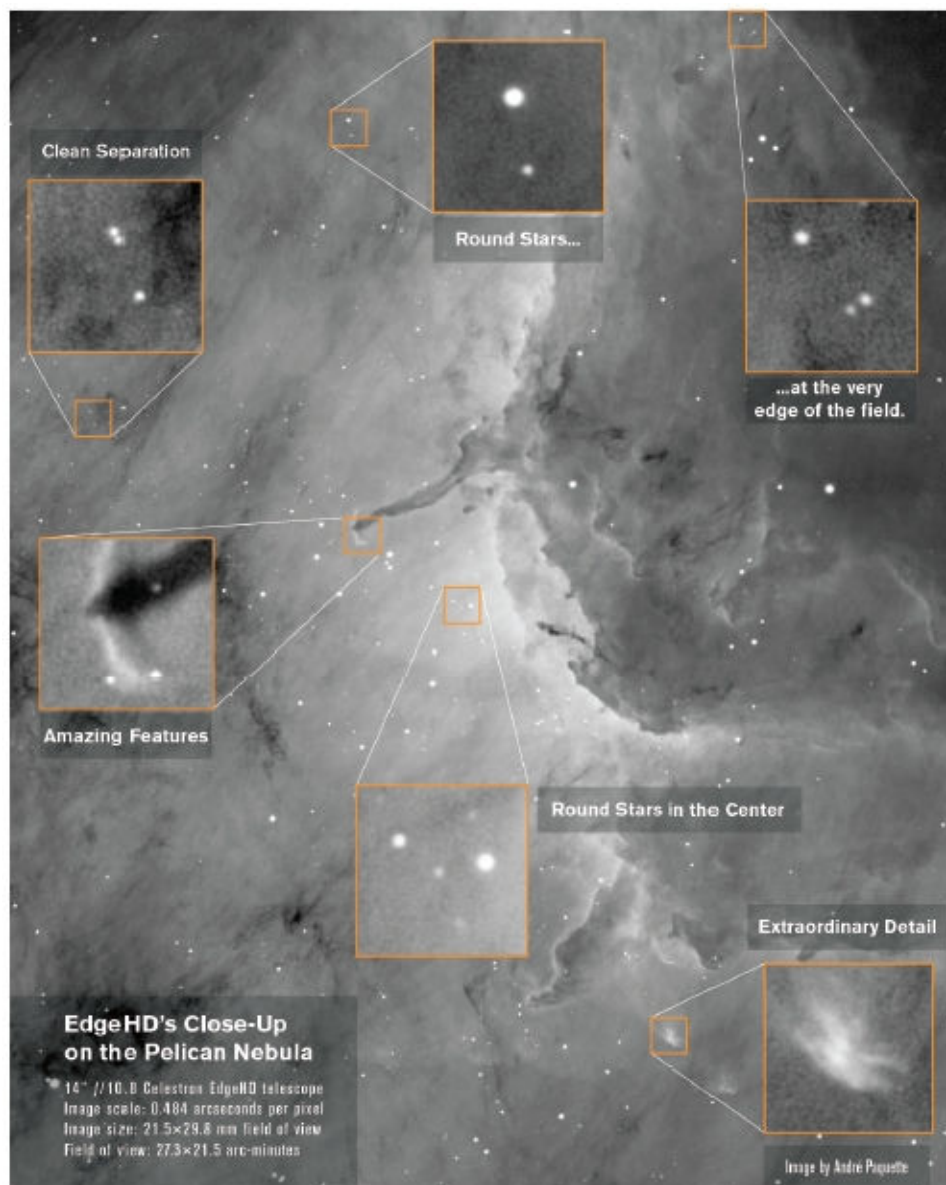
Oglinzile primare încep prin a fi sticlă de borosilicat de mică expansiune cu o suprafață dorsală conică și o suprafață frontală concavă. Turnată, are colțurile rotunjite, i se dă gaura centrală și raza suprafeței frontale. Șlefuirea se face cu ajutorul unor palete cu diamant folosind mașini de mare viteză, pentru ca apoi să fie șlefuite pentru a se obține o suprafață sferică precisă. Fiecare oglindă este verificată pentru raza și sfericitate folosindu-se o placă de referință. Când elementele de interferență indică o rază de +/- 1 față de raza nominală și iregularitatea suprafeței este mai mică de 1 franjă, atunci oglinda primește ultima verificare folosind testul nul. Apoi, fiecare oglindă primară este dusă la Laboratorul de Interferometrie (Figura 10) unde suprafața fiecărei oglinzi este verificată să fie conform specificațiilor.

Oglinzile secundare mai mici sunt fabricate tot din sticlă borosilicat de mică expansiune, iar procedeul folosit este identic cu cel de la realizarea oglinzilor principale. Atunci când am conceput sistemul optic EdgeHD am favorizat suprafețele sferice deoarece astfel de suprafețe pot fi verificate la interferometru în doar câteva minute.

Corectorul de sub-apertură este făcut folosind aceeași tehnică utilizată la construcția obiectivelor refractoarelor de mare performanță. EdgeHD folosește sticlă realizată de Schott AG. Modelele de 8, 9.25 și 11 inch folosesc sticlă N-SK2 și K10, iar modelul de 14 inch folosește sticlă N-SK2 și N-BALF2. Pentru a asigura omogenitatea, sticla optică este produsă în cantități mici. Sticla brută este adusă la diametrul dorit, la raza de curbură dorită și la grosimea dorită, folosind o tehnică ce utilizează diamante.

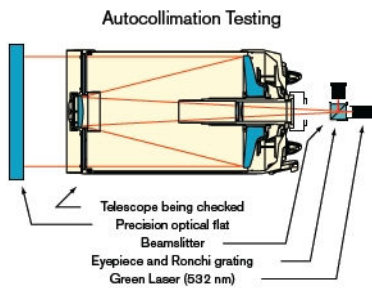
Bancurile de montare aduc cu bancurile laboratoarelor optice. Oglinda primară și placa corectoare sunt așezate în șabloane cinematice și apoi este plasată oglinda secundară. Lentilele de sub-apertură vin și ele apoi montate. Un laser care pornește din punctul de focus

se reflectă pe placa de auto-colimare și reface traseul optic. Orice eroare mai mare de 1/1.000.000 inch poate fi observată de către opticienii. Dacă sistemul prezintă astigmatism, zone, supra sau sub-corecție, margini ridicate sau coborâte, găuri sau denivelări, opticienii marchează tranzițiile de umbră ale testului Foucault pe oglinda secundară, apoi îndepartează oglinda secundară și transcriu aceste erori pe o foaie. Pattern-ul este imprimat pe un instrument de șlefuire și apoi se aplica toate corecțiile necesare – figura 11 – până când întregul sistem prezintă o iluminare uniformă. Pattern-ul discului Airy este evaluat pentru circularitate, un singur cerc de difracție și fără scăpări de lumină. În plus, pattern-ul de difracție intra și extra-focal trebuie să prezinte aceeași structură pe ambele părți ale focusului și trebuie să apară rotund și uniform.



**Figura 8. EDGE HD – Nebuloasa Pelicanul** După terminarea testelor, ultimul test este cerul nopții. Imaginea de mai sus arată abilitatea unui EdgeHD de a avea un focus curat, stele rotunde. Telescopul folosit este un EdgeHD de 14 inch pe o montura CGE Pro. Camera CCD este un Apogee U16m. Imaginea reprezintă un crop de 21,5 x 29,8mm dintr-o imagine originală de 36,8 x 36,8mm

## Testul în autocolimare



**FIGURA 9.** În testul de autocolimare, lumina trece prin sistemul optic, se reflectă de pe o oglindă plană și reface traseul. Această metodă dublează mărimea aparentă a oricărei erori.



**FIGURA 10.** Testăm toate oglinzile principale pe un banc optic, prin intermediul interferometriei laser. În această imagine, oglinzi principale polisate așteaptă testarea.



**FIGURA 11.** Pentru a corecta orice eroare rămasă, oglinda secundară este șlefuită în funcție de întregul sistem optic. Acest proces garantează că fiecare telescop respectă criteriul difracției limitate.

După scoaterea fiecărui set de optică din autocolimator, componentele sunt trimise pentru a li se aplica diferite straturi optice. Oglinda primară și secundară primesc straturi reflective de aluminiu, iar lentile corectoare un înveliș antireflex. Apoi fiecare set de optică este instalat într-un tub.

Tuburile optice complete sunt supuse apoi testului de acceptare vizuală. Într-un tunel cu temperatură stabilizată, lumina verde de laser de lungime 532nm este reflectată dintr-o oglindă parabolică de precizie pentru a se comporta ca o stea artificială. Cu un ocular de putere mare se privește aceasta stea artificială.

Pentru a trece acest test vizual, un tub optic trebuie să respecte următoarele cerințe:

- Discul Airy în focus trebuie să fie rotund, fără microfexii de lumină în jurul discului și să prezinte un singur cerc strălucitor.
- În focus și în afara lui, pattern-ul de difracție trebuie să fie rotund, uniform și să apară similar pe ambele părți ale focusului.
- Observate cu o grilă Ronchi de 150 perechi de linii per inch benzile trebuie să fie drepte, la distanțe egale și cu contrast ridicat.

Datorită faptului că optica a fost testată și corectată în autocolimator și pentru că fiecare tub optic a fost testat încă o dată și verificat vizual, imaginile oferite de telescop vor trebui să fie fără defecte când priviți prin el cerul nopții.

## 7. TESTUL DE ACCEPTARE FINALĂ ȘI CERTIFICAREA

Înainte să părăsească clădirea Celestron, fiecare telescop EdgeHD trebuie să treacă testul final de acceptare. Acest test se realizează pe un banc optic special amplasat într-o cameră cu temperatură controlată (Figura 12). De aceasta dată nu se mai folosește laser verde, ci lumina albă pentru a reproduce condițiile pe care un astronom le întâlnește în timpul observațiilor sau

fotografierii cerului nopții. Pentru a evita introducerea oricăror surse de căldură pe traseul optic, lumina stelei artificiale este transmisă în focarul unei oglinzi parabolice printr-un cablu de fibră optică. După ce lumina ajunge la oglinda parabolică razele paralele de lumină ajung la sistemul optic EdgeHD și apoi la o cameră digitală DSLR full-frame plasată în focus.

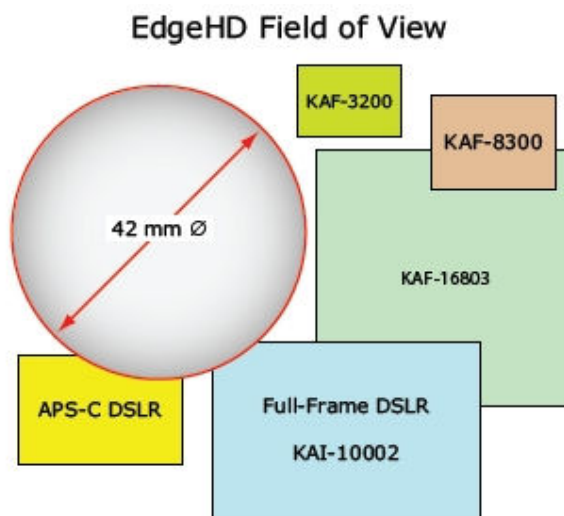
Folosind un suport cinematic pentru teste, nu este nevoie să fie schimbată configurația de test după înlocuirea tubului optic cu un altul. Telescopul este plasat pe suport și este gata pentru testare. Testul de acceptare finală verifică dacă telescopul EdgeHD formează imagini clare ale stelelor în centrul și pe marginile cip-ului unei camere digitale SLR. Testul se realizează entru toate colțurile cip-ului. Orice telescop ce nu trece acest test este returnat la reasamblare pentru verificarea colimării și pentru centrarea corectorului. Niciun telescop EdgeHD nu pleacă mai departe dacă nu a trecut acest test.

Pe parcursul procesului de fabricare a telescopului, fiecare instrument are o fișă de urmărire a asigurării calității. Toate imaginile de test sunt numerotate și comparate. Dacă un telescop este returnat la Celestron pentru service, fișa celui telescop este consultată pentru a se verifica cum s-a comportat telescopul înainte de a părăsi sediul Celestron. După trecerea testului se aplică Loctite pe șuruburile ce asigură alinierea plăcii corectoare pentru a le fixa permanent. Instrumentul este apoi inspectat cu grijă pentru defecte cosmetice. Este curățat și ambalat pentru a fi livrat partenerilor sau clienților.



**FIGURA 12.** În testul final de acceptare, optica EdgeHD trebuie să-și demonstreze capacitatea de a oferi imagini clare de la centrul până la marginea câmpului vizual al unui aparat digital Canon 5D Mark II cu un senzor cu diagonala de 42mm.

**FIGURA 13** Telescoapele EDGE HD sunt realizate pentru a oferi imagini bune pe un câmp vizual plat cu diametrul de 42mm. Comparați acesta cu varietatea de formate de senzori. Cipul popular APS-C din aparatele DSLR încapă ușor. Formatul fill-frame este acoperit în întregime. Telescoapele Edge HD acoperă formatul pătrat de 36,8mm al cipului KAF-16803.



## 8. OBSERVAȚII VIZUALE CU EDGEHD

Deoarece atât Celestron EdgeHD, cât și telescoapele SCT clasice respectă criteriul difracției limitate pe axă, performanța lor este aceeași în cazul observării planetelor sau a Lunii, la separarea stelelor duble sau pentru observarea oricăror obiecte cerești ce necesită o imagine

de calitate pe axa optică. Totuși telescopul EdgeHD depășește clasicul SCT atunci când se observă obiecte de cer profund folosind noua generație de oculare cu câmp larg.

Un telescop SCT clasic prezintă comă în afara axei și un câmp curbat, acestea fiind absente la telescoapele EdgeHD. Ocularele cu câmp larg moderne, cum este ocularul Luminos de 23mm, au un câmp vizual aparent de 82 grade, astfel încât poate fi observată o zonă mai mare a cerului. Stelele alungite de la comă și imaginile periferice nefocalizate au dispărut. Cu EdgeHD stelele sunt clare până la marginea câmpului vizual.

Spatele lui EdgeHD 8” beneficiază de o flanșă cu filet standard 2.00x24 tpi. Un inel este folosit pentru a atașa un adaptor vizual de 1,25 inci ce acceptă oglinzi/prisme diagonale de 1,25 inci în care pot fi montate orice oculare pe formatul standard de 1,25 inci.

Modelele EdgeHD 9.25”, 11” și 14” inci au o flanșă solidă cu filet de 3,290 x 16 tpi. Această flanșă mare permite atașarea unor camere CCD sau DSLR grele. Pentru observații vizuale, folosiți placa adaptoare furnizată cu fiecare telescop pentru a atașa adaptorul vizual inclus. Diagonala de 2” inclusă acceptă oculare cu pe format de 1.25” sau 2”.

Pentru un astronom cu experiență, într-o noapte cu aer stabil, un EdgeHD aclimatizat are o performanță excepțională în observarea stelelor. Veți vedea un disc Airy rotund și curat, un singur inel de difracție bine definit și imagini simetrice în focus și în afara focusului. Fiecare EdgeHD ar trebui să rezolve stelele duble până la limita Dawes, să prezinte umbre subtile de pe suprafața lui Jupiter și să fie vizibilă diviziunea Cassini în inelele lui Saturn. În imaginile la obiecte de cer profund văzute cu un ocular de calitate foarte bună, stelele apar clare și bine definite până la marginea câmpului vizual. Un telescop EdgeHD relevă detalii nebulare în limita calității cerului din locul de observație.

Edge HD	Apertura Raport focal Distanța focala	Obstrucția Ø secundarei	Back focus Distanța Adaptor Marime filet	Cercul imaginii Ø linear Ø angular	Disc Airy Ø angular Ø linear Raylight2	Scala imaginii Arcsec / pixel (6.4µm pixel)
Edge HD 800	203.2mm f/10.456 2125mm	68.6mm 34%	133.35mm 2.00"-24 tpi	42mm Ø 68.0 arcmin	1.36" Ø 14.0µm Ø 0.68"	0.62"/pix
Edge HD 925	235mm f/9.878 2321mm	85.1mm 36%	146.05mm 3.29"-16 tpi	42mm Ø 62.2 arcmin	1.18" Ø 13.2µm Ø 0.59"	0.57"/pix
Edge HD 1100	279.4mm f/9.978 2788mm	92.3mm 33%	146.05mm 3.29"-16 tpi	42mm Ø 51.8 arcmin	0.99" Ø 13.3µm Ø 0.50"	0.47"/pix
Edge HD 1400	355.6mm f/10.846 3857mm	114.3mm 32%	146.05mm 3.29"-16 tpi	42mm Ø 37.4 arcmin	0.78" Ø 14.4µm Ø 0.39"	0.34"/pix

Simbolul Ø reprezintă diametrul. Obstrucția centrală este notată ca procentaj din apertură.

## 9. FOTOGRAFIA CU EDGEHD

Telescopul Celestron EdgeHD a fost conceput și optimizat pentru fotografia cu camere astronomice CCD, cu camere DSLR, senzori video pentru astronomie, oculare electronice și camere web. Telescopul Edge HD 8” a fost proiectat să ofere cele mai bune imagini la 5.25”(133.35mm) în spatele filetului 2,00X24 tpi al celulei dorsale. Telescoapele EdgeHD 9,25”, 11” și 14” formează cele mai bune imagini la 5.75” (146.05mm) de filetul 3,290X16 tpi aflat în spate. Pentru cele mai bune rezultate senzorul trebuie plasat în pozițiile menționate mai sus cu o toleranță de +/- 0,5mm.



Este ușor să plasezi o camera DSLR la această distanță folosind adaptorul mic T (#93644) pentru EdgeHD 800 sau adaptorul T mai mare (#93646) pentru celelalte 3 modele. Adaptorul mic are o lungime de 78,35mm, iar cel mare o lungime de 91,05mm, în amandoua cazurile cel mai bun focus fiind la 55mm în spatele adaptorului. Deoarece 55mm reprezintă standardul distanței senzor – montura-T, adăugând un inel T și apoi camera DSLR senzorul va ajunge exact în poziția dorită.

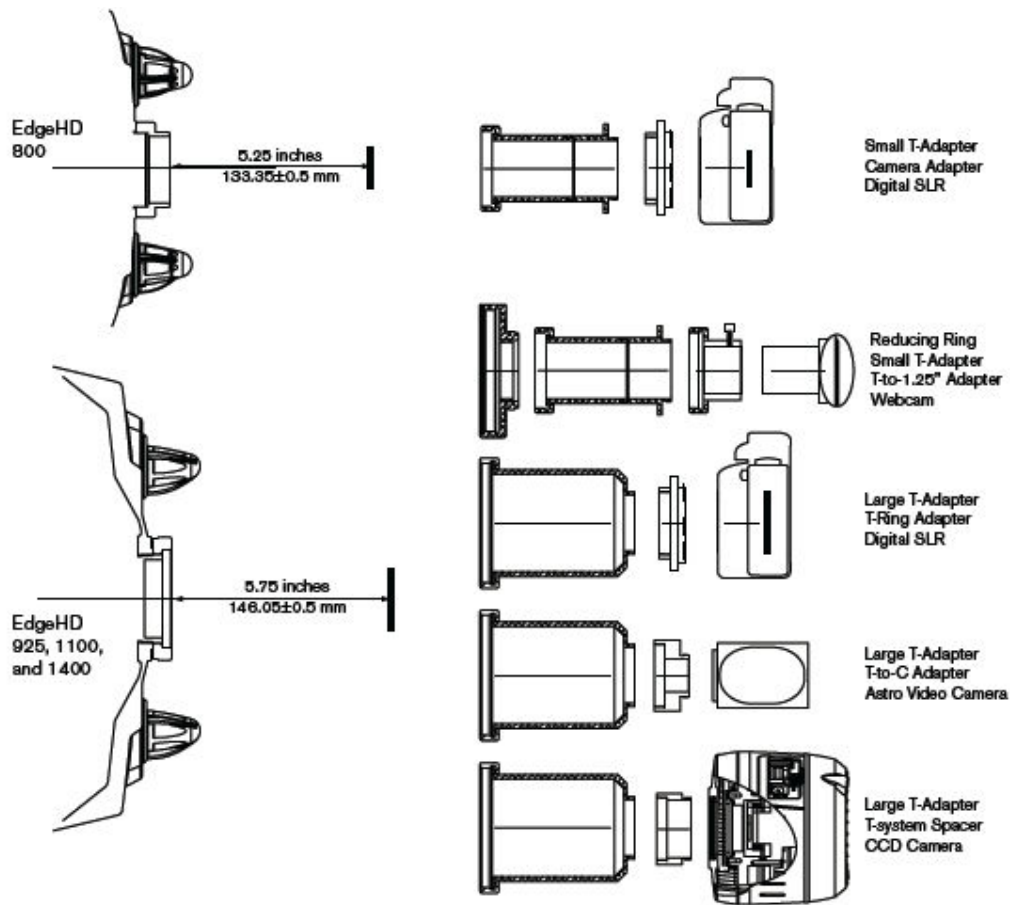
Sistemul de montare T ajută și la spațierea corectă a camerelor CCD astronomice. Consultați documentația camerei CCD pentru a găsi distanța de la flanșă la senzor. Atașând adaptorul T la EdgeHD veți obține distanța standard de 55mm. Dacă distanța senzor - montura a camerei dumneavoastră este de 35mm, atunci mai aveți nevoie de un adaptor adițional de 20mm care vă va ajuta să obțineți distanța corectă de back-focus. Dacă aveți nevoie de adaptoare mai complicate pentru camera CCD, contactați un magazin de specialitate.

Pentru fotografie recomandăm folosirea sistemului de adaptoare T deoarece conexiunile pe filet asigură plasarea ideală a senzorilor camerelor CCD sau DSLR la distanța corectă. Nu doar că sunt solide aceste adaptoare, dar și țin camerele perpendicular pe traseul luminii.

Pentru a conecta o camera video de mare sensibilitate, folosiți adaptorul T împreună cu un adaptor T la C (ca și sistemul T, montura C este standardizată și folosește filete 1X32 tpi cu o distanță de back-focus de 17,5mm). Pentru oculare electronice, camere planetare și camere web ce se atașează la telescop pe standardul 1,25” folosiți aceleași componente ca și pentru observații vizuale. Scoateți ocularul din telescop și înlocuiți-l cu camera video.

Există foarte multe programe care vă permit să realizați expuneri scurte prin telescop. Pe o montură solidă, corect aliniată, veți putea realiza expuneri de 30s sau chiar mai mult. Cu asemenea timpi de expunere veți putea realiza imagini minunate cu Luna, planetele, eclipse, roiuri strălucitoare de stele și obiecte cerești precum Nebuloasa Orion.

Totuși, pentru expuneri lungi ale obiectelor deep-sky, va trebui să ghidați telescopul. Zilele ghidatului manual privind prin ocular sunt terminate; autoguiderele electronice sunt acum standardul. Un astfel de sistem de ghidare constă dintr-un mic refractor montat pe telescopul EdgeHD. Veți mai avea nevoie și de o bară în coadă de rândunică atașată pe tubul EdgeHD. Celestron oferă un pachet de ghidaj cu telescop de 80mm (#52309) pentru a fi folosit împreună cu NexGuide Autoguider (#93713). Pentru expuneri mai mari de 10 minute lunetele de ghidaj pot suferi de flexură diferențială, astfel că în acest caz este mai avantajos să folosiți un adaptor de ghidaj înafara axei (#93648).



**FIGURA 14.** Este ușor să poziționați o cameră CCD sau DSLR, o cameră video performantă sau o cameră web în punctul de focus al unui EdgeHD. Pentru a obține cel mai clar câmp vizual larg, scopul este plasarea senzorului la o distanță de 5,25 inci față de flanșa din spate a telescopului Edge HD 800 și 5,75 inci față de flaușa din spate a telescoapelor Edge HD 925, 1100 și 1400.

Pentru cei care doresc să realizeze imagini folosind un raport focal mai rapid am conceput o lentilă reducatoare 0.7x cu 5 elemente pentru aceste telescoape. Reducătorul de focală se atașează în spatele telescopului. Deoarece distanța de backfocus pentru 1100 și 1400 este de 5.75 inch (146,05mm), puteți folosi același adaptor T și inel T pe care îl folosiți pentru fotografia la rapoartele focale native f/10 sau f/11. Câmpul vizual linear este tot de 42mm, dar câmpul vizual angular este cu 43% mai mare, iar timpul de expunere scade cu 2 stopuri.

Pentru fotografie super-rapidă, cu câmp vizual foarte larg, EdgeHD este compatibil cu Starizona Hyperstar. Montat pe lentila corectoare, în locul oglinzii secundare, Hyperstar oferă un raport focal de f/1.9 pentru modelul EdgeHD 1400 și f/2 sau f/2.1 pentru EdgeHD 800, 900 și 1100. Acoperind un câmp vizual de 27mm diametrul, sistemul Hyperstar este perfect pentru camere DSLR cu format ASP-C. Din cauza distanței focale scurte și a raportului focal rapid, expunerile sunt de câteva minute. Dacă aveți o montura solidă, aliniată polar corect, ghidajul nu este necesar aproape niciodată.

Desigur, distanța focală a unui EdgeHD poate fi marită folosind o lentila Barlow (precum X-Cel LX 2x - #93529 sau X-Cel LX 3x - #93428 sau alte modele). Folosind o lentilă Barlow puteți ajunge la rapoarte focale de f/22 – f/32 pentru fotografii planetare sau ale Lunii.

În concluzie, telescoapele Celestron EdgeHD reprezintă o platformă flexibilă pentru fotografiere. Puteți lucra în modul clasic la un raport focal de f/10-f/11 pentru obiecte deep-sky sau puteți adăuga un reducător de focală pentru câmpuri mai largi și timpi de expunere mai scurți. Cu un sistem Hyperstar puteți realiza fotografii cu câmp vizual foarte mare în câteva minute. Și, în cele din urmă, puteți captura imagini cu planetele sau cu Luna folosind o lentilă Barlow de calitate.

Atunci când achiziționați un telescop EdgeHD primiți o platformă versatilă care se pretează atât la observații vizuale, cât și la fotografie, fie că vorbim de fotografie de câmp larg sau fotografie planetară.

## 10. CONCLUZII

Clasicul telescop Schmidt-Cassegrain (SCT) a introdus zeci de mii de astronomi amatori în lumea astronomiei și le-a satisfăcut dorințele pentru observarea cerului nopții. Azi, observatorii și fotografii amatori doresc un telescop mai performant ce oferă atât imagini clare, cât și fotografii de înaltă calitate pe un câmp vizual larg și plat. Dar amatorii doresc aceste telescoape la un preț accesibil.

Celestron a conceput seria EdgeHD astfel încât să îndeplinească aceste dorințe. EdgeHD nu este doar lipsit de comă, dar oferă și un câmp plat astfel încât stelele sunt clare și în focus până la marginea câmpului vizual. În această broșură tehnică am încercat să vă prezentăm motivele interne ce au dus la apariția acestui nou design de telescop. Am demonstrat grija cu care fabricăm și testăm fiecare instrument optic EdgeHD. Suntem încrezători că am reușit să vă demonstrăm că EdgeHD este telescopul potrivit pentru dumneavoastră.

## 11. REFERINȚE

- DeVany, Arthur S., Master Optical Techniques, John Wiley and Sons, New York, 1981
- Fischer, Robert E.; Biljana Tadic-Galeb; and Paul R. Yoder, Optical System Design. McGraw Hill, New York, 2008
- Geary, Joseph M., Introduction to Lens Design, Willmann-Bell, Richmond, 2002.
- Malacara, Daniel, ed., Optical Shop Testing, John Wiley and Sons, New York, 1978.
- Rutten, Harrie, and Martin van Venrooij, Telescope Optics: A Comprehensive Manual for Amateur Astronomers, Willmann-Bell, Richmond, 1999.
- Smith, Gregory Hallock, Practical Computer-Aided Lens Design, Willmann-Bell, Richmond, 1998.
- Smith, Gregory Hallock; Roger Ceragioli; Richard Berry, Telescopes, Eyepieces, and Astrographs: Design, Analysis, and Performance of Modern Astronomical Optics, Willmann-Bell, Richmond, 2012.
- Wikipedia. Search references to specific topics. See: [http://en.wikipedia.org/wiki/Optical\\_lens\\_design](http://en.wikipedia.org/wiki/Optical_lens_design) and many associated links.
- Wikipedia. Search references to T-mount.
- See: <http://en.wikipedia.org/wiki/T-mount> and associated camera system links.
- Wilson, R. N., Reflecting Telescope Optics I and II, Springer-Verlag, Berlin, 1996.
- ZEMAX® Optical Design Program, User's Guide, Radiant Zemax LLC, Tucson, 2012.

## Appendix A:

### Profile tehnice ale telescoapelor EdgeHD

Atunci când evaluați telescoapele astronomice, astrofotografii trebuie să țină cont de factorii ce influențează calitatea imaginii. Principalii factori sunt:

- Imaginea formată de telescop
- Dimensiunea pixelilor și calitatea senzorului
- Pattern-ul de difracție al telescopului
- Calitatea cerului din timpul expunerii
- Acuratețea ghidajului în timpul expunerii

Pentru a veni în sprijinul astrofotografilor, această addendă prezintă matricea spot pentru fiecare din telescoapele EdgeHD. Pentru a determina mărimea imaginilor pe care le observați în expuneri, acestea trebuie să fie compuse cu alți factori ce afectează imaginile.

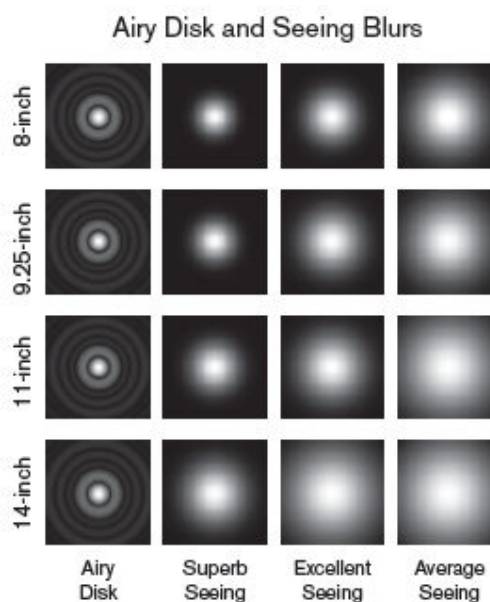
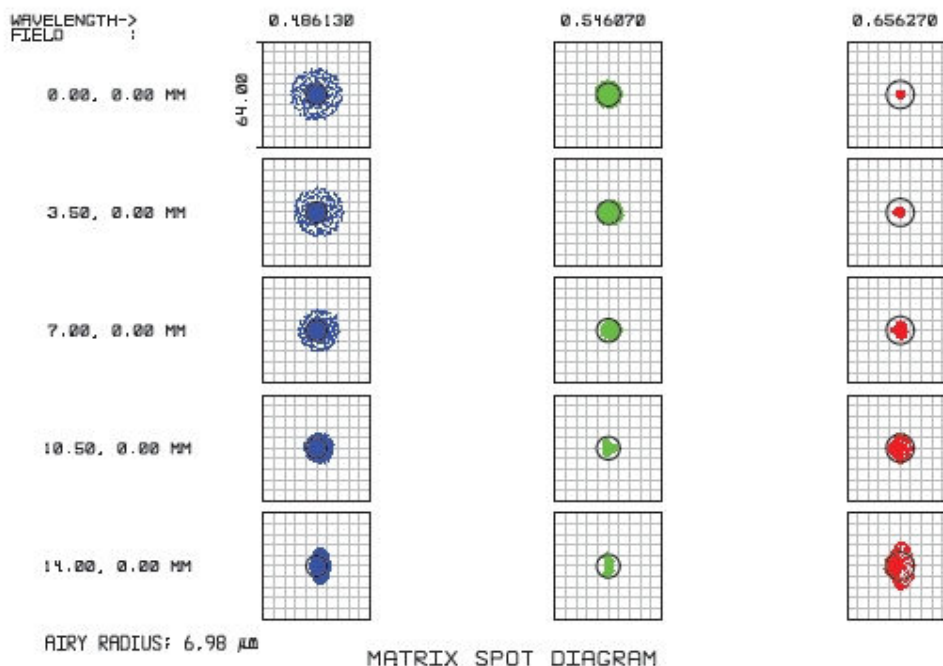
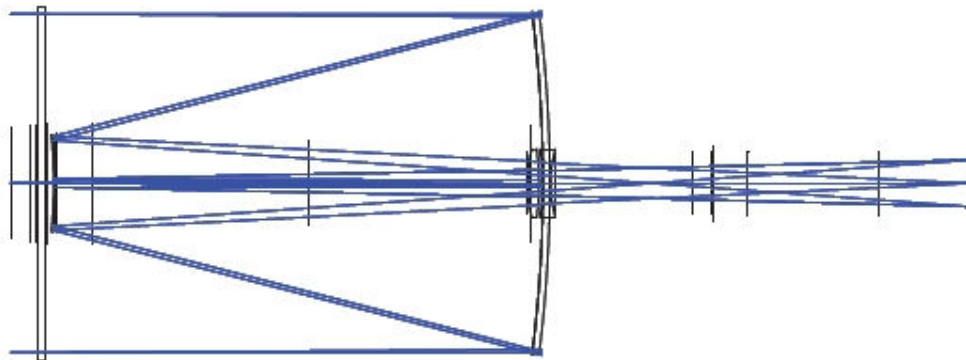


FIGURA A1: Prezentat la aceeași scală ca și spotul de difracție sunt discul Airy și funcția de împrăștiere a punctelor pentru discul de stabilitate atmosferică mediu (2”), excelent (1,5”) și superb (1”).

În matricile spot, fiecare pătrat mare gri are o latură de 64  $\mu\text{m}$  și constă din 10 pătrățele mici cu latura de 6.4  $\mu\text{m}$  reprezentând un pixel într-o cameră CCD „tipică”. Cercul negru reprezintă diametrul discului Airy până la primul inel negru. Devine imediat clar faptul că pentru fiecare EdgeHD, doi pixeli de 6.4  $\mu\text{m}$  abia se potrivesc cu discul Airy. Acest lucru înseamnă că în condiții ideale, o cameră CCD cu pixeli de această dimensiune va captura aproape toate detaliile prezente în imaginea telescopului. Referindu-ne la figura A1, coloana din stânga arată discul Airy pentru un telescop cu o obstrucție centrală de 34%. Din cauză că lumina din discul Airy este concentrată într-o zonă mai mică din centru, pentru capturarea detaliilor într-o imagine la Lună sau planete, va trebui să folosiți o lentilă Barlow de 2x sau 3x pentru mărirea discului Airy.

Din nefericire, condițiile ideale sunt trecătoare. În timpul unei expuneri turbulența atmosferică mărește imaginea stelelor și, mai mult, provoacă tremurul imaginii. În nopțile liniștite, calitatea cerului poate avea un efect mic de până la o secundă de arc. În figura A1, coloana cu „calitate superbă a cerului” indică un efect de blur de până la o arcsecundă. Următoarea coloană, „calitate excelentă” (1.5”), iar coloana din dreapta prezintă efecte de 2” – tipic pentru majoritatea nopților în multe locuri de observație. Este foarte important să notăm că o dată cu creșterea distanței focale a telescopului, diametrul blur-ului crește proporțional. Cu un telescop mic calitatea cerului își pierde din importanță. Dar cu un telescop din seria EdgeHD, nopțile cu condiții excelente sunt foarte valoroase.

## EDGE HD 800

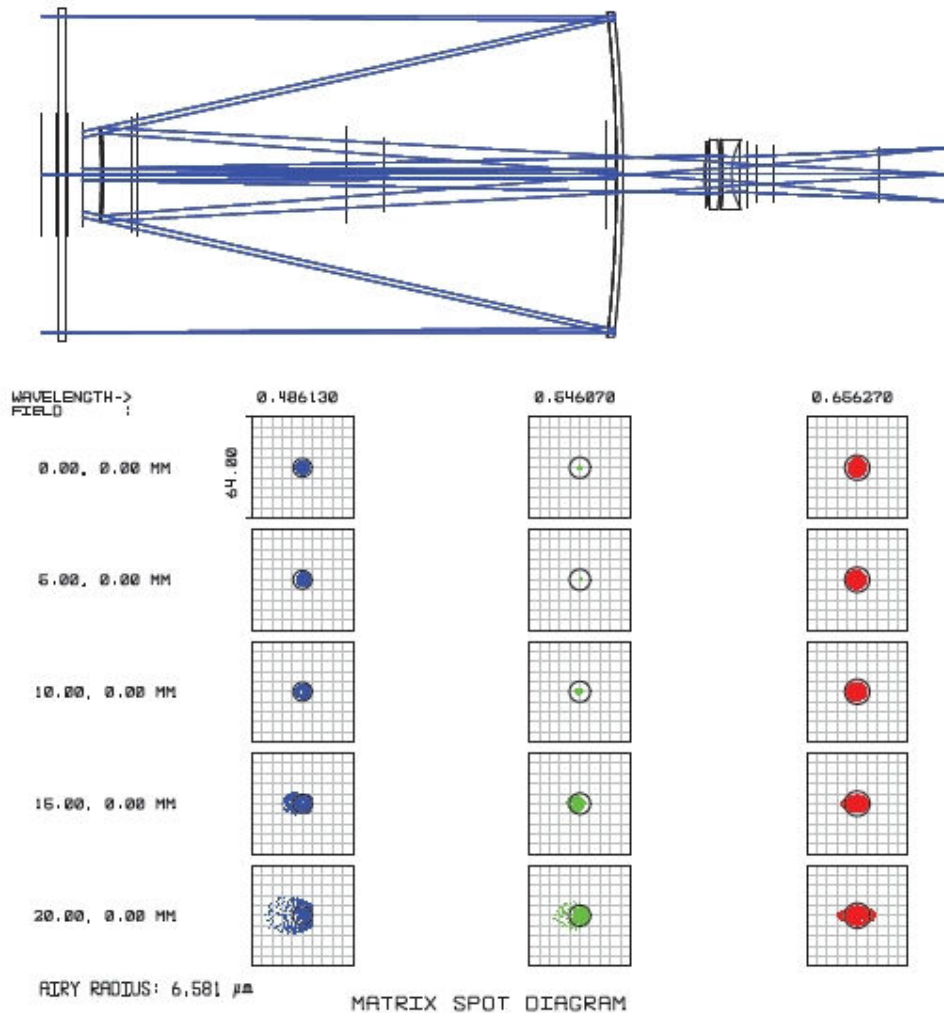


Pe axă, punctele arată că telescopul EdgeHD de 8 inch este limitat de difracție atât pentru verde (observații vizuale), cât și pentru roșu (astrofotografie). Și deoarece razele albastre sunt concentrate în interiorul discului Airy, telescopul de 8" este limitat de difracție și în lumină albastră. Înafara axei, imaginea continuă să rămână limitată de difracție pe un câmp vizual mai mare decât discul întreg al Lunii.

Pentru un fotograf care folosește o cameră digitală SLR APS-C, iluminarea relativă ajunge la 84% din imagine la colțurile extreme ale imaginii. Cu toate că pentru subiectele luminoase acest procent de scădere va trece neobservat, pentru fotografierea obiectelor puțin strălucitoare recomandăm realizarea și aplicarea unor imagini flat. Pentru camere CCD, recomandăm utilizarea de imagini flat de în toate situațiile.

Portabilitatea și accesibilitatea sunt caracteristici definitorii pentru EdgeHD 800. Cu toate că acoperă o imagine cu diametrul de 42mm, am optimizat optica pentru o zonă centrală cu un diametru de 28mm – dimensiunea chip-ului APS-C al multor camere digitale SLR.

## EDGE HD 925

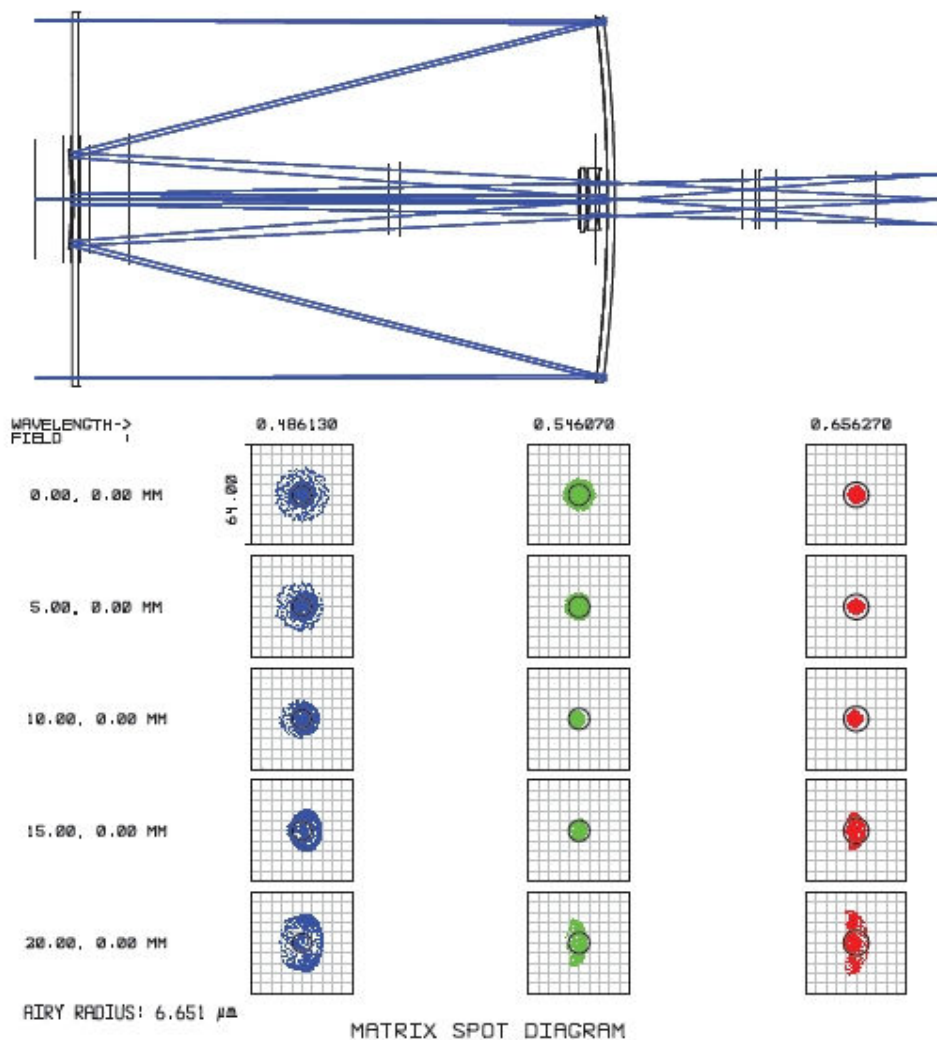


Matricea spot indică faptul ca imaginile pe axă sunt limitate de difracție pe toate cele trei lungimi de undă și continuă să fie pe o zonă centrală de 15mm. În timp ce albastrul și roșul sunt puțin mărite, imaginile în lumina verde respectă criteriul pe o zonă cu diametrul de 38mm. Dimensiunea punctelor din afara axei pentru albastru și roșu rămâne bine echilibrată.

Într-o noapte cu condiții obișnuite de observare, stelele prezintă o valoare FWHM pe curba intensității luminoase de 23 μm, comparabilă în dimensiune cu pattern-ul spot la marginea unui câmp de 42mm. Iluminarea relativă în EdgeHD 925 este excelentă. Zona centrală de 12mm este complet lipsită de vigneta, în timp ce marginile beneficiază de 90% iluminare relativă. Pentru majoritatea aplicațiilor, aplatizarea câmpului este opțională.

Pentru imagini cu câmpul întreg la un buget mic, EdgeHD 925 este o alegere excelentă. Oferă performanță aproape perfectă pe axă și imagini excelente pe întreg discul de 42mm.

## EDGE HD 1100



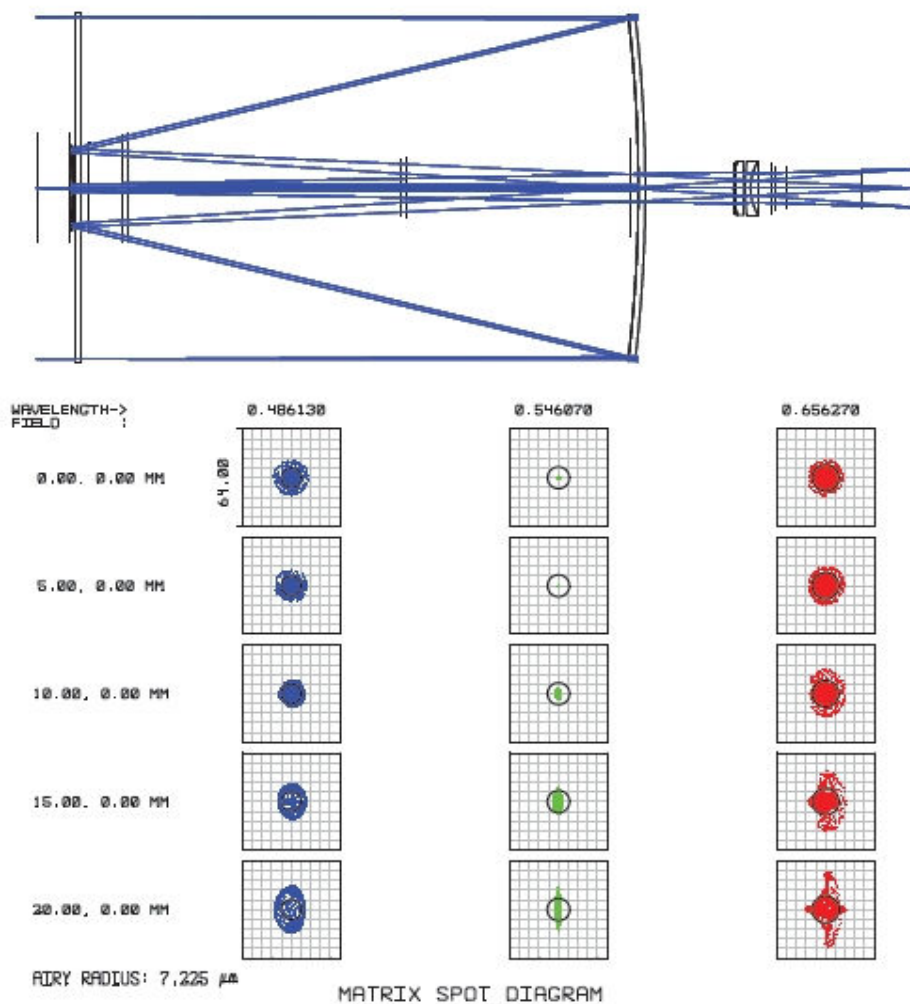
EdgeHD 11" este optimizat pentru a produce cele mai clare imagini în verde și roșu; la aceste lungimi de undă este limitat de difracție pe o zonă de două treimi din întreg cercul de 42mm. Iluminarea relativă rămâne 100% pe o zonă centrală de 16mm și scade apoi încet până la 83% la marginea câmpului de 42mm.

Pentru fotografierea cu o cameră ASP-C imaginile cu câmp plat nu sunt necesare. Pentru fotografia monocromă cu o cameră CCD astronomică, recomandăm folosirea imaginilor cu câmp plat.

În nopțile când calitatea cerului ajunge la o valoare FWHM de 1.5 arcsecunde, imaginile stelelor ajung la 18μm în planul focal. În asemenea nopți, EdgeHD 1100 oferă imagini bune pe un cerc de 30mm și stele bine definite pe un câmp de 42mm.

EdgeHD 1100 este un telescop serios. Distanța focală lungă și scara mare a imaginii îi dau posibilitatea să captureze imagini uimitoare de câmp larg folosind camere ccd de format mare.

## EDGE HD 1400



În matricea spot se observă grupul compact de raze în lumină verde și sfercromatism echilibrat în albastru și roșu. Aceste câmpuri sunt mult mai bune decât ale unui refractor apocromat cu aceeași apaertură.

În lumină verde, EdgeHD 1400 este limitat de difracție pe o zonă centrală de 28mm, cu toate că este nevoie de un cer foarte bun pentru aceasta. Iluminarea relativă este de 100% în zona centrală de 16mm și scade apoi la 83% în colțurile unei camere full frame 35mm. Au fost obținute rezultate excelente cand telescopul EdgeHD 1400 a fost folosit cu senzorul KAF-16803 CCD cu un cerc de imagine în planul focal de 50mm.

EdgeHD 1400 este un telescop masiv, foarte potrivit un observator personal sau pentru ieșiri programate. Distanța focală lungă și scara mare a imaginii oferă amatorilor posibilitatea să realizeze imagini neaccesibile telescoapelor mai mici.



## Appendix B

### PROFILUL TEHNIC AL REDUCĂTORULUI DE FOCALĂ 0.7X EDGEHD

Probabil cel mai folositor accesoriu pentru un EdgeHD este reducătorul de focală. Cu toate că o distanță focală lungă este un avantaj atunci când capturați imagini de detaliu ale unor nebuloase, galaxii sau nebuloase planetare, ea presupune și un câmp vizual mai îngust. Raportul focal mare presupune timpi de expunere mari. Reducătorul 0.7x a fost conceput pentru a obține un câmp vizual de 1,4 ori mai mare în diametrul unghiular, adică aproximativ de două ori mai mult câmp vizual și un timp de expunere înjumătățit pentru a obține un anumit raport semnal-zgomot. Dacă pasiunea dumneavoastră constă în fotografierea unor obiecte mari în H-alfa, SII și OIII (benzi înguste), capturarea nebuloaselor de reflexie aflate în jurul obiectelor lui Bernard sau doar doriți scăderea timpului de expunere, atunci acest reducător vă este de foarte mare ajutor.

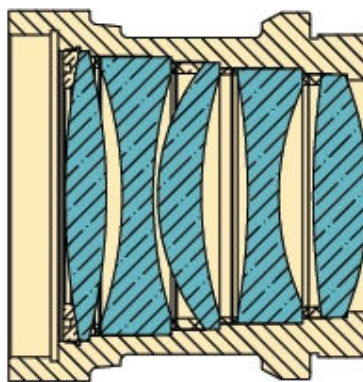
În perioada în care fotografia pe film era singura opțiune, reducătoarele de focală nu erau foarte bine văzute. Cu toate că reduceau distanța focală, produceau și stele neclare, aveau o curbura a câmpului evidentă și produceau vignetație. Reducătorul EdgeHD este însă produsul ingineriei optice și al unui proces de fabricație precis la același nivel cu design-ul și producția ocularilor cu câmp vizual ultra larg.

Fiecare model de reducător EdgeHD a fost conceput special pentru telescopul pe care urmează să fie folosit (EdgeHD 800, 925, 1100 sau 1400). Reducătoarele pentru EdgeHD 1400 și 1100 conțin cinci elemente optice de precizie, în timp ce modelul pentru EdgeHD 800 conține patru elemente. Pentru a atinge un nivel de performanță demn de seria EdgeHD, designul folosește sticlă cu dispersie scăzută cu elemente rare din seria lanthanidelor pentru corecția aberațiilor cromatice și geometrice. Toate suprafețele sunt acoperite cu straturi antireflex multiple pentru a crește transmisia luminii, pentru a oferi imagini cu contrast ridicat și a minimiza reflexiile parazite.

Matricea spot arată că imaginea stelelor pe axă este limitată de difracție în lumină verde, în timp ce razele celorlalte lungimi de undă sunt concentrate lângă discul Airy. Chiar și la marginea cercului de imagine de 42mm, razele albastru și verde sunt grupate strâns împreună în timp ce lumina roșie este doar puțin mai răsfirată.

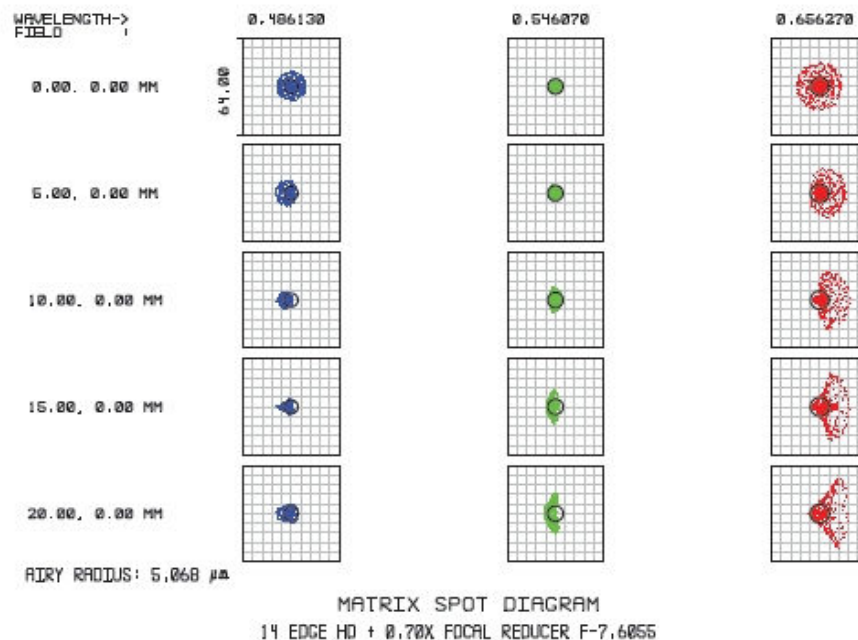
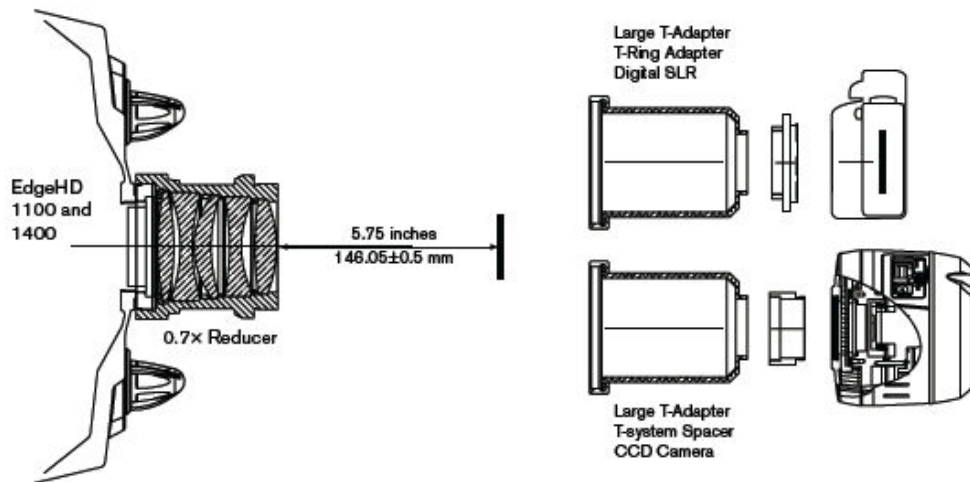
Atât din punct de vedere fizic, cât și mecanic, reducătorul de focală 0.7x EdgeHD este comparabil cu un ocular câmp-larg de top. Tubul realizat pe freză CNC poate susține fără griji greutatea unei camere DSLR fără flexură și fără a se mișca. Pentru depozitare sigură reducătorul are capace ce se înfiletează la capete.

The EdgeHD 0.7x Focal Reducer



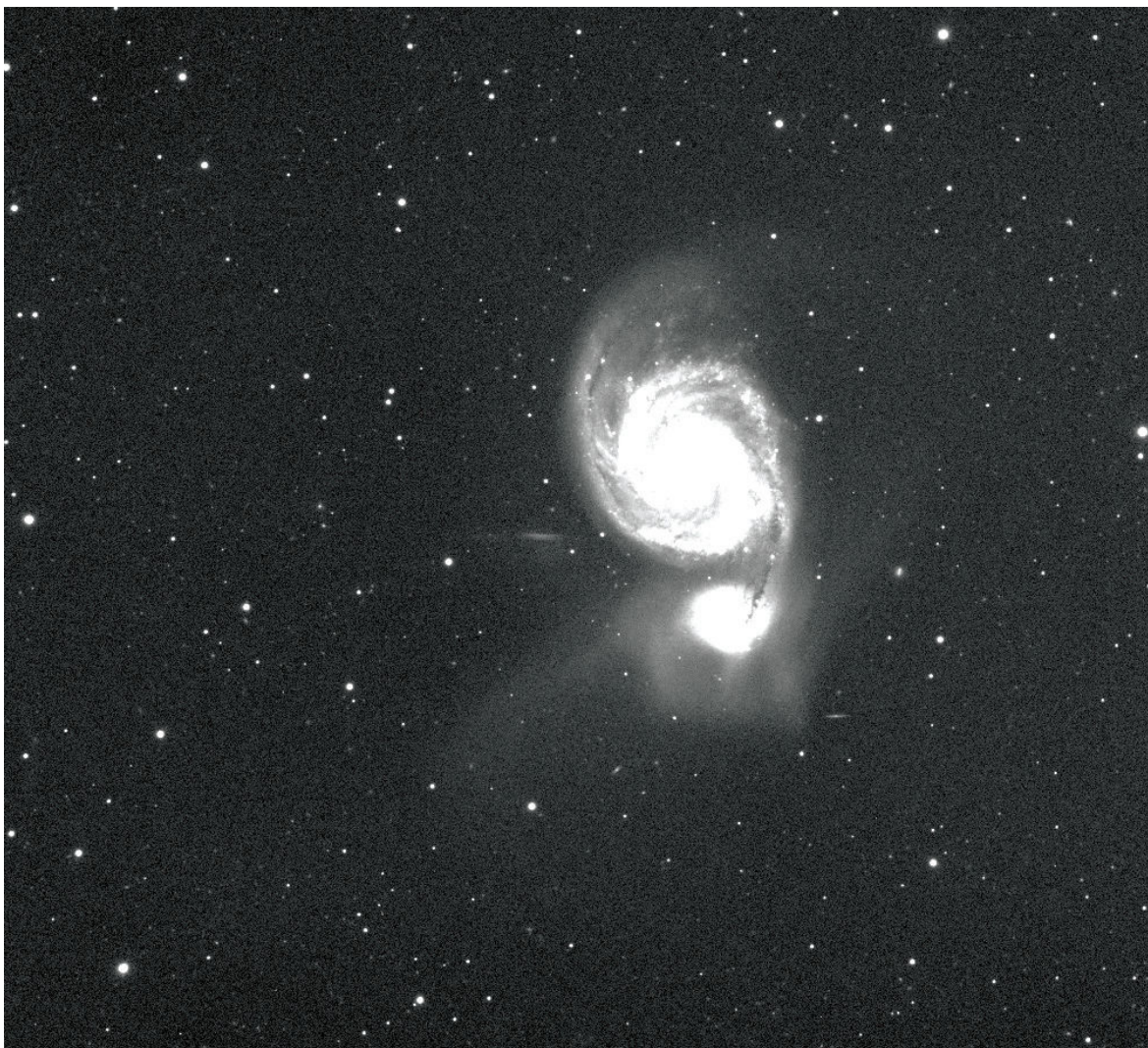
*Figura B1. Reducătorul EdgeHD 0,7X scurtează raportul focal al telescoapelor Edge HD și menține imagini clare pe întreg câmpul vizual. Acest lucru permite fotografilor să obțină același raport semnal-zgomot la obiecte extinse cu un timp de expunere redus la jumătate și face obiectele de cer profund slab luminoase accesibile aparatelor foto DSLR.*

## Reducătorul de focala EdgeHD 0.7x



Matricea spot arată că majoritatea luminii ajunge în sau în apropierea discului Airy, cu puțină răsfrirare în lumină roșie. Desenată la aceeași scară ca și cele pentru telescoapele Edge HD, aceste matrice spot arată că imaginile stelelor produse cu reducătoarele de focală sunt mai strânse decât cele ale telescoapelor. Pentru astronomii care doresc să realizeze imagini ale nebuloaselor puțin strălucitoare în RGB, reducătorul 0,7X este indispensabil - reduce timpul de expunere necesar pentru a obține aceste imagini, fără a trage în jos rezoluția și calitatea imaginii.

## Imagine de Andre Paquette



*Imaginati-vă emoția vederii primelor imagini pe care le-ați realizat cu un Celstron EdgeHD. Încă de la o primă vedere veți observa că ați reușit să capturați chiar și cele mai puțin strălucitoare detalii. Pe întreg câmpul, dintr-un capăt într-altul, stelele sunt clare și rotunde. În timp ce procesați imaginea, detalii fine încep să apară. Nori de stele, zone delicate de praf, zone subtile de hidrogen – totul este acolo datorită abilităților astronomului amator și a telescopului EdgeHD. Imaginea prezentată aici este o imagine monocromă, o singură expunere de 10 minute făcută cu o cameră Apogee U16 (cu cip KAF-16803) și un telescop EdgeHD 1400 pe o montură CGE Pro.*



Copyright pentru prezenta traducere:  
STARMAX S.R.L.