

## OSNOVE TELESKOPA IV

Najvažniji dio teleskopa svakako je objektiv, no kaže se da je okular pola teleskopa. To je djelimice točno, no da bismo teleskop koristili na pravi način potrebno nam je nekoliko takvih "polovica" – okulara.

### OKULARI

Okular je sustav leća koji omogućava da se poveća i promatra slika dobivena objektivom teleskopa. Svaki okular određen je s dvije veličine: žarišnom duljinom i veličinom vidnog polja. Ostali parametri svakog okulara prvenstveno ovise o tipu okulara, kvaliteti izrade i kvaliteti materijala.

#### Žarišna duljina

Fokusna duljina teleskopa se može kretati od oko 500 mm pa sve do 4000 mm i više. Kakav god teleskop imali želimo iskoristiti sve njegove mogućnosti. Tako i imati najveći mogući raspon povećanja koji je primjeren tom teleskopu. Okularima različite žarišne duljine biramo povećanje teleskopa. Danas postoje okulari fokusnih duljina od 2,5 pa sve do 100 mm. Uz takav raspon fokusnih duljina moguće je za bilo koji teleskop izabrati bilo koje povećanje u rasponu od oko 40 pa do 600 puta. (Podsjećam: povećanje teleskopa = žarišna duljina objektiva/žarišna duljina okulara)

#### Vidno polje

Vidno polje okulara je veličina slike koju daje okular, a izražava se u kutnim stupnjevima. Postoji prividno vidno polje (okulara) i stvarno vidno polje (teleskopa). Prividno vidno polje je promjer u stupnjevima kruga koji se vidi kada kroz okular gledamo prema svijetloj pozadini. Kreće se od oko 20° pa do 90°. Stvarno vidno polje je vidno polje teleskopa kojeg vidimo kroz okular a obično iznosi do 1°. (Podsjećam: Stvarno vidno polje = Prividno vidno polje/Povećanje teleskopa). Standardna veličina vidnog polja je oko 50°. Da bismo usporedili veličinu vidnog polja dvaju okulara dovoljno je da pogledamo kroz njih u svijetlu pozadinu (dnevno nebo) s oba oka istovremeno, držeći ih kao da držimo dvogled i da preklopimo krugove koje vidimo. Koji okular ima veći krug taj ima i veće vidno polje.

#### Oštrina i kvaliteta slike na rubu vidnog polja, kontrast i raspršena svjetlost

Gore navedene osobine su one po kojima se okulari razlikuju po svojoj kvaliteti (i cijeni). Kod ocjenjivanja oštine razlikujemo središte vidnog polja i okolni dio vidnog polja sve do ruba. Za oštrinu središta vidnog pola najbitnija je kvaliteta njegove izrade, a za kvalitetu slike bliže rubu vidnog polja najbitniji je dizajn okulara tj. tip. Kod širokokutnih okulara naročito je bitna ta kvaliteta zbog same veličine vidnog polja, stoga se i krenulo u doradu *Erffe* okulara koja je na kraju dala i "monstrume" od 1 kg s preko 80° vidnog polja. Za kontrast i raspršivanje svjetlosti (duhovi) također je odgovorna kvaliteta izrade leća (brušenje i poliranje te obrada rubova), i kvaliteta antirefleksnih presvlaka. Mjerilo za kontrast su suptilni detalji površine Marsa ili atmosfere Jupitera, a u većem mjerilu refleksi kod promatranja svijetlih zvijezda i planeta, pa i Mjeseca.

#### Svjetlosna transmisija

Da bi svjetlosna transmisija bila što veća koriste se antirefleksne presvlake koje smanjuju refleksiju svjetlosti na površini stakla. Postoji dvije vrste presvlaka: jednostruke (coated) i višestruke (multicoated). Kao antirefleksni materijali koriste se slojevi  $MgF_2$ ,  $TiO_2$  i  $SiO_2$ . Jednostruke presvlake smanjuju gubitke svjetlosti na 1,5% a višestruke na 0,25%. Oznake na okularima mogu biti slijedeće i znače:

*Coated or single-coated* : jedna optička površina u optičkom sustavu je presvučena s jednostrukom antirefleksnom presvlakom

*Fully coated* : sve optičke površine su presvučene jednostrukom antirefleksnom presvlakom

*Multicoated* : barem jedna optička površina je presvučena višestrukom antirefleksnom presvlakom a sve ostale su presvučene jednostrukom ili nisu uopće.

*Fully multicoated* : sve optičke površine presvučene su višestrukim antirefleksnim presvlakama.

Primjer: Jedna leća bez antirefleksne presvlake propušta 96% svjetlosti. Okular sa 6 takvih leća propušta 78% svjetlosti. Isti okular sa *fully multicoated* presvlakama propušta 98.5% svjetlosti.

## **Eye relief**

To je udaljenost na kojem se mora nalaziti oko da bi se vidjelo cijelo vidno polje okulara. Kod malih žarišnih duljina *eye relief* je obično od 2 do 5 mm, dok je kod većih žarišnih duljina veći i *eye relief*. Ta je vrijednost bitna za one koji nose naočale i trebala bi biti veća od 17 mm. Odnedavno su se pojavili okulari koji u cijelom svom rasponu žarišnih duljina (2,5 do 50 mm) imaju istu vrijednost *eye reliefa*, i to 20 mm. Ako koristimo *barlow* leće (ili *powermate*) dobivamo na povećanju bez promjene *eye reliefa*.

## **Tipovi okulara**

Razvojem optike razvijali su se i okulari. Postoji nekoliko osnovnih tipova astronomskih okulara:

*Huygens* – samo nešto bolji od jedne leće (lupe). Standardni prije stotinjak godina, danas se više ne koriste (mogu se pronaći u starim mikroskopima). Imaju malo vidno polje, zakrivljenu ravninu fokusa, sfernu aberaciju itd.

*Ramsden* – nešto bolji tip od prethodnog s dvije identične plankonveksne leće razdvojene za dvije trećine svoje žarišne duljine. Samo za teleskope s *f-brojem* većim od 12.

*Kellner* – je ustvari *Ramsdenov* tip okulara s tom razlikom što je leća bliže oku akromatska, što doprinosi većoj kvaliteti slike i većem vidnom polju, te prihvatljivoj kvaliteti slike na teleskopima do *f-broja* 8. Danas se takvi okulari koriste u jeftinijim teleskopima i naročito dalekozorima.

*RKE* – kompanija Edmund Scientific proizvela je varijaciju *Kellner* okulara s akromatskom lećom s donje strane okulara, a ne one koja je bliže oku. To se pokazalo kao kvalitetnije rješenje i danas se proizvodi naveliko. *RKE* dostiže vidno polje od 45° i po kvaliteti se približava ortoskopskim okularima.

*Monocentric* i *tolles* – smatraju ih kraljevima među okularima s izuzetnom korekcijom kromatske aberacije i s vidnim poljem između 17 i 25°. Cementirani triplet čini leću koja je deblja no što je šira, a glavna konstrukcijska karakteristika je ta da je centar zakrivljenosti svih leća na istom mjestu. Neprevaziđeni su za promatranje planeta i dvojnih zvijezda.

*Orthoscopic* – prije tridesetak godina standardni astronomski okular, sinonim za optičku perfekciju. Sastoji se od tripleta leća udaljenijih od oka i jedne leće (singleta) koja je bliže oku. I danas je cijenjen, naročito *Zeiss Abbe okulare*.

*Plössl* – također "derivat" *Kellnerovog* okulara s obje leće akromatske. Danas je to standardni astronomski okular obično visoke kvalitete s vidnim poljem od 50° do 55°, koji može kvalitetom slike zadovoljiti na teleskopima sve od *f-broja* 6. Dobro napravljen, prevazilazi kvalitetu ortoskopskog okulara.

*Erfle* – dizajniran da bi imao što veće vidno polje koje iznosi do oko 65°, koliko iznosi i vidno polje oka. Kvaliteta slike u centru vidnog polja je dobra, ali brzo opada kako se približavamo

rubu. Danas su prevaziđeni kvalitetom ali privlačni cijenom, jer nude veliko vidno polje prihvatljive kvalitete na teleskopima do  $f$  – broja 8.

*Super Wide* – unaprijeđen *Erffle* okular koji u vidnom polju iste veličine ima kvalitetniju i oštrijju sliku, od centra vidnog polja pa sve do njegovog ruba. Neki tipovi su prilagođeni teleskopima s  $f$ -brojem 4, ali je njihova cijena značajna.

*Ultra Wide* – u ranim osamdesetim Al Nagler (američki optičar) uvodi potpuno novi tip okulara s vidnim poljem od preko 80°, sa slikom koja je oštra od ruba do ruba vidnog polja na svim teleskopima s  $F$ -brojem do 8, a zadovoljavajuće oštra do  $F$ -broja 4. Slika koju daju ovi okulari (ili njihove dobre kopije: Meade Ultrawide, Wide Scan i dr.) kroz bilo koji teleskop su takve da oduzimaju dah i čovjek ima dojam da gleda kroz prozor svemirskog broda. Poneki modeli tih okulara su takve veličine da se uz njih mora koristiti poseban uteg za uravnoteženje teleskopa.

#### *Zoom okulari*

Zoom okulari su zgodne igračke koje nikada ne mogu dostići kvalitetu dobrog okulara fiksne žarišne duljine ali imaju svoju dobru stranu (naročito oni kvalitetni) što u jednom okularu imamo cijeli set okulara i pružaju nam dojam putovanja kroz svemir. Vidno polje im je manje (45-50°) kod malih povećanja, a veće (55-65°) kod većih povećanja. Bitno je kod njih da ih ne moramo izoštravati s promjenom povećanja. Zbog većeg broja leća no obični okulari, trebaju biti *fully multicoated*.

#### **Barlow i powermate**

*Barlow* leća, nekada vrlo jeftina i nekvalitetna, danas je nezamjenjivi dio optičke opreme. To je negativna leća (obično dublet) koja se stavlja ispred okulara i djeluje tako da produžuje žarišnu duljinu teleskopa (obično 2, 2,5 ili 3 puta), pa je krajnji rezultat upotrebe *Barlowa* 2, 2,5 ili 3 puta veće povećanje teleskopa. Budući da djeluju na teleskop povećanjem  $f$ -broja, u isto vrijeme povećava kvalitetu slike u odnosu na oštrinu do ruba vidnog polja, a ne utiče na *eye relief*.

Powermate – još jedno optičko čudo Al Naglera – je što i *Barlow*, ali se sastoji od četiri leće (dva dubleta) i radi mnogo kvalitetnije. Za sada postoji *powermate* 2.5, 4 i 5x što znači da produžuju fokusnu duljinu teleskopa 2.5, 4 tj 5 puta.

#### Promjer okulara (*barell*)

Svjetski standard za promjer okulara je postao promjer koji se proizvodi u Americi: 31,7 mm (1,25 inča). Japanci su za jeftinije modele teleskopa nametnuli promjer okulara od 24,5 mm (manje materijala – jeftiniji proizvod). U novije vrijeme – vrijeme *Ultra Wide* okulara – nastao je standard od 50,8 mm ili 2 inča koji je potreban i kod astrofotografiranja s kvalitetnijim optičkim sustavima. Okulari starijih mikroskopa imaju standardni promjer od 23 mm dok noviji imaju 30 mm u promjeru. Dobro je imati fokuser teleskopa za okulare najvećeg promjera (50,8 mm) a napraviti adaptore za okulare koje zaista imamo.

Imamo li kvalitetan teleskop (objektiv) isplati se imati i kvalitetne okulare. Neki preferiraju set okulara jednog proizvođača, no čini mi se da je bolja solucija odabrati okulare raznih proizvođača prema vlastitim potrebama, i po mogućnosti nakon probe na vlastitom teleskopu. Ipak, možemo li nabaviti set najskupljih okulara vjerojatno nećemo pogriješiti.

No, ako si to ne možemo priuštiti, dobra je ideja skinuti okulare s nekog dalekozora ili iskoristiti mikroskopske, okulare pogotovo one novije generacije. Barlow leće i to kvalitetnije od nekih teleskopskih barlowa možemo pronaći pod imenom telekonverteri (može i polovne) koje oprezno rastavimo a leće ugradimo u cijev vanjskog promjera takvog da ulazi u fokuser teleskopa kao da je okular. Gornji dio te cijevi mora imati unutrašnji promjer takav da se u nju može umetnuti okular. Takvi fotografski barlowi su obično faktora 1.5 do 2 tj. toliko puta povećavaju fokus teleskopa.

Koje ćemo okulare izabrati (ako možemo birati) ovisi najviše o nama samima i našem zanimanju: zanimaju li nas planeti ili dvojne zvijezde (tada vjerojatno imamo refraktor ili katadioptrski teleskop *f-broja* 10), biramo ortoskopske ili *Plössl* okulare (*Monocentric* ili *Tolles* su izuzetno rijetki), i to za veća povećanja (7 – 10 mm fokusa), a za manja *Kellner* ili *Plössl* od 20 do 40 mm. Glavni kriterij trebao bi biti proizvođač, npr. Zeiss ili TeleVue. Po mnogim testovima, upravo ova dva proizvođača su kvalitetnija od ostalih (i skuplja).

Zanimaju li nas velika vidna polja, maglice i zvjezdani skupovi (tada vjerojatno imamo reflektor *f-broja* 4 do 6) biramo *Erffle* ili još bolje neke *Ultra Wide* okulare za manja povećanja (15 do 25 mm fokusa), a opet ortoskopske ili *Plössl* za veća (3 do 7 mm fokusa). Kod ovih teleskopa postićemo veća povećanja s okularima koji imaju mali *eye relief* pa je *Barlow* ili *powermate* neophodan. Ako je Dobson u pitanju, (koji obično nije motoriziran) veliko vidno polje kod većih povećanja je korisno i zbog toga što je objekt promatranja duže u vidnom polju.

Pravila kojeg se treba pridržavati kada kupujemo prve okulare za teleskop glasi: za najmanja povećanja kupite najskuplji okular koji si možete priuštiti a za najveća povećanja najjeftiniji.

Korisno je znati što znače slijedeće oznake na nekim okularima:

H = Huygens

R = Ramsden

AH = Akromatski *Huygens*

HM = *Huygens Mittenzwey*

SR = Simetrični *Ramsden*

OR = Ortoskopski

K = *Kellner*

RK = *Reverzni Kellner*

PL = *Plossl*

SWA = *Super wide angle*

UWA = *Ultra wide angle*

Zlatko Ciganj