

OSNOVE TELESKOPA II

Teleskop nam omogućava da opažamo nebeske objekte slabijeg sjaja ili sitnijih detalja no što možemo golim okom. Svaki teleskop sastoji se od objektiva i okulara. Objektiv sakuplja svjetlo nebeskih objekata i stvara njihovu sliku u svojem žarištu. Okular povećava tu sliku i omogućava njeno gledanje.

Karakterizaciju nekog teleskopa i njegove iskoristivosti (kvalitete) moguće je samo ako opišemo (poznajemo vrijednost) slijedeća tri pojma: objektiva, f-broja i okulara.

Objektiv i njegova kvaliteta odgovorni su za kvalitetu slike koju daje teleskop, pa se zbog toga često opisuju samo karakteristikama njihovih objektiva.

Najvažnija karakteristika bilo koje vrste objektiva (leće ili zrcala) je njegov promjer.

PROMJER OBJEKTIVA

Većim promjerom objektiva dobivamo svjetliju sliku, bolju rezoluciju slike i veći kontrast što nam pruža mogućnost korištenja većeg povećanja.

1. Svjetlosna snaga

Mjera za količinu svjetla koju skuplja objektiv se izražava u relativnim jedinicama a naziva se svjetlosna snaga. Broj je to koji nam kaže koliko puta više svjetlosti skuplja objektiv od ljudskog oka a računa se:

$$S = (D / 7)^2$$

gdje je: S = svjetlosna snaga

D = promjer objektiva

Za otvor zjenice uzima se 7 mm, za oko koje je prilagođeno tami. Vrijednost varira s godinama i individualno i to od 6 do 8 mm.

Pa slijedi za 100 mm objektiv: $S = (100 / 7)^2 = 204$

A 406,4 mm (16") objektiv, skuplja 3371 puta više svjetlosti no ljudsko oko.

Iz ovoga se lako može proračunati i do koje zvjezdane veličine (mg) možemo ići uz svjetlosnu snagu objektiva "S", i ako je prostim okom vidljiva zvjezdana veličina 6.

Kako je: $mg = 6 + 2,5 \log(S)$

Tako za 100 mm objektiv: $mg = 6 + 2,5 \log(204) = 11,8$

a za 406,4 mm objektiv: $mg = 6 + 2,5 \log(3371) = 14,8$

Napominjem da je to samo računaska vrijednost koja važi u idealnim uvjetima (bistra vedra noć, bez mjeseca i svjetlosnog zagađenja uz nešto veće povećanje), a ovisi naravno i o optičkoj kvaliteti objektiva te o oku promatrača

2. Moć razlučivanja

Sposobnost razlučivanja teleskopa je druga njegova najvažnija osobina a najviše ovisna o promjeru objektiva. Podrazumijeva se da nivo optičke kvalitete mora biti zadovoljen. Što veći objektiv, veća je moć razlučivanja, tj. vidljiviji finiji detalji slike.

Moć razlučivanja definira se pomoću Dawes-ove granice kao sposobnost optičkog sustava da razdvoji dvije svijetle točke (dvojni zvijezdu) i izražava se u kutnim sekundama (") a računa se relacijom:

$$\text{Dawes-ova granica (")} = 116 / D$$

gdje je D promjer objektiva u mm

pa je za teleskop promjera objektiva 100 mm: $116 / 100 = 1,16 "$

a za teleskop promjera objektiva 406,4 mm: $116 / 406,4 = 0,3 "$

Ova definicija moći razlučivanja nastala je iskustveno, tj. nakon mnogo promatranja u raznim uvjetima i s raznim instrumentima. Bez obzira na to ova vrijednost je ipak teoretska. U praksi možemo biti izuzetno zadovoljni ako postignemo to da razlučimo dvije zvijezde koje su udaljene dvostruku vrijednost od one izračunate ovom formulom. Tu je najviše izražen utjecaj atmosfere koja mora biti savršeno mirna da bi se dostigle izračunate vrijednosti. Ako promatramo dvije zvijezde koje su različitog sjaja razmak koji se još može razlučiti raste s razlikom sjaja. Tu su i detalji slabijeg kontrasta na planetima kod kojih se nikako ne može postići ono razlučivanje koje daje Dawes-ova formula.

3. f-BROJ TELESKOPA

Nakon promjera, najvažnija osobina objektiva je njegov f-broj a izražava se kao omjer između žarišne duljine i promjera objektiva.

$$\text{f-broj} = F / D$$

Često se umjesto žarišne duljine navodi f-broj nekog objektiva.

Na primjer, objektiv promjera 100 mm i žarišne duljine od 1200 mm prema gornjoj formuli:

$$\text{f-broj} = 1200 / 100 = 12$$

F-broj 12 se piše i kao f/12 i ima isto značenje. Koristi se kod fotografskih objektiva u obliku 1:2 ili 1:5.6 itd. i to je njihov f-broj.

Fizikalno (optičko) značenje f-broja je u tome da objektiv s manjim f-brojem imaju deblji konus svjetla koji dolazi do filma (okulara). Deblji konus, više svjetla, kraća ekspozicija. U žargonu postoji izraz brži i sporiji objektiv (teleskop), što je u stvari kraći i duži. Tako su kraći (brži) teleskopi do f/6, a duži (spori) iznad f/10.

Važno je ne smetnuti s uma da je objektiv f/2 brži od objektiva f/4 ali četverostruko brži (a ne dvostruko), tj ekspozicije četverostruko kraće.

Kod vizualnog korištenja teleskopa takva razlika nije zamjetljiva, kod istog promjera objektiva, ali ima efekta zbog različite dužine fokusa. Tako teleskopi f/4 do f/6 uz okulare s dužim fokusom mogu postići najmanje povećanje od 30 do 50 puta i vidno polje od 1 do 3 stupnja. Teleskopi s f-brojem 10 do 12 i više, prilagođeniji su većim povećanjima i manjim vidnim poljima. Iz toga proizlazi da se kraći teleskopi koriste za veće objekte (maglice, zvjezdane skupove) a duži za manje (planete, dvojne zvijezde).

4. OKULAR

Okular je optički element teleskopa koji ima funkciju da poveća sliku koju stvara objektiv i omogućava da tu sliku vidimo. O okularu ovisi povećanje koje će imati teleskop a povećanje se jednostavno računa po slijedećoj relaciji:

$$P = F / f \quad \text{Ili:} \quad P = D / d$$

gdje je: P = povećanje
F = duljina fokusa objektiva (mm)
f = duljina fokusa okulara (mm)
D = promjer objektiva (mm)
d = promjer izlazne pupile (mm)

Glavna karakteristika okulara je njegova žarišna daljina. Ona određuje povećanje teleskopa i veličinu izlazne pupile. Izlazna pupila je promjer izlaznog snopa svjetlosti koja iz okulara ulazi u oko. Promjer tog snopa ne bi trebao biti veći od 7 mm zbog toga što je otvor naše zjenice najviše oko 7 mm, pa širi snop ne bi ni mogao cijeli ući kroz otvor zjenice, niti manji od 0,5 mm jer se tada već ulazi u područje prevelikih povećanja. Promjer izlazne pupile se računa prema:

$$d = D / P \quad \text{ili} \quad d = f / \text{f-broj objektiva}$$

Promjer izlazne pupile lako je mjerljiv jer je to veličina slike objektiva u okularu kada se kroz okular gleda iz daljine.

Za svaki teleskop vrijedi slijedeće ako je D u mm:

Premalo povećanje: $P_{pm} < D/7$
Minimalno povećanje: $P_{min} = D/7$
Malo povećanje: $P_m = D/5$ do $D/3$
Srednje povećanje: $P_s = D/2$
Veliko povećanje $P_v = D$
Maksimalno povećanje $P_{max} = 2.5 D$
Prevelika, nekorisna povećanja $P_p > 2.5 D$

Iz tabele je jasno vidljiv raspon povećanja za pojedine teleskope nastao na osnovu veličine izlazne pupile kao najrealnije (ipak teoretske) vrijednosti.

Povećanje	Promjer izlazne pupile, mm	Teleskop 100 mm, f/12	Teleskop 406,4 mm, f/10
P premalo	>7	<14	<58
P min	7	14	58
P malo	4	25	102
P srednje	2	50	203
P veliko	1	100	406
P max	0.4	250	1016
P preveliko	<0.4	>250	>1016

U realnim uvjetima, stanje atmosfere uvelike utječe na vrijednosti u tablici. Tako da u idealnim atmosferskim uvjetima maksimalno povećanje na bilo kojem teleskopu može ići do 700 ili 800 puta, a u prosječnim noćima moramo se zadovoljiti povećanjima od 200 do

250 puta, bez obzira na promjer teleskopa. Naravno uz veći promjer vidimo slabije sjajne objekte, a često želimo imati što manje povećanje zbog veličine objekta koji treba stati u vidno polje okulara.

Osim dužine fokusa nekog okulara važan je podatak i o njegovom vidnom polju. Uz pomoć tog podatka možemo doći do vrijednosti vidnog polja teleskopa, što je značajna karakteristika optičkog sustava teleskopa, na slijedeći način:

$$VP_{tel} (^\circ) = pVP_{ok.} / P$$

$$VP_{tel} (^\circ) = (dd_{ok.} / F) \times 57.3$$

gdje je: VP_{tel} = vidno polje teleskopa

$pVP_{ok.}$ = prividno vidno polje okulara

P = povećanje

$dd_{ok.}$ = promjer dijafragme okulara

F = žarišna duljina objektiva

Vidno polje teleskopa važno je ne samo zbog toga da objekt koji se promatra stane unutar vidnog polja nego i zbog toga da je što duže u vidnom polju teleskopa, ako teleskop nije "motoriziran".

Postoji još jedna vrijednost koja je bitna za promatrače koji nose naočale. To je vrijednost "eye relief", ili udaljenost na kojoj mora biti oko promatrača da bi se vidjelo cijelo vidno polje teleskopa. Do današnjih dana je bilo pravilo da okulari s velikom žarišnom duljinom imaju duži "eye relief" a okulari s kraćom, kraći "eye relief". Tako su okulari od 3, 4 ili 5 mm žarišne duljine bili nekorisni za one koji moraju promatrati s naočalama. No odnedavno su se počele proizvoditi cijele serije okulara (žarišne duljine od 2 pa do 40 mm) koji u sebi imaju elemente s egzotičnim vrstama stakla (lantanovo) koji svi imaju "eye relief" od 20 mm i koji su prilagođeni promatračima s naočalama a i svim ostalima zbog komfornog promatranja.

Zlatko Ciganj

FORMULE TELESKOPA	
F-BROJ OBJEKTIVA	= žarišna duljina objektiva / promjer objektiva
POVEĆANJE	= žarišna duljina objektiva / žarišna duljina okulara
POVEĆANJE	= promjer objektiva / promjer izlazne pupile
IZLAZNA PUPILA (mm)	= promjer objektiva / povećanje
IZLAZNA PUPILA (mm)	= žarišna duljina okulara / f-broj objektiva
VIDNO POLJE (°)	= prividno vidno polje okulara / povećanje
VIDNO POLJE(°) objektiva) x 57.3	= (promjer dijafragme okulara / žarišna duljina
DAWES-OVA GR. (")	= 116/ promjer objektiva u mm
SVJETLOSNA SNAGA	= (promjer objektiva / promjer otvora zjenice) ²