

Astronomska fotografija za butalce



ANDREJ KREGAR

→ Začnimo zgodbo o astronomskem fotografiranju tako, kot se za zgodbe spodobi.

Nekoč, v davnih časih, se je fotografiralo s fotoaparati in pogovarjalo po telefonih. Če si kupil motor, si dobil tudi navodila za uporabo. V njih je pisalo, kakšna mora biti in kako se nastavi zračnost ventilov.

Potem se je zgodil *napredek*. Zdaj fotografiramo s telefoni in se pogovarjamo po fotoaparatih. Če kupimo motor, dobimo tudi navodila za uporabo. V njih pa piše, da tekočina v akumulatorjih ni primerna za pitje. *Napredek* je koristna zadeva. Če ga imajo Tepančani, dajmo, imejmo ga še mi!, so bili navdušeni Butalci. In so namesto tablic čokolade začeli s seboj nositi pametne telefone. Ali so to morda pametni fotoaparati, ki mislijo in odločajo namesto njih? Butalcem so v veliko korist. Recimo fotografirajo Luno! Le kako jim to uspe?

To vam bo povedala ta zgodba, ampak prej pogledajmo še nekaj stvari. Luna je daleč, majhna je, planeti so še manjši, imeti moramo torej lečje, ki nam bo Luno približalo in ki ima dobro kotno ločljivost.

Ločljivost optičnega sistema je omejena z aberacijo in difrakcijo. Oba pojava sta med seboj nepovezana, aberacijo povzroči slabo načrtovanje in/ali izdelava optičnega elementa. Aberacij je več: krogelna aberacija, barvna aberacija, astigmatizem, popačenje. Do difrakcije pride zaradi valovne narave svetlobe in jo lahko razložimo z valovno optiko. Na aberacijo lahko vplivamo z globino svojega žepa – dražje lečje bo verjetno imelo manj napak. Na difrakcijo pa lahko vplivamo z izbiro ustreznega, to je čim večjega premera leče.

Kotno ločljivost lahko izračunamo po naslednji formuli:

- Kotna ločljivost $\sin \Theta = \frac{1,22\lambda}{D_{\text{ob}}}$, Θ = vadianih.

Kotno ločljivost običajno podamo v kotnih sekundah. Formula nam kotno ločljivost poda v radianih, za preračun moramo vedeti, da ima 1 radian 206265 kotnih sekund. Za valovno dolžino λ običajno vzamemo valovno dolžino rumene svetlobe, to je 580 nm. Faktor 1,22 je vrednost prve ničle Besslove funkcije prve vrste reda 1, deljene s π . Če bi imeli opravka z režo z vzporednima robovoma in ne okroglo lečo, bi bil ta faktor 1. Ker so koti majhni, lahko mirno rečemo, da je $\sin \Theta = \Theta$.

Kotna ločljivost, ki smo jo tako izračunali, ustreza Rayleighovemu kriteriju. John William Strutt, tretji Baron Rayleigh (1842–1919), je bil vsestranski angleški znanstvenik, fizik. Za odkritje argona je leta 1904 dobil Nobelovo nagrado za fiziko.

Predvsem proizvajalci optičnih sredstev pogosto navajajo ločljivost po Dawesovem kriteriju, ker da ta nekaj boljše rezultate. William Rutter Dawes je bil angleški astronom (1799–1868), ki je to mejo postavil povsem izkustveno. Njegova formula je

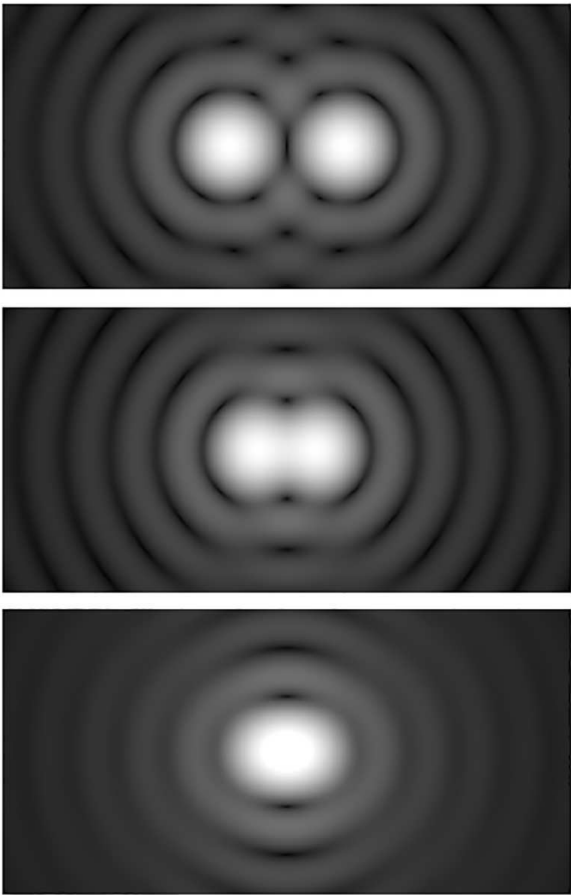
- $\Theta = \frac{4,56}{D_{\text{ob}}}$, D_{ob} = premer leče v colah.

Kotno ločljivost po Dawesu lahko izračunamo tudi po Rayleighovi formuli, vendar moramo za valovno dolžino svetlobe vzeti 562 nm.

Poglejmo še pod kakšnimi zornimi koti vidimo posamezna nebesna telesa (tabela 1).

Zvezde so vedno točkaste, le ozračje, optične aberacije in difrakcija jih razmažejo v večje pike.

Oko z zenico premera 5 mm ima kotno ločljivost okoli 30". Ta je premajhna, da bi lahko s prostim očesom na Luni videli kakšne podrobnosti. Daljnogled s premerom objektiva 50 mm ima kotno ločljivost 3", kar že zadostuje za opazovanje kraterjev na Luninem površju. V primeru dobre vidljivosti bomo s takim daljnogledom zaslutili tudi Saturnov kolobar, opazili štiri velike Jupitrove satelite, Sončeve pege in



SLIKA 1.

Airyjev vzorec, kot bi ga povzročili dve enobarvni točkasti svetili, gledani skozi okroglo odprtino. Gornji dve točki še jasno ločimo, srednji dve točki pa sta na kotni razdalji, ki ustreza Rayleighovemu kriteriju. Na spodnji sliki sta dve točki že združeni v eno in ju med seboj le še težko ločimo.

videli bomo, da je Rimska cesta sestavljena iz množice zvezdic. Z daljnogledom, teleskopom ali spektivom s premerom objektiva 100 mm, ki ima kotno ločljivost 1,3", bomo v dobrih pogojih v Saturnovem kolobarju že opazili Cassinijevo ločnico, seveda ob ustreznih izbiri povečave.

Omejena kotna ločljivost optike povzroči še nekaj: omejeno povečavo. Največjo smiselno povečavo lahko ocenimo po preprosti formuli

- Povečava $m \approx 2D_{ob}$, D_{ob} = premer leče v mm.

	min	max
Sonce	31,6'	32,7'
Luna	29,43'	33,5'
Venera	9,7"	66,0"
Jupiter	29,8"	50,1"
Mars	3,5"	25,1"
Saturn	14,5"	20,1" (planet), 34" 45" (obroči)
Merkur	4,5"	13,0"
Uran	3,3"	4,1"
Neptun	2,2"	2,4"

TABELA 1.

Ker leče nimajo omejene ločljivosti samo zaradi difrakcije, ampak tudi zaradi aberacij, se v praksi še ta povečava pokaže za preveliko. Realno je pričakovati največjo povečavo, ki je enaka premeru objektiva v mm.

Seveda lahko določimo tudi najmanjšo, še smiselno povečavo za določen premer objektiva. Izhodna zenica daljnogleda (premer svetlobnega snopa, ki izhaja iz okularja) je

▪ Izhodna zenica $\Phi = \frac{D_{ob}}{m}$.

Če je premer izhodne zenice daljnogleda večji od premera zenice očesa, del svetlobe ne bo prišel v naše oko. Prav majhne povečave torej niso smiselne.

Do sedaj smo našli dve prednosti velikega premera objektiva: dobra kotna ločljivost in možnost velike povečave. Zlahka pa najdemo še tretjo. Velika površina objektiva pomeni, da bo v naše oko prišlo več svetlobe. Površina zenice premera 5 mm je malo manj kot 20 mm², površina objektiva s premerom 50 mm pa malo manj kot 2000 mm². V naše oko bo ob pogledu skozi daljnogled prišlo 100 krat več svetlobe. S prostim očesom v idealnih pogojih še vidimo zvezde z magnitudo +6, z daljnogledom pa že zvezde z magnitudo +11. Mimogrede smo ugotovili tudi, da je zvezda magnitude +6 kar 100 krat svetlejša od zvezde z magnitudo +11.

