

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik **31** (2003/2004)

Številka 1

Strani 40–46

Marijan Prosen:

IN POTEM SO ZAVLADALI REFLEKTORJI

Ključne besede: astronomija, zrcalni daljnogled, teleskop, reflektor.

Elektronska verzija:

<http://www.presek.si/31/1538-Prosen-reflektor.pdf>

© 2003 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA – založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

IN POTEM SO ZAVLADALI REFLEKTORJI

Reflektor ali zrcalni daljnogled (teleskop) ima za objektiv vboklo (konkavno) zrcalo. O izgradnji reflektorja so razmišljali že v času, ko je živel Galileo Galilei (1564–1642), a do izdelave ni prišlo. Leta 1664 je Anglež Robert Hook sicer izdelal nekakšen reflektor, ki pa je bil tako slab, da sploh ni bil uporaben za astronomska opazovanja.

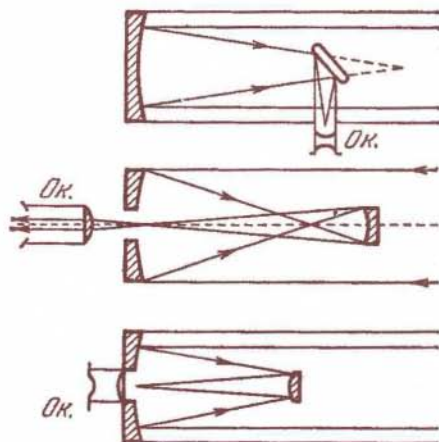
Prvi reflektor, ki je deloval, je uspel leta 1668 sestaviti šele Isaak Newton. To je bil majhen daljnogled. Glavno (primarno) vboklo sferno zrcalo iz poliranega brona je imelo v premeru vsega 5 cm, goriščna razdalja pa je bila 6,5 cm (slika 1). Leta 1671 je Newton izdelal drugi reflektor, s premerom glavnega zrcala 3,5 cm in goriščno razdaljo 16 cm. Z optično osjo vzporedni svetlobni žarki so po odboju na glavnem zrcalu padali na majhno ravno zrcalo, od koder so se odbijali v okular ob boku daljnogledske cevi, kjer je oko (slika 2, zgoraj). Ta newtonovski tip reflektorja se je za opazovanje izkazal za zelo primerne in pripravnega. Uspešno ga uporabljamo še danes. Naj omenimo, da namesto ravnega (sekundarnega) zrcala pri nekaterih reflektorjih uporabljajo stekleno prizmo s totalnim notranjim odbojem, okular pa je vedno leča ali sistem leč, ki deluje kot povečevalno steklo (lupa).



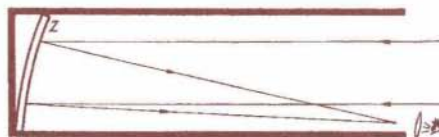
Slika 1. Prvi reflektor, ki ga je izdelal Newton leta 1668. Povečava tega teleskopa je bila menda okoli 25-kratna.

Poleg newtonskega sistema poznamo še druge tipe reflektorja. Pri reflektorju gregoryjevskega tipa po odboju od glavnega zrcala padajo svetlobni žarki na malo vboklo elipsno zrcalo, se od njega odbijajo v okular, ki je postavljen za središčno odprtino glavnega zrcala (slika 2, sredina). Ta sistem ima nekaj prednosti pred newtonovskim. Ker je elipsno zrcalo dlje od gorišča primarnega zrcala, so slike v gregoryjevskem sistemu pokončne, takšne kot npr. v lovskem daljnogledu. Za opazovanje zemeljskih predmetov je to zelo primerno. Tudi glede smeri opazovanja nebesnih teles je praktično, ker jih s takim reflektorjem opazujemo v isti smeri, kot ležijo na nebu.

Če elipsno zrcalo zamenjamo z izbočenim hiperboličnim, dobimo cas-sagrainski tip reflektorja (slika 2, spodaj). Ker svetlobni žarki, ki so se odbili od glavnega zrcala, padejo na hiperbolično zrcalo, predno se združijo v gorišča primarnega zrcala, so reflektorji tega tipa kratki, kar je spet primerno za določena astronomska opazovanja. Seveda so pozneje predlagali še druge tipe oziroma optične sisteme reflektorja (razne kombinacije), vendar so opisani trije najbolj pogosti.

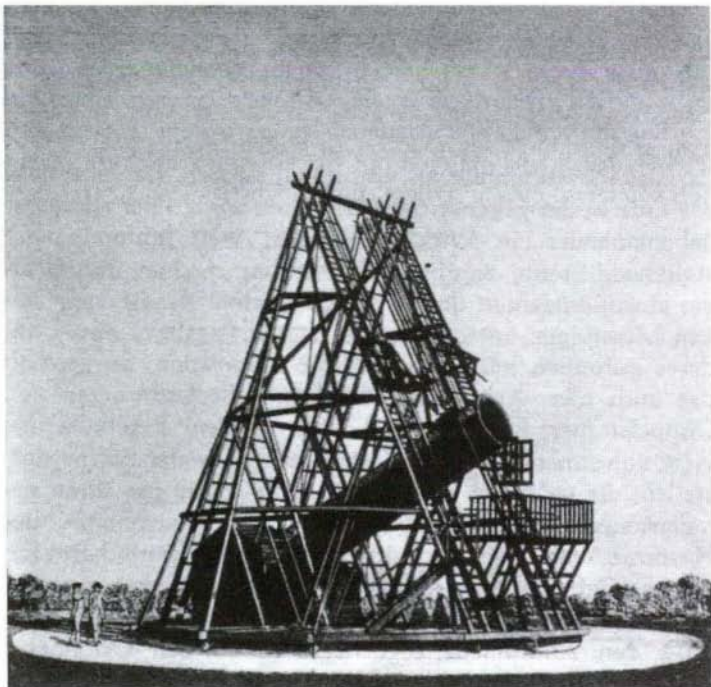


Slika 2. Nekaj tipov reflektorjev – sheme: zgoraj – newtonski tip, sredina – gregoryje-vski tip, spodaj – cassagrainski tip; ok – okular.



Slika 3. Herschel-lomonosovski tip reflektorja – shema. Primarno zrcalo Z je nekoliko nagnjeno k osi cevi daljnogleda, s čimer prihranimo manjše sekundarno ravno zrcalo, kakršno je npr. pri newtonskem tipu reflektorja.

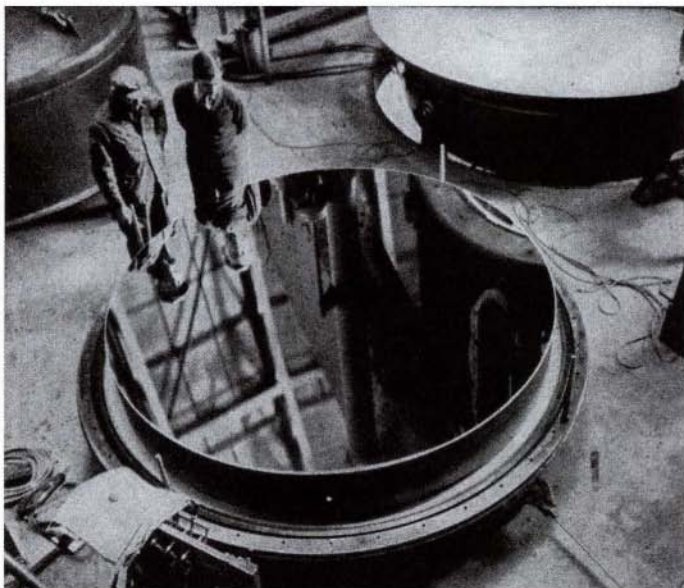
Prvi reflektorji newtonskega tipa, ki so jih izdelali, so bili glede kako-vosti opazovanj dosti slabši od refraktorjev, daljnogledov z lečami, bili so slabši celo od zelo nerodnih zračnih refraktorjev. Vendar pa so v tekmo-vanju z refraktorji končno le iztržili zmago. Glavna prednost reflektorjev je namreč ta, da nimajo kromatične aberacije (barvne napake). Če ima glavno zrcalo obliko rotacijskega paraboloida, pa je možno izničiti tudi tako imenovano sferno aberacijo (vsaj za žarke, ki padajo na glavno zrcalo vzporedno z optično osjo daljnogleda).



Slika 4. Herschlov velikan, zgrajen v začetku 19. stoletja.

Izdelava zrcal je lažja kot za objektivne refraktorjev zelo zahtevno brušenje ogromnih leč. To je že v naprej zagotavljalo uspeh reflektorjev. Ker nimajo barvne napake, je mogoče izdelati svetlobno zelo močne reflektorje, kar ne velja za refraktorje. Gradnja reflektorja z enako velikim objektivom kot refraktor je dosti cenejša kot gradnja refraktorjev.

Seveda imajo pomanjkljivosti tudi reflektorji. Njihove cevi so odprte. V cevi se stalno vrtinčijo zračni tokovi, zaradi katerih pride do neenakomernosti zraka, kar kvari sliko. Površje zrcal, na katerem se odbijajo svetlobni žarki, se hitro kvari, razmeroma kmalu postane motno in potrebuje stalno obnovo. Da dobimo odlične slike, je potrebna skoraj idealna oblika zrcal, kar je težko doseči, saj se pri uporabi (pri opazovanju) oblika zrcala hitro spreminja in kvari zaradi mehanskih obremenitev in temperaturnih sprememb. Kljub tem hibam so reflektorji postali najobetavnejši tip teleskopov.



Slika 5. Zrcalo 2,5 metrskega reflektorja na observatoriju Mount Wilson.

Tako je leta 1721 John Hadley, sicer izumitelj sekstanta, izdelal newtonski tip reflektorja s premerom bronastega zrcala 15 cm in goriščno razdaljo 158 cm. Z njim so z lahkoto opazovali štiri velike Jupitrove sate-lite, pa tudi Cassinijevo ločnico v Saturnovem obroču, ki jo je Huyghens s svojim 37 metrov dolgim zračnim refraktorjem komaj razločil. V Angliji je v sredini 18. stoletja James Short že serijsko izdeloval zelo kakovostne reflektorje. Večina jih je bilo izdelanih po gregoryjevskem tipu, največji med njimi je imel premer glavnega zrcala že 55 cm.

Rus Mihail Vasiljevič Lomonosov (1711–1768) in Anglež William Herschel (1738–1822) pa sta uporabljala pri opazovanjih drugačen tip reflektorja. Glavno zrcalo sta narahlo nagnila, tako da je bila slika oddaljene-ga predmeta, ki jo je dalo glavno zrcalo, blizu vhodne zenice (odprtine) teleskopa. Na tem mestu sta postavila okular. Ta tip reflektorja je imel to prednost, da pri njem ni bilo treba uporabljati vmesnega ravnega zrcala ali prizme, zaradi česar se je izgubljal del sprejete svetlobe. Seveda pa so se lahko pojavljale razne druge napake (koma, astigmatizem, distorzija), ki so bile manj opazne pri drugih reflektorskih sistemih.

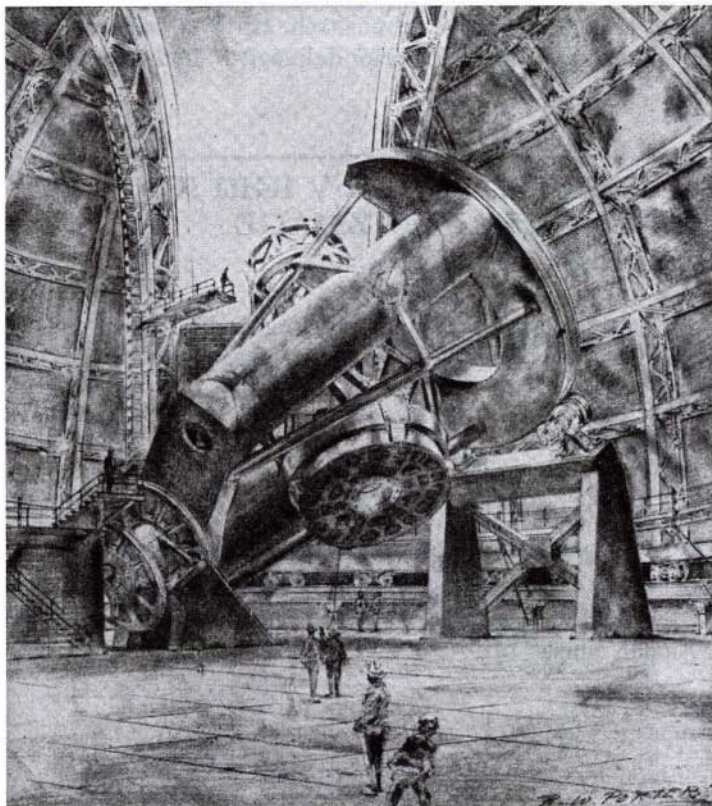


Slika 6. Kupola petmetrskega reflektorja na gori Palomar v ZDA.

Znameniti astronom William Herschel je izdelal več sto reflektorjev, med njimi tudi pravega velikana (težkega skoraj eno tono) s premerom glavnega zrcala 122 cm in goriščno razdaljo 12,5 m, vendar je s tem nerodnežem malo opazoval. Bil je bolj za okras in razkazovanje. Leta 1865 je angleški pivovar William Lassell po dolgotrajnem delu zgradil odličen reflektor s premerom glavnega zrcala 61 cm in z njim 10. 10. 1846 odkril Neptunov satelit Triton. Najbolj zanimivo pri tem je, da so planet Neptun odkrili le malo pred tem, 23. 9. 1846.

Največji reflektor s kovinskim zrcalom je izdelal irski aristokrat William Parsons, lord Rosse. Njegov velikanski daljnogled, rekli so mu Pošast iz Parsonstowna, s premerom glavnega zrcala 2 m (debelino 15 cm) in goriščno razdaljo 14 m je bil zgrajen 1845 in je bil celo namenjen opazovanju. Z njim je lord Rosse odkril spiralno strukturo Andromedine

galaksije (M 31), kar mu tedaj niso verjeli. Odkritje so potrdili šele v 20-tih letih prejšnjega stoletja. Daljnogledska cev je bila dolga 18 m in narejena iz smrekovih desk. Znotraj te cevi je lahko prosto hodil človek z odprtim dežnikom v roki, kar je med drugim storil tudi mestni pastor.



Slika 7. Pogled na petmetrski reflektor (risba).

Nato so zgradili še dosti večje in kakovostnejše reflektorje. Po prvi svetovni vojni so na observatoriju Mount Wilson v ZDA postavili 2,5 metrski reflektor in z njim opravili ogromno astronomskih meritev in opazovanj. Po drugi svetovni vojni pa so ameriški optiki z velikim trudem izdelali tudi glavno (13 ton težko) zrcalo za 5 metrski reflektor z goriščno razdaljo 6,5 m in ga postavili na observatoriju Mount Palomar. Ta daljnogled je zabeležil in seveda še beleži zvezde, ki so milijarde svetlobnih let oddaljene od nas.

Rusi so pozneje na astrofizikalnem observatoriju Zelenčukskaja na Kavkazu postavili mozaični reflektor s premerom vhodne zenice 6 m. Mimogrede, tudi Hubblov vesoljski daljnogled je reflektor.

Izdelava reflektorjev najrazličnejših tipov se nadaljuje. Zdaj na primer pri opazovanju ne uporabljajo več posamičnih daljnogledov, ampak daljnoglede, ki so sestavljeni iz dveh, treh, štirih in tudi več velikanskih reflektorjev (mreža). Takšen "mrežni daljnogled" ima zelo veliko skupno ločljivost.

Marijan Prosen
