

Sonce, Luno, planete vidimo v določenem zornem kotu. Kaj pa številne zvezde, ki jih na nočnem nebu vidimo kot bolj ali manj svetle pike, kot točke brez razsežnosti. Z očmi jih res vidimo kot pike, toda z uporabo posebnih inštrumentov in posebnih načinov (metod) opazovanja pa tudi pri zvezdah zaznamo njihovo kotno razsežnost. Saj so to vendar bolj ali manj velika vesoljska telesa, žareče krogle razbeljenih plinov (poenostavljeno). Samo zelo daleč so. Vse je odvisno od zmogljivosti, natančneje od ločljivosti inštrumenta, s katerim opazujemo. Na vprašanje Ali zvezde vidimo v zornem kotu, torej lahko odgovorimo z: Da. Neverjetno, a resnično. Najbrž ste zaprepani, ko ste zvedeli, da so tudi zvezde vidne v določenem zornem kotu, da imajo tudi zvezde zorne kote. Ja, res jih imajo, ampak skrajno, skrajno majhne, rečemo ekstremno majhne kote, tako zelo majhne, da si jih komaj ali pa sploh ne moremo predstavljati.

Zorni kot zvezde

Pri pogledu z Zemlje je Sonce vidno v zornem kotu okoli $0,5^\circ$ ali $30'$, Venera, ko nam je najbližje, je vidna v kotu okoli $1'$, Jupiter v opoziciji s Soncem v kotu okoli $50''$, Mars v opoziciji okoli $25''$, Saturn $20''$, Uran $4''$, Neptun $2,4''$, planetoidi pod $1''$, vse zvezde pa vedno pod $0,06''$. Tako je kot $0,06''$ (šest stotink kotne sekunde) največji zorni kot zvezde (meja), v katerem je sploh kakšna zvezda zaznavna iz Zemlje, vse druge zvezde so 'vidne' v manjšem kotu.

Človeško oko ima ločljivost* okoli $5'$ (okoli pet kotnih minut), daljnogled z odprtino (vhodno zenico ali premerom objektiva) 5 cm okoli $3''$, 10-centimetrski okoli $1,4''$, $1,2\text{-metrski}$ okoli $0,1''$, 6-metrski optični zvezdni interferometer, ki je deloval v letih 1920-1930 na astronomskem observatoriju na gori Wilson (Kalifornija, ZDA), okoli $0,02''$, 180-metrski intenzitetni zvezdni interferometer v Narrabriju (Avstralija), ki deluje od leta 1965 dalje pa okoli $0,0008''$, kar je pošastno velika ločljivost.

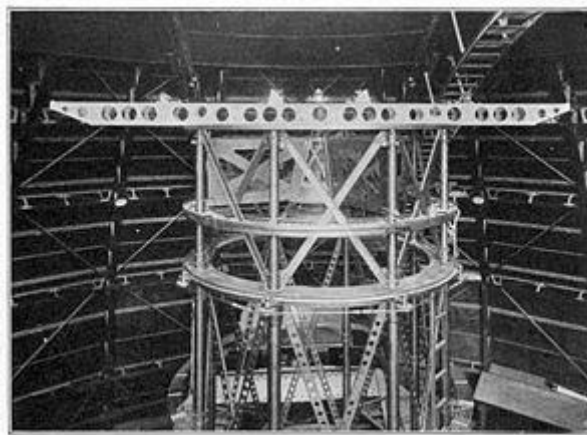
Poglejmo, kaj razločimo s prostimi očmi, to je, v kakšnem zornem kotu kakšno nebesno telo še vidimo. Lahko smo razočarani, samó Sonce razločimo na nebu in nič več. Tudi zornega kota Venere ne moremo zaznati z našimi očmi, čeprav pogosto pripovedujejo, kako zelo velika je včasih Venera na nebu. A takrat je velika bolj zaradi njenega zelo močnega sija okoli -4 . magnitude, kar daje vidni vtis velike navidezne velikosti planeta. Kaj šele, da bi z našimi očmi zaznali zorni kot Marsa, Jupitra, ..., sploh pa ne zvezd. Oko odpove že takoj v začetku, na drugi oviri. Razširimo vhodno zenico, pa potem ostreje vidimo, manjši kot razločimo.

.....
* Ločljivost opazovalnega inštrumenta je sorazmerna valovni dolžini svetlobe, v kateri opazujemo (555 nanometrov), in obratno sorazmerna premeru objektiva (odprtine, vhodne zenice). Čim manjši kot med dvema točkastima svetiloma (npr. zvezdama) razločimo, tem večja je ločljivost.

S 5-centimetrskim dvogledom že razločimo planete kot majčkene okrogle ploskvice na nebu, vse tja do Saturna jih vidimo v določenem zornem kotu, z Uranom in planetoidi pa so že težave. Vzamemo spet zmogljivejši daljnogled z večjo vhodno zenico. Nekaj časa to gre. Ampak ne v nedogled. Pri zvezdah se ustavi. Tudi z zelo zmogljivimi daljnogledi jih vidimo kot točke.

Toda kakšen daljnogled neki bi morali vzeti, da bi razločili zvezdo oziroma, da bi jo videli v zornem kotu? Hm, seveda dovolj zmogljiv, z zelo veliko ločljivostjo, zraven pa bi si morali izmisliti še kakšen posebni način opazovanja. To je bila silna želja številnih astronomov preteklosti, od Galileja (1610) dalje, a se jim stvar ni posrečila. Poskušali so že, vendar jim ni uspelo.

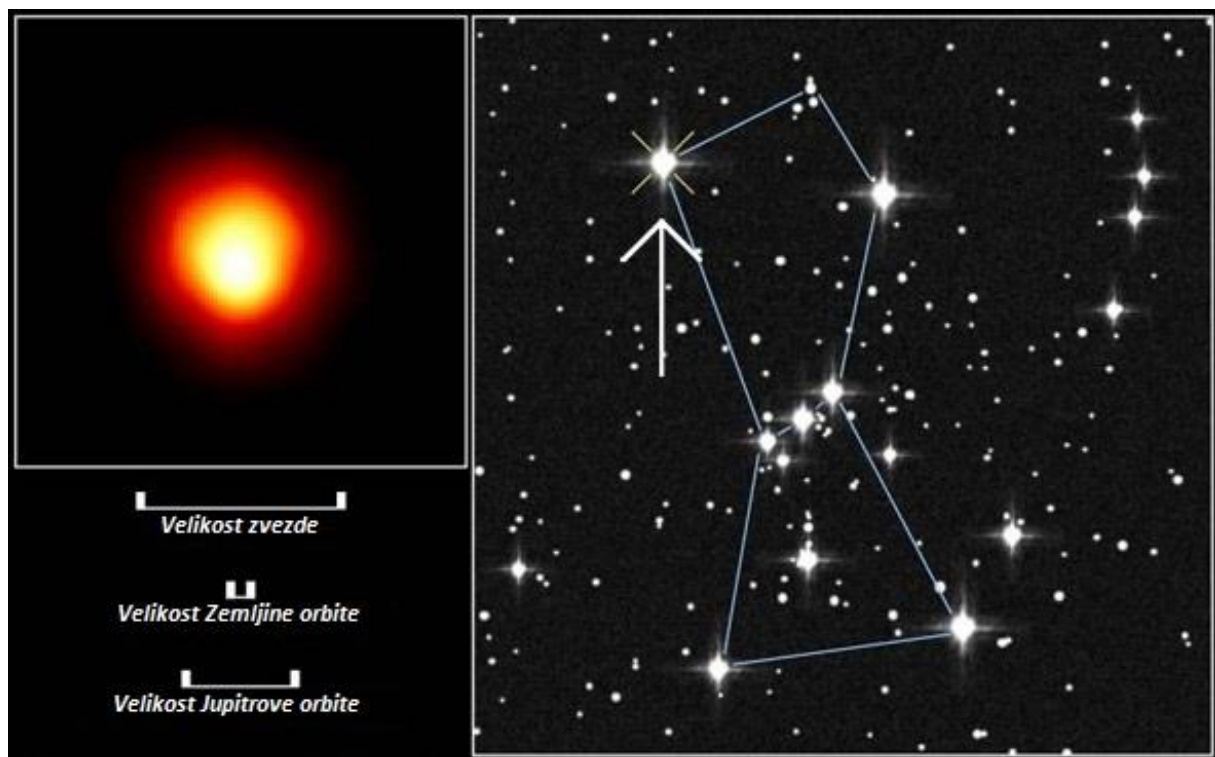
Uresničili pa so jo na astronomskem observatoriju Mt. Wilson, in to v prvi četrtini prejšnjega stoletja. Tam so najprej izdelali in namenili v uporabo 2,5-metrski reflektor (1917–1949 največji daljnogled na svetu) s teoretično ločljivost $0,06''$, praktično ločljivost pa še malenkost slabšo. Tako z njim ni bilo mogoče neposredno izmeriti zornega kota zvezde $0,06''$. Potem pa so si izmislili še posebni 6-metrski nastavek, ki so ga pričvrstili na obstoječi reflektor. Z novo nastalim inštrumentom, 6-metrskim optičnim zvezdnim interferometrom, so povečali ločljivost na $0,02''$. Inštrument s takšno ločljivostjo pa je že mogel razločiti kot $0,06''$, to je izmeriti zorni kot zvezde.



Na vrh 2,5-metrskega reflektorja so nataknili kovinski tram s štirimi glede na optično os reflektorja simetričnimi ravnimi zrcali in s tem sestavili 6-metrski optični zvezdni interferometer. Z njim so izmerili prvi zorni kot zvezde. Obsežno teorijo interferometričnih meritev zornih kotov zvezd tu pustimo ob strani, saj nas zanimajo samo rezultati meritev.

S tem inštrumentom so s pomočjo interference svetlobe, ki je prihajala od merjene zvezde preko odbojev na ravnih zrcalih v gorišče reflektorja, sredi decembra leta 1920 prvič izmerili zorni kot zvezde. Ta, za vse astronomske dni najbolj slavna zvezda, je bila Betelgeza v ozvezdju Orion, njen izmerjeni zorni kot pa je bil $0,047''$.

To je bila prva, zgodovinska meritev zornega kota zvezde, ki je tudi potrdila teoretični izračun $0,04''$ za zorni kot te zvezde. Pri tedanji znani paralaksi oz. oddaljenosti zvezde so nato še določili radij zvezde in ga ocenili na okoli 450 radijev Sonca. S tem so potrdili teoretične izračune in razmišljanja, da v vesolju obstajajo zvezde, ki so po linearnih razsežnostih, to je po radijih veliko večje od Sonca, da torej obstajajo orjakinje in nadorjakinje. S tem 6-metrskim in pozneje s 15-metrskim optičnim zvezdnim interferometrom so od leta 1920 do leta 1939 izmerili zorne kote okoli petnajstim zvezdam, ki so bile večinoma nadorjakinje poznega spektralnega tipa kot Betelgeza. Izmerjeni zorni koti pa so bili od $0,02''$ do $0,05''$. Z meritvami so prenehali po letu 1939 predvsem zaradi izredno velikih težav pri povečanju ločljivosti tega tipa zvezdnega interferometra.



Lega zgodovinske zvezde Betelgeze (puščica) v ozvezdju Orion.

Kmalu nato so v astronomsko prakso uvedli nove načine merjenja zornih kotov zvezd, in sicer v glavnem iz Luninih zakritij ali okultacij zvezd (med drugo svetovno vojno in pozneje) in z intenzivnimi zvezdnimi interferometri (od 1958 dalje). Ločljivosti novih intenzivnih interferometrov skupaj s teorijo in načini so tako velike, da lahko izmerijo zorne kote zvezd pod $0,001''$, to je tako majhen kot, za kakršnega smo včasih mislili, da ga je sploh nemogoče izmeriti. Pisati o teh meritvah pa je že povsem nova astronomska zgodba, ki prerašča okvir spisov za rubriko *Domoznanstvo*. Je le nekoliko prezahtevna vsebina zato o tem ne bomo pisali. Omenili pa smo.

V tem spisu smo želeli povedati le, kaj je zorni kot zvezde, da zvezde imajo zorni kot, da je zelo, zelo majhen in da tudi tako ekstremno majhne kote je mogoče izmeriti, kar se običajnemu človeku zdi nekaj popolnoma nemogočega. A odlična teorija, izbrani način in super tehnika naredijo, da nemogoče postane mogoče.

Do zdaj so izmerili zorne kote nekaj sto zvezdam. Nimam natančnega pregleda. Največji zorni kot 0,057" ima zvezda R Zlate ribe, sledita Betelgeza in Mira z 0,050", Antares z 0,041", Ras Algeti z 0,03", Aldebaran in Arktur z 0,02" in druge zvezde, med njimi Sirij z skrajno majhnim zornim kotom 0,0059" in še druge z manjšimi zornimi koti.

Za konec si za orientacijo oglejte, kaj pomeni, da ima inštrument ločljivost 0,06" ali, da ima zvezda tak zorni kot ali, da opazujemo v zornem kotu kotu 0,06". Isto stvar lahko povemo na različne načine.

Naj bo x višina 10 km oddaljenega predmeta, ki ga opazujemo v kotu $\alpha = 0,06''$. Ker je kot skrajno majhen, lahko zapišemo $x/\alpha = 2\pi r/360^\circ$, kjer je r oddaljenost. Sledi $x = \pi r \alpha / 180^\circ = \pi \cdot 0,06'' \cdot 10\,000\text{ m} / 180 \cdot 60 \cdot 60'' = 3\text{ mm}$.

Če gledamo v zornem kotu 0,06", v oddaljenosti 10 km razločimo pokončno daljico z dolžino 3 milimetre ali razločimo točki, ki sta med seboj razmaknjeni za 3 mm. Ločljivost, da ti vzame sapo, ni kaj. So pa še boljše.

Kranj, 19. januar 2018

Majo Prosen