

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 19 (1991/1992)

Številka 1

Strani 14-17

Marijan Prosen:

KAKO SO PRVIČ UGOTOVILI VELIKOST ZVEZDE

Ključne besede: astronomija, fizika, svetloba.

Elektronska verzija:

<http://www.presek.si/19/1075-Prosen-zvezda.pdf>

© 1991 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.

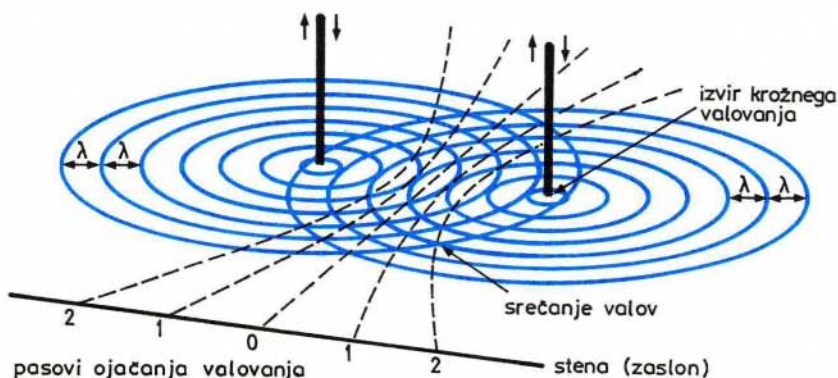
ASTRONOMIJA

KAKO SO PRVIČ UGOTOVILI VELIKOST ZVEZDE

Palici vzporedno razmaknimo in ju navpično v enakomernih časovnih razmakh sočasno pomakajmo v gladino mirujoče vode (v kadi, luži, ribniku). Na vodnem površju vzbudimo dvojje krožnih valovanj, ki se srečata (slika 1). Na tistem mestu vodnega površja, kjer hribi valov, ki prihajajo od prve palice, padejo na hribe valov, ki jih vzbuja druga palica, se skupno valovanje ojači (nastane še večji hrib); če pa hribi enega valovanja padejo na doline drugega in obratno, se valovanje uniči (ni valovanja).

Svetloba je tudi valovanje, zato tudi pri njej lahko pride do takega pojava. Če pada svetloba z oddaljenega točkastega svetila na temen zastor, kjer sta ozki vzporedni odprtini - reži, vsaka zase deluje kot izvir svetlobnega valovanja, kakor kaže opisan primer s palicama. Svetlobni valovanji iz rež se srečata. Na zaslonu za režama lahko opazujemo ojačenje in oslajbljenje svetlobe - svetle in temne pasove (proge). (slika 2) Če pada na reži še svetloba z drugega takega svetila, ki je za kot φ odmaknjeno od prvega, dobimo na zaslonu prav take pasove, ki pa so nekoliko premaknjeni glede na pasove, ki jih povzroči prvo svetilo (slika 2).

Naj z obeh med seboj navidezno razmaknjenih svetil pada svetloba hkrati na obe reži. Če razmikamo reži, se pri določenem razmiku rež zgodi, da svetli pasovi prve "slike" zvezde padejo na temne pasove druge "slike" in obratno. Pasovi izginejo. Slika na zaslonu postane enakomerno svetla. Če tedaj izmerimo razmik b med režama in poznamo povprečno valovno dolžino



Slika 1. Srečanje valov pri sočasnem periodičnem pomakanju dveh vzporednih in navpičnih palic v mirujočo vodno površje.

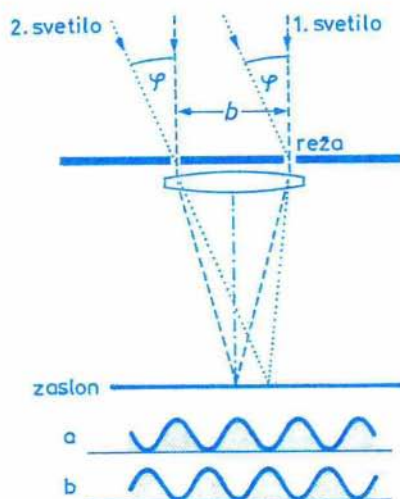
λ svetlobe, ki s svetil pada na reži, lahko izračunamo kotni razmik φ med točkastima svetiloma (Natančno razlago glej v članku J. Strnada *Zvezdni interferometer* v tej številki *Preseka*):

$$\varphi = \frac{1}{2} \frac{\lambda}{b}$$

Če damo pred objektiv daljnogleda zastor z režama, dobimo poseben astronomski instrument - *zvezdni interferometer*. Zvezdne "slike", ki nastanejo s srečanjem svetlobnih valov iz obeh rež, opazujemo na zaslonu v goriščni ravnini objektiva daljnogleda (slika 2).

Zvezde vidimo na nebu sicer kot bolj ali manj svetle pike. Če pa bi se jim zadosti približali in bi jih gledali "od blizu", bi jih videli približno tako, kot vidimo Sonce, torej kot svetle krožce. Vsako zvezdo, ki jo "vidimo" kot svetel krožec, si lahko predstavljamo sestavljeno iz dveh polovic - dveh svetlih polkrožcev. Če vsak polkrožec navidezno nadomestimo s točkastim svetilom (svetlobnim težiščem približno v središču polkrožca), zvezdo lahko obravnavamo tako, kot da je sestavljena iz dveh točkastih svetil. Ti svetili sta navidezno razmaknjeni za kot φ , ki je približno enak polovici vrednosti zornega kota β zvezde, to je kota, pod katerim "vidimo" zvezdo z Zemlje (slika 3). Velja torej

$$\beta = 2\varphi = \frac{\lambda}{b}$$

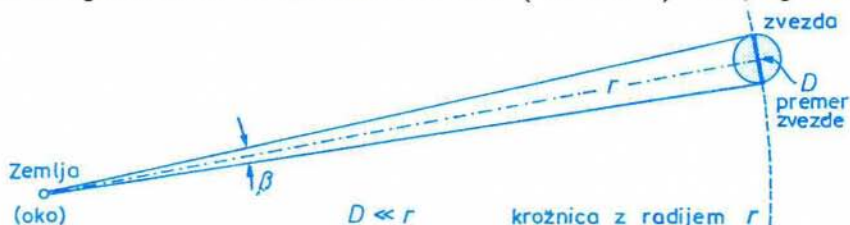


Slika 2. Srečanje svetlobe na zaslonu za režama - princip zvezdnega interferometra (shema). Krivulja *a* kaže razporeditev svetlih in temnih pasov na zaslonu za prvo točkasto svetilo, krivulja *b* pa za drugo točkasto svetilo. Kjer je hrib, tam na zaslonu vidimo svetel pas; kjer je dolina, pa temen. Krivulji sta narisani za primer, ko svetli pasovi prve "slike" padejo na temne pasove druge. S φ smo označili zorni kot oziroma navidezni razmik med svetiloma.

Če pada svetloba z zvezde na zvezdni interferometer, ki mu spreminjamo razmik med režama, morajo pri določenem razmiku rež svetli in temni pasovi izginiti.

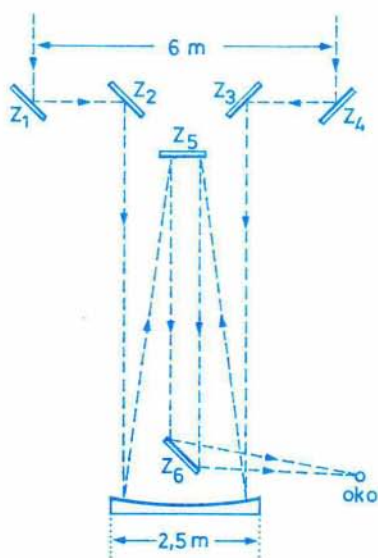
Po prvi svetovni vojni so na gori Wilson v ZDA zgradili tedaj največji daljnogled na svetu, 2,5-metrski reflektor. A.A. Michelson in F.G. Pease sta želela izkoristiti 2,5 m široko odprtino tega daljnogleda, da bi na opisani način izmerila zorni kot zvezde. Reži sta postavila 2,5 m narazen pred objektiv daljnogleda. Svetli in temni pasovi, ki sta jih opazovala z močno lupo, niso in niso izginili. Merjenje zornega kota zvezde ni uspela. Računi so pokazali, da bi morala vzeti daljnogled z večjo odprtino (od 3 do 6 m), da bi pasovi izginili in bi merjenje uspelo.

Ker tako velikega daljnogleda nista imela, sta izdelala poseben tram, ki sta ga nataknila na 2,5-metrski reflektor (sliki 4 in 5). Daljnogled z

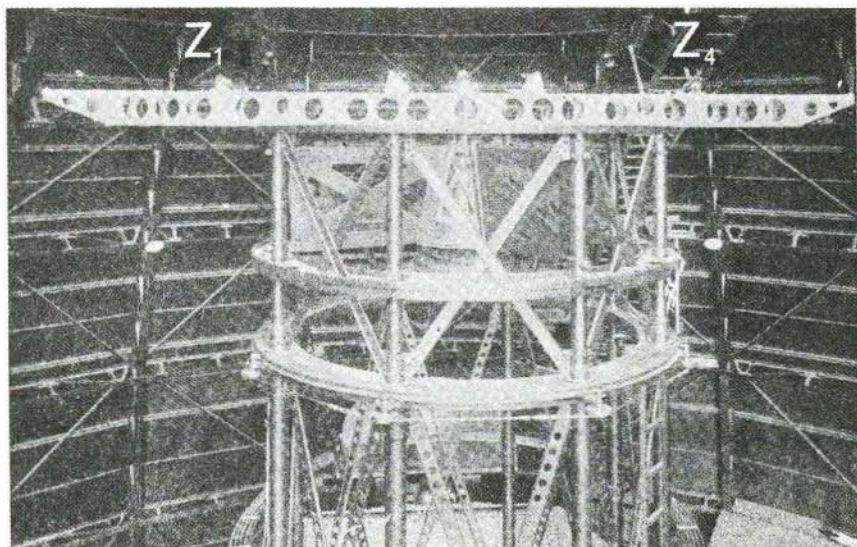


Slika 3. Zorni kot β zvezde je skrajno majhen, saj so zvezde silno daleč od nas. Misli si zvezdo kot razbeljeno plinsko kroglo, D naj bo njen premer, r pa oddaljenost od Zemlje. Sestaviš enačbo $D/2\pi r = \beta/360^\circ$. Pri znanih r in β iz enačbe izračunaš D .

V našem primeru je $r = 6 \cdot 10^{18}$ m in $\beta = 0,05''$. Ker je premer Sonca $D_S = 14 \cdot 10^8$ m, sledi, da je $D/D_S \doteq 10^3$. Prepričaj se o tem.



Slika 4. Shema šestmetrskega zvezdnega interferometra, s katerim sta Michelson in Pease izmerila prvi zorni kot zvezde.



Slika 5. Šestmetrski zvezdni interferometer - pritrjen na 2,5-metrski reflektor na gori Wilson.

nastavkom sta v mrzli noči, 13. decembra 1920, usmerila proti svetli zvezdi *Betelgezi* v ozvezdju Oriona. Svetloba z zvezde je padla na ravni zunanji premični zrcali Z_1 in Z_4 (ki sta delovali kot premični reži), se od njiju odbila na notranji nepremični ravni zrcali Z_2 in Z_3 , od njiju vpadla na vboklo zrcalo daljnogleda, nato na zrcali Z_5 in Z_6 in končno prispela v okularni del daljnogleda (oko), kjer sta z močno lupo opazovala svetlobne proge.

Ko sta razmikala zunanji zrcali, sta pri razmiku treh metrov res ugotovila, da so pasovi izginili. To je bil trenutek, ki sta ga znanstvenika čakala leta in leta. Tedaj sta namreč *prva izmerila zorni kot zvezde*. Izmerila sta kot $0,05''$ (pet stotink kotne sekunde). Kako majhen je ta kot, pove primerjava, da pod tolikšnim kotom na primer vidimo škatlico vžigalic v razdalji 200 km. Ker sta poznala *Betelgezino* oddaljenost (paralakso; glej *Presek 18, 20*) od Zemlje, sta izračunala tudi *polmer (velikost)* te zvezde. Izračunala sta, da je *Betelgeza* kar 1000-krat večja od Sonca.

Michelson in Pease sta pri tej meritvi uporabila valovno lastnost svetlobe. Prvič v zgodovini astronomije sta ugotovila, da obstajajo v vesolju zvezde, ki so več stokrat večje od našega Sonca, potrdila sta to, kar so prej nakazovali le z računi.