PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652
Letnik **19** (1991/1992)
Številka 1
Strani 28–30

Janez Strnad:

ZVEZDNI INTERFEROMETER

Ključne besede: astronomija, optika.

Elektronska verzija:
http://www.presek.si/19/1075-Strnad-interferometer.pdf

ZVEZDNI INTERFEROMETER

Zelo oddaljeni vzporedni črtasti svetili 1 in 2 (slika 1), ki ju vidimo pod kotom β, sevata enobarvno svetlobo z valovno dolžino λ. Na pot svetlobe postavimo oviro, v kateri sta v razmiku *b* ozki reži I in II, vzporedni s svetiloma. Svetlobo iz rež prestrežemo na oddaljenem zaslonu. Svetili seveta neodvisno drugo od drugega in za vsako od njiju nastane na zaslonu interferenčna slika iz svetlih in temnih prog.

Mislimo na svetilo 1. Na določenem mestu na zaslonu nastane svetla proga, če se pot delnega valovanja skozi režo I in pot delnega valovanja skozi režo II razlikujeta za večkratnik valovne dolžine:

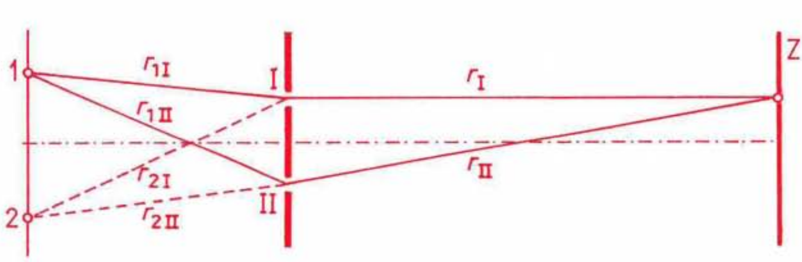
$$r_{1I} + r_I - (r_{1II} + r_{II}) = N\lambda, \quad N = 1, 2, 3, \ldots \tag{1}$$

Tedaj na zaslonu drugo delno valovanje doseže vrh, če ga doseže prvo, in drugo delno valovanje doseže dolino, če jo doseže prvo. Delni valovanji se ojačita.

Na drugem mestu na zaslonu nastane temna proga, če se pot delnega valovanja skozi režo I in pot delnega valovanja skozi režo II razlikujeta za večkratnik valovne dolžine in še za polovico valovne dolžine (ali v celoti za lih večkratnik polovične valovne dolžine). Tedaj se valovanji na zaslonu popolnoma oslabita, ker pride vrh v prvem na dolino v drugem in dolina v prvem na vrh v drugem.

Podobno velja za delni valovanji iz svetila 2, ki potujeta skozi reži I in II, le da je v tem primeru treba upoštevati razliko poti

$$r_{2I} + r_I - (r_{2II} + r_{II}) \tag{2}$$



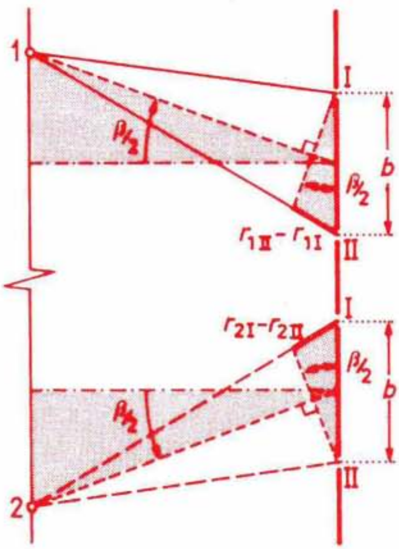
Slika 1. Poti delnih valovanj iz svetila 1 skozi reži I in II in poti delnih valovanj iz svetila 2 skozi reži I in II na zaslon. Risba ni narisana v merilu, v resnici sta svetili mnogo bolj oddaljeni od rež kot reži od zaslona.

Če se zanimamo za razmere na zaslonu, moramo za vsak del zaslona sestaviti gostoto svetlobnega toka iz prvega svetila in gostoto svetlobnega toka iz drugega.

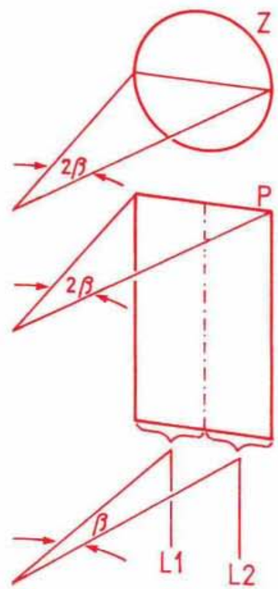
Skupna gostota svetlobnega toka na zaslonu se spreminja, ko spreminjamo razmik rež b. Mislimo si, da se pri tem spreminja lega svetlih prog, ki ustrezajo svetilu 1, glede na svetle proge, ki ustrezajo svetilu 2. Manjšajmo dokaj velik b. Na zaslonu vidimo svetlejše in temnejše proge, ki postajajo izrazitejše, nato manj izrazite, izginejo in se zopet pojavijo, postajajo izrazitejše in tako naprej. Zadnjič zginejo pri mejnem razmiku b_0, pri katerem pride svetla proga, ki ustreza svetilu 1, na temno progo, ki ustreza svetilu 2, pa sta obe razliki poti (1) in (2) različni ravno za polovično valovno dolžino. Tedaj velja

$$\frac{1}{2}\lambda = r_{2I}+r_I-(r_{2II}+r_{II})-\{r_{1I}+r_I-(r_{1II}+r_{II})\} = r_{2I}-r_{1I}+r_{1II}-r_{2II}$$

Z risbe (slika 2) razberemo, da je približno



Slika 2. Kot $\frac{1}{2}\beta$ je majhen in para trikotnikov na zgornji in na spodnji risbi sta podobna.



Slika 3. Pravokotno ploskovno svetilo P razdelimo na dve polovici in vsako izmed njiju obravnavamo kot črtasto svetilo $L1$ in $L2$. Širina pravokotnega svetila ustreza premeru zvezde Z.

$$r_{2l} - r_{2ll} = r_{1ll} - r_{1l} = \frac{\pi}{180^\circ}\frac{\beta}{2}b_0$$

Kot $\frac{1}{2}\beta$ je tako majhen, da smemo namreč daljico, ki je pravokotna na srednjico kota, izenačiti z lokom. Lok pa dobimo tako, da radij kroga b pomnožimo s kotom v stopinjah in še s $\pi/180^\circ$. Oboje vstavimo v enačbo, pa preostane

$$2\beta = \frac{180^\circ\lambda}{\pi b_0}$$

Vzemimo namesto črtastih svetil dolgo pravokotno ploskovno in enakomerno svetlo svetilo P (slika 3). To svetilo razdelimo na dva enaka dela in ta dela nadomestimo s črtastima svetiloma $L1$ in $L2$ na njunih sredinah. Črtasti svetili vidimo pod kotom β, a širini pravokotnega svetila ustreza kot 2β.

Zvezde ne sevajo enobarvne svetlobe, zato upoštevamo valovno dolžino sestavine, ki jo sevajo najizdatneje. Če gre za zvezdo, ki je podobna Soncu, se ne zmotimo dosti, če vzamemo valovno dolžino okoli 560 nanometrov ali $560 \cdot 10^{-9}$ metra, za katero je oko najobčutljivejše.

Zvezde so drobni krožci, ne dolga pravokotna svetila. Vendar vsaj približno obvelja zanje to, kar smo ugotovili. Kot 2β, pod katerim vidimo širino pravokotnika, ustreza kotu, pod katerim vidimo premer zvezde. Natančnejši račun pokaže, da pri krožnem svetilu zadnjič izginejo proge, ko je kot za petino večji kot pri pravokotnem svetilu. Premeru zvezde ustreza kot

$$2\beta = 1,2 \cdot \frac{180^\circ\lambda}{\pi b_0}$$

Denimo, da proge zadnjič izginejo, ko manjšamo razmik rež, ali se prvič pojavijo, ko ga večamo, približno pri $b_0 = 3$ m. Premer zvezde bi v tem primeru videli pod kotom

$$2\beta = \frac{1,2 \cdot 180^\circ \cdot 560 \cdot 10^{-9}\mathrm{m}}{\pi \cdot 3\mathrm{m}} = 1,3 \cdot 10^{-5\,\circ} = 0,05''$$

Pri tem smo upoštevali, da ima kotna stopinja 3600 kotnih sekund.

Janez Strnad