

# PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 26 (1998/1999)

Številka 2

Strani 66-70, V, VI, VIII

Andrej Likar:

## SKRIVLJENA ZRCALA

Ključne besede: fizika, geometrijska optika, zrcala, odboj, zrcaljenje.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/26/1367-Likar.pdf>

© 1998 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

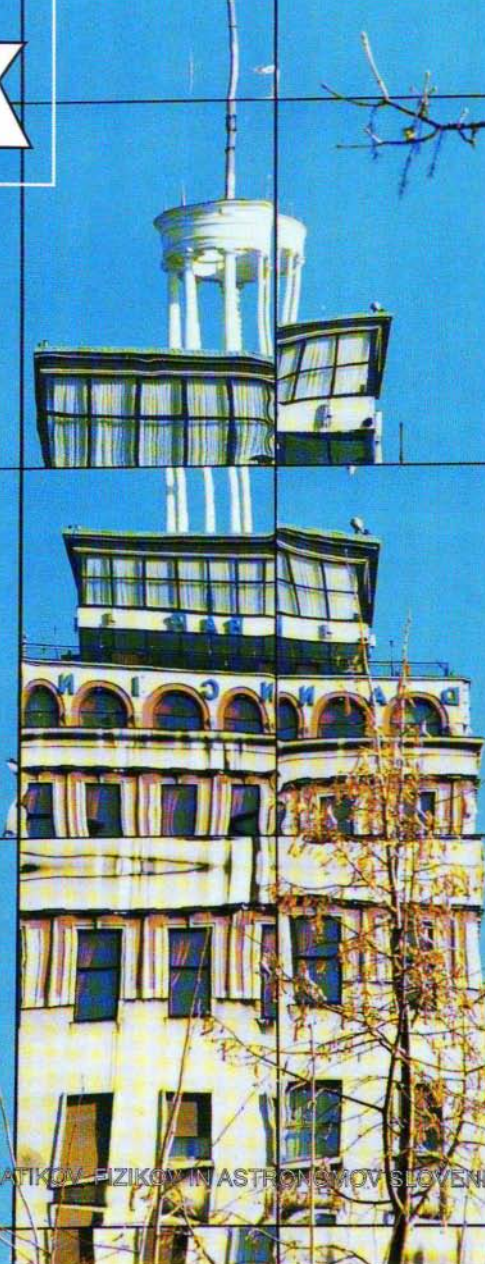
© 2010 DMFA - založništvo

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

# PRE SEK

26 (1998-1999)

# 2



ISSN 0351-8652

DRUŠTVO MATEMATIKOV, FIZIKOV IN ASTRONOMOV SLOVENIJE





Gladina olja med segrevanjem postaja vse bolj nagubana. Temperatura olja narašča od slike a proti sliki d.

## SKRIVLJENA ZRCALA

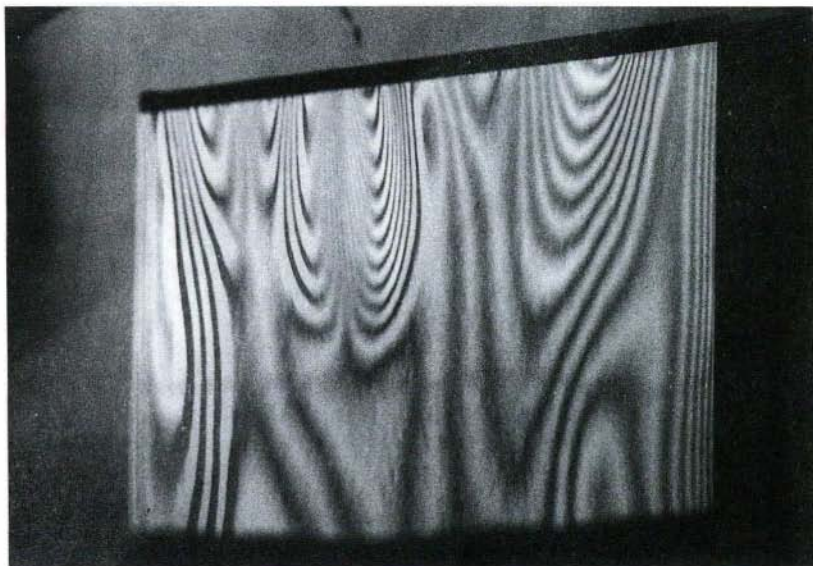
Moderne stavbe radi obložijo na zunanji strani z velikimi sijajnimi ploščami, ki delujejo kot zrcala. Če opazujemo sliko kakšne sosednje zgradbe v taki zgradbi, vidimo hudo popačeno sliko, ker zrcala niso povsem ravna. Posebej izrazito popačenje vidimo, če opazujemo sliko iz večje oddaljenosti (slike na zunanji strani ovitka). Prav tako hitro opazimo nepravilne oblike v avtomobilski pločevini, plastičnih folijah ali na gladini kake tekočine. Tudi slika na vodni gladini je zaradi valov popačena in nikoli povsem mirna.

S primerjavo prave in zrcalne slike lahko sodimo o ravnosti zrcala. Da ne bodo razmere preveč zapletene, bomo opazovali zrcalo, ki leži vodoravno na mizi. V njem si bomo ogledali sliko okna, zasenčenega z žaluzijami. Svetloba prihaja v prostor skozi množico ozkih vodoravnih špranj v enakih razmikih (slika 1). Špranje so v povsem ravnem zrcalu videti kot množica ravnih svetlih črt. Če opazujemo okno v plastični foliji, pa opazimo prav zapletene vzorce, ki nastanejo zaradi neravne površine (slika 2).



Slika 1. Z žaluzijami zasenčeno okno.





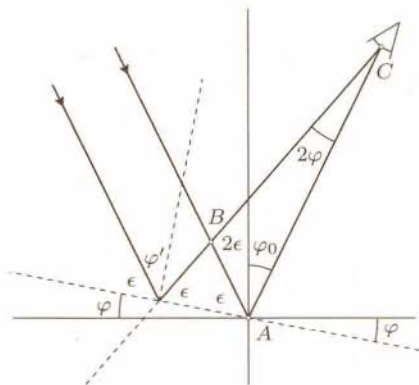
Slika 2. Slika zastrtega okna v neravni plastični foliji za projektorje.

Oglejmo si, kako se spremeni lega slike špranje, če prvotno vodoravno in idealno ravno zrcalo malo zasučemo okrog ene od vodoravnih težiščnih osi. Če ga zasučemo v smeri levo ali desno, da je os vrtenja pravokotna na špranjo, se slika špranje ne premakne. Teh zasukov torej ne bomo mogli opazovati. Če pa ga nagnemo v smeri naprej ali nazaj, da je os vrtenja vzporedna s špranjo, pa se njena slika v zrcalu premakne k opazovalcu ali od njega (slika 3). Premik  $\delta$  je sorazmeren s kotom zasuka  $\varphi$  in oddaljenostjo opazovalčevih oči od zrcala  $r$ :

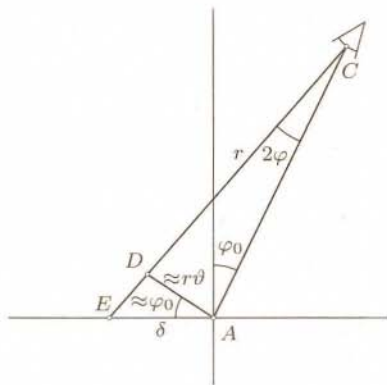
$$\delta = \frac{2r\varphi}{\cos \varphi_0}.$$

Tu je  $\varphi_0$  vpadni kot,  $\varphi$  pa merimo v radianih.

Enačbo dobimo s privzetkom, da je špranja zelo daleč. Vpadni žarki so potem vzporedni. Po zasuku zrcala za kot  $\varphi$  je zaradi odbojnega zakona kot  $\vartheta$  v oglišču  $C$  enak  $2\varphi$ , ker je vsota tega kota, kota pri oglišču  $B$ , ki je enak  $2\epsilon$ , in kota  $2\varphi_0$  pri oglišču  $A$  enaka  $180^\circ$ . Upoštevamo, da velja še  $\epsilon + \varphi + \varphi_0 = 90^\circ$  (slika 3a). Če je kot  $\varphi$  zelo majhen, je daljica  $AD$  na sliki 3b približno enaka  $r\vartheta$  in premik  $\delta \approx \frac{r\vartheta}{\cos \varphi_0}$ .



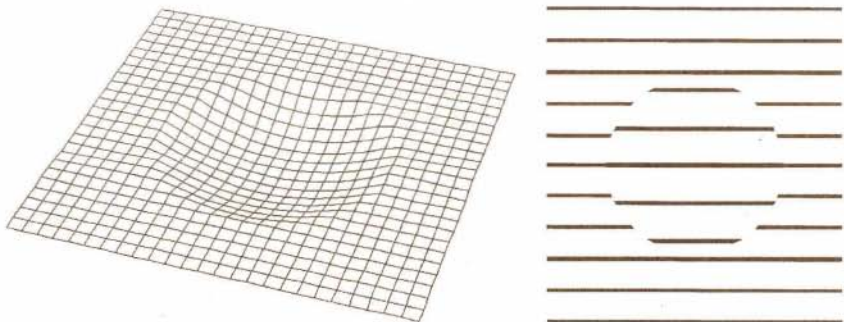
Slika 3a. Skica žarkov v vodoravnem (polne črte) in nagnjenem (črtkane črte) zrcalu.



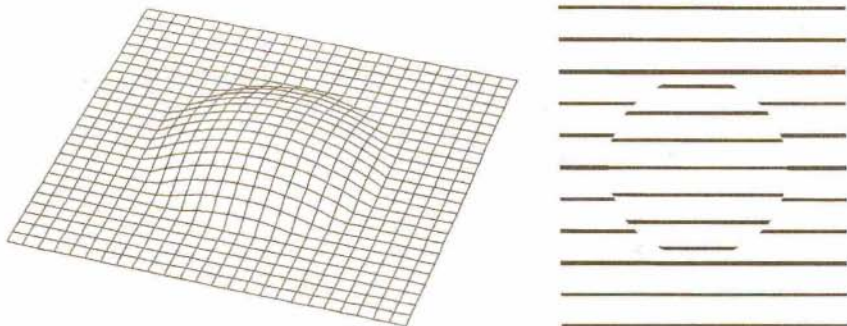
Slika 3b. Skica pri določanju premika slike  $\delta$ .

Ko z razdalje enega metra opazujemo neravno zrcalo in izmerimo, da je premik  $\delta$  enak 1 mm, je kot  $\varphi$  v območju  $0,5 \cdot 10^{-3}$  radianov. Če so vdolbinice na zrcalu v povprečni razdalji enega centimetra, so globoke približno  $5 \mu\text{m}$ . Pri tej grobi oceni smo postavili  $\cos \varphi_0 = 1$ , saj nas zanima le velikostna stopnja globine. Vidimo, da je slika res zelo občutljiv pokazatelj neravnosti odbojne površine.

Z računalniškim programom smo narisali slike okenskih senčil, ki bi jih videli v zrcalih z različnimi površinami. Te opišemo matematično. Program preprosto pregleda množico točk na zrcalu in preveri, če se žarek iz špranje odbije v oko. Točke na zrcalu, kjer se to zgodi, označimo in jih nato izrišemo na računalniškem zaslonu.

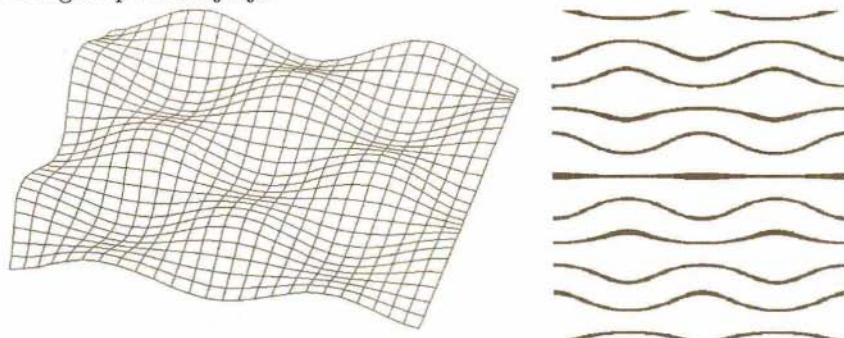


Slika 4. Ravno zrcalo s parabolno jamico in slika okna v njem.

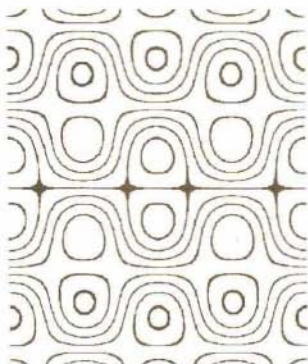


Slika 5. Ravno zrcalo s parabolničnim hribčekom in slika okna v njem.

Najprej imamo v zrcalih parabolnično vdrtino (slika 4), ali parabolnični hribček (slika 5). V prvem primeru se razdalje med špranjami povečajo, v drugem pa zmanjšajo.



Slika 6a. Zrcalo z nizkimi grički in dolinami ter slika okna v njem.



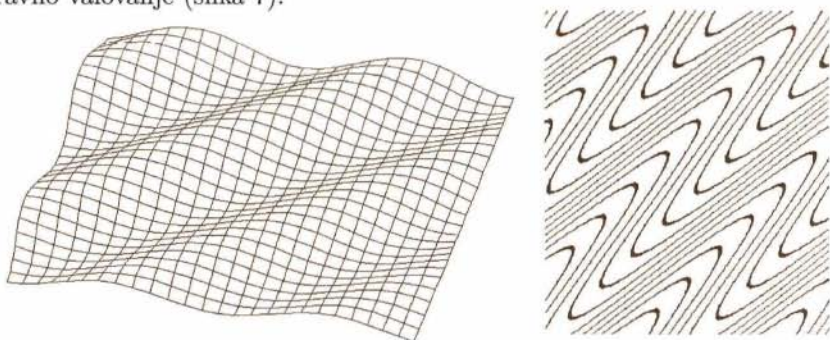
Slika 6b. Slika postane zapletena pri večji višini gričkov.



Potem smo narisali sliko za zrcalo, katerega površino opišemo z enačbo

$$z = a \cos px \cos qy,$$

kjer so  $x$ ,  $y$  in  $z$  koordinate točke na zrcalu v pravokotnem koordinatnem sistemu. Na sliki 6 je prikazan del zrcala s koordinatama  $x$  in  $y$ , ki obe ležita v intervalu med -1 in 1. Tu so  $a$ ,  $p = q = 2\pi$  parametri. Slika špranj je pri majhni vrednosti  $a$  preprosta, pri večji pa zelo zapletena. Končno smo narisali še sliko špranj, ki jih vidimo v vodni gladini, po kateri potuje ravno valovanje (slika 7).



Slika 7a. Slika špranj v vodni gladini z ravnim potujočim valom.



Slika 7b. Valovito zrcalo in žaluzije.

Zanimiva je slika segrevajočega se olja v ponvi. Površina kaže, da se tvori množica celic, kjer olje kroži od vročega dna na hladnejšo površino (glej slike na II. strani ovitka).

*Andrej Likar*



