

# PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 21 (1993/1994)

Številka 1

Strani 60-64

Andrej Likar:

## ODSEV

Ključne besede: fizika.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/21/1160-Likar.pdf>

© 1993 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.

## ODSEV

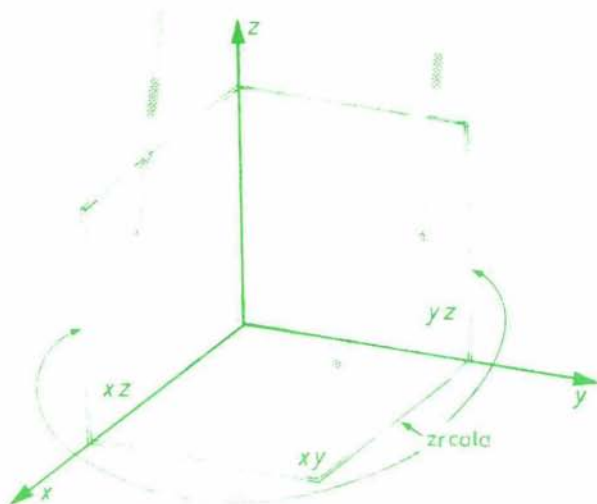
Med nočno vožnjo z avtom opazimo, da mnogi prometni znaki, registrske tablice in označbe na cesti v mestih posebno močno odbijajo svetlobo. Imamo vtis, da so sami svetlobni vir. Tudi "kresničke" na kolesih in avtomobilih, zadnje čase pa tudi na oblekah pešcev močno zasvetijo, ko nanje pade svetloba iz avtomobilskih žarometov. Izvedenci, ki skrbijo za varnost v cestnem prometu, pravijo, da kresničke *odsevajo*. Pri tem se spomnimo še na žareče mačje oči, ki jih v temi oplazi curek svetlobe. V tem sestavku si bomo поблиže ogledali zgradbo odsevnih površin in preprosto razložili odsev.

S poskusi se hitro prepričamo, da odsevna telesa odbijejo svetlobni curek nazaj proti svetilu, ne glede na lego odsevne ploskve. To ni v skladu z izkušnjo, ki jo imamo pri odboju svetlobe na ravnem zrcalu. Le-to odbije vpadni curek proti svetilu le tedaj, ko kaže tja tudi pravokotnica na zrcalo. Ker v avtomobilu sedimo blizu žarometov, se zdijo odsevna telesa mnogo svetlejša od drugih, ki svetlobo le razpršijo. Kako v odsevnikih dosežemo, da se svetloba vedno odbije proti svetilu, ne da bi morali njihovo lego spreminjati?

Najprej si podrobneje ogledjmo kresničko s hrbtni strani. Sestavlja jo številni ogli kock, ki so postavljeni tako, da so telesne diagonale kock pravokotne na odsevno ploskev (glej sliko 1 a in b na III. strani ovitka). Ogelne ravnine odbijajo svetlobo kot navadna ravna zrcala. Ogel kocke (glej sliko 2) ima prav nenavadno lastnost: svetlobni curek, ki se odbije na vseh treh straneh, se obrne natančno v smer od koder je prišel.

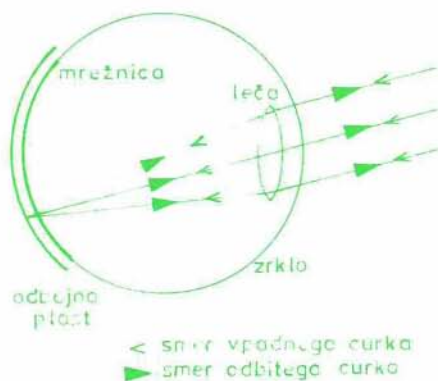
Za bralce, ki poznajo vektorje, bo dokaz preprost. Orientirajmo koordinatni sistem tako, da leže njegove osi vzdolž robov. Denimo, da pade svetlobni curek najprej na ravnino  $xy$ . Po odboju na tej ravnini se bo pri vektorju  $\vec{n} = (n_x, n_y, n_z)$ , ki podaja prvotno smer curka, spremenil predznak pri komponenti  $n_z$ , preostali dve pa se ne spremenita, torej  $\vec{n}' = (n_x, n_y, -n_z)$ . Denimo, da je sedaj na vrsti odboj na ravnini  $xz$ . Po odboju je nov vektor smeri  $\vec{n}'' = (n_x, -n_y, -n_z)$ . Nazadnje se curek odbije še na ravnini  $yz$ , ki spremeni predznak komponente  $n_x$ . Končni vektor smeri je  $(-n_x, -n_y, -n_z)$ , to je vektor, ki kaže v nasprotni smeri kot  $\vec{n}$ , lahko pa je vzporedno premaknjen. Vidimo, da je vrstni red odbojev na ravninah nepomemben, curek se vedno odbije vase. Zadoščal bi torej en sam ogel. Množico oglov v kresnički naredijo zato, da je le-ta dovolj tanka. Velik odsevník te vrste so astronomi postavili na Luni, kjer služi pri natančnem merjenju sprememb oddaljenosti med Luno in Zemljo. Merijo čas preleta kratkega laserskega sunka, ki ga z Zemlje usmerijo skozi daljnogled na odsevník. To merjenje je

natančno na 15 centimetrov. Na sliki 3 na IV. strani ovitka smo z bliskavico posneli tri zrcala, ki sestavljajo ogel kocke. Lepo vidimo odsev bliskavice na robu slike.

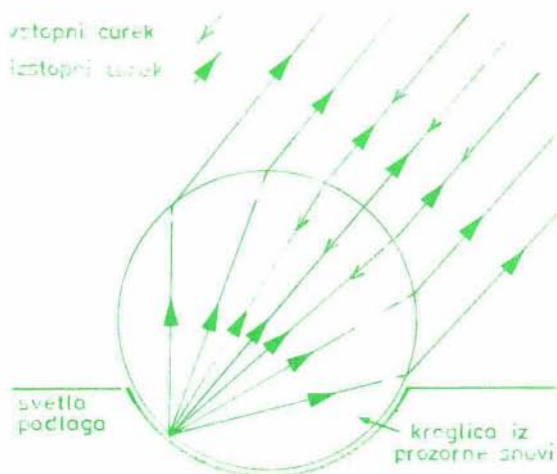


Slika 2. Ogel kocke s stranicami, ki odbijajo svetlobo. Ozek svetlobni curek se odbija na vseh treh stranicah. Koordinatni sistem orientiramo tako, da tečejo osi vzdolž robov.

Oznake na cesti, prometni znaki, registrske tablice in končno tudi mačje oči odsevajo drugače. Oglejmo si, kako odseva mačje oko (glej sliko 4). Zadnja stran očesa je prekrita z odbojno plastjo, zato gre svetloba skozi mrežnico dvakrat. Tako so za svetlobo občutljive celice bolj osvetljene, kar pride živali prav pri nočnem lovu. Prav zaradi te plasti mačje oči zažarijo, ko jih oplazi curek svetlobe iz žarometov. To se zgodi tudi takrat, ko maček ne gleda naravnost proti svetilu. Skoraj vzporedni svetlobni curek se na očesni leči in zrklu lomi tako, da na mrežnici, ki je tik pred odbojno plastjo, nastane slika svetila kot svetla drobna lisa. Po odboju gre svetloba proti leči in skozi njo iz očesa. Pri tem se žarki v curku spet lomijo tako, da pride iz očesa skoraj



Slika 4. Poenostavljena risba mačjega očesa. Podobno je našemu, le da je na zadnji strani odbojna plast, ki poveča osvetljenost mrežnice. Skoraj vzporeden curek svetlobe se na očesnem zrklu in v leči lomi in zbere na mrežnici. Odbojna plast preusmeri curek nazaj skozi lečo in potem iz očesa.



Slika 5. Kroglica na svetli podlagi odseva podobno kot mačje oko. Najbolj usmerjen odsev dobimo, če se curek zbere na meji med kroglico in podlago. Zaradi preglednosti je prikazan ozek vpadni curek in curek po razpršitvi na svetli podlagi.

vzporedni curek svetlobe. V očesu se absorbira le neznamen del vpadnega svetlobnega toka. Zato lahko rečemo, da mačje oko odbije vpadni curek svetlobe vase. V odsevnih telesih je namesto odbojne plasti kar belo obarvana podlaga, lečo pa nadomešča prozorna kroglica. Bela podlaga sicer svetlobo razprši, kroglica pa jo večji del spet usmeri proti svetilu (glej sliko 5). Na sliki 6 na IV. strani ovitka smo posneli košček odsevnega premaza pri prehodu za pešce. Lepo vidimo množico prozornih kroglic, ki so pritrjene na belo podlago. Na sliki 7 na IV. strani ovitka pa smo z bliskavico posneli odsev kroglic z ribjim oljem, ki smo jih nasuli na svetlo podlago.

Izračunali bi radi lomni količnik snovi, iz katere je narejena krogla, da bo slika zelo oddaljenega svetila na krogelnem površju (sferi). Tedaj bodo umetne mačje oči delovale kot prave, odbiti curek se bo res odbil sam vase. Potrebujemo izraz, ki povezuje goriščno razdaljo  $f$  debele okrogle leče, lomni količnik snovi, iz katere je krogla narejena in njen polmer:

$$\frac{n}{f} = \frac{n-1}{R}.$$

Enačba velja, dokler je gorišče znotraj krogle in za obosne žarke (glej sliko 5). Želimo, da je gorišče na sferi, torej  $f = 2R$ . Sledi

$$\frac{n}{2R} = \frac{n-1}{R}$$

in zato

$$n = 2.$$

Snovi s tako velikim lomnim količnikom ni lahko najti. Tudi če imamo na voljo kroglice iz snovi z bistveno manjšim lomnim količnikom, so odsevne površine dovolj učinkovite. Bralci naj sami razmislijo, kako se v takem primeru odbije curek vzporedne svetlobe.

### Opisi slik na zadnji strani ovitka:

Slika 3. Iz treh zrcalc smo naredili ogel kocke in ga posneli z bliskavico. Njen odsev se lepo vidi na robu slike.

Slika 6. Košček odsevnega premaza pri prehodu za pešce. Lepo vidimo množico prozornih kroglic, ki so zalepljene na svetlo podlago. Podobno so narejeni odsevni premazi pri prometnih znakih in registrskih tablicah.

Slika 7. Na svetlo podlago smo posuli kroglice z ribjim oljem. Na posnetku z bliskavico nekatere kroglice močno odsevajo.

Slika 8. Ogli kock so pri nekaterih odsevnikih tudi takole razporejeni.

*Andrej Likar*