

Večkratni odboji svetlobe na konkavnih zrcalih



ANDREJ LIKAR IN NADA RAZPET

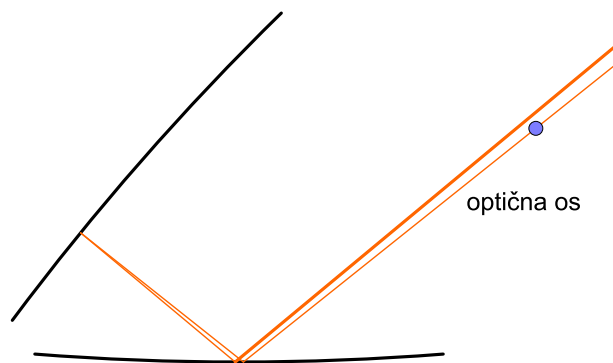
→ Pravo (realno) sliko neke točke, iz katere izvira svetloba, tvorijo žarki, ki se po odboju na zrcalih ali lomu v lečah sekajo. Sliko lahko opazujemo z očmi ali jo prestrežemo z zaslonom. Z očmi seveda vidimo tudi navidezno (virtualno) sliko, a nas realna slika nemalo preseneti, saj čudežno »lebdi« v prostoru in prav mika nas, da bi se je dotaknili. Iluzija je toliko bolj prepričljiva, če sliko opazujemo hkrati z obema očesoma. Navideznih slik v ravnem zrcalu smo tako vajeni, da nam ne pride na misel, da bi segli po njih. Zakrivljenih konkavnih zrcal pa nismo vajeni, zato iluziji prave slike kaj hitro podležemo.

Da prepričljivo vidimo pravo sliko z obema očesoma hkrati, potrebujemo dovolj veliko in primerno zakrivljeno zrcalo. Do takih zrcal pa ni lahko priti. Ker morajo biti tudi optično dovolj kakovostna, njihova cena strmo narašča z velikostjo. V šolah, kjer je zrcalo le motivacijski pripomoček, smo torej vezani na kozmetična zrcala, ki so namenjena podrobnemu ogledu obraza, seveda v navidezni povečani sliki. Sicer niso draga, a niso prav velika, njihova goriščna razdalja pa je za naš namen pogosto prevelika, okrog polovice metra ali več. Prava slika tako nastane predaleč od zrcala in je zaradi neustrezne optične kakovosti površin za vsako oko malo drugače popačena. Sliki v levem in desnem očesu nista povsem usklajeni, kar zelo oteži opazovanje. Slike tudi ni lahko najti, še posebno nevajenemu opazovalcu. Pri takih zrcalih si pomagamo z večkratnimi odboji na dveh zrcalih, ki ju postavimo s školjčno lego, torej lego, ki spominja na povezani lupini školjk. Večkratni odboji skrajšajo goriščno razdaljo do mere, ko lahko pravo sliko udobno opazujemo z obema očesoma hkrati

in s tem ustvarimo prepričljivo iluzijo. Pri tem optične napake posameznih zrcal skoraj ne popačijo slike. Taka »školjka« je izvrstno motivacijsko učilo, omogoča pa tudi nestandardno in ne prav lahko konstrukcijo resničnih, pa tudi navideznih slik.

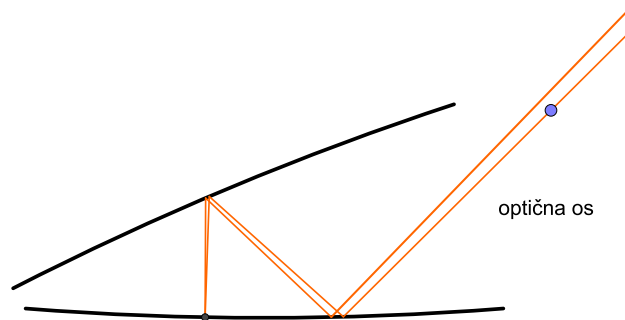
Število odbojev je odvisno od zaprtosti zrcal. Odprti zrcali omogočata tri odboje, dva na spodnjem zrcalu in enega na zgornjem. Na sliki 1 smo izbrali žarek, ki se odbije sam vase, torej določa optično os obeh zrcal pri trikratnem odboju. Zaradi preglednosti smo vpadni žarek malce izmaknili iz optične osi.

Bolj ko se zrcali zapirata, večkrat se svetloba odbije, preden pride do opazovalca. Na slikah 2 in 3 sta prikazani legi zrcal s petimi (tri na spodnjem in dva na zgornjem zrcalu) in sedmimi odboji (štiri na spodnjem in tri na zgornjem) za žarka blizu optičnih osi.

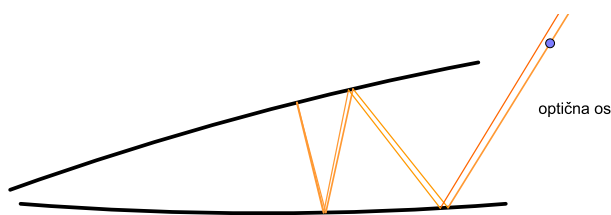


SLIKA 1.

Pri odprti legi zrcal se žarek iz točke trikrat odbije na zrcalih, in sicer dvakrat na spodnjem in enkrat na zgornjem. Po odbojih se vrne sam vase (zaradi preglednosti na sliki nekoliko mimo), tako določimo optično os zrcal pri takem odboju.

**SLIKA 2.**

Ko zrcali pripravimo, je število odbojev večje, tu petkratno, trikratno na spodnjem zrcalu in dvakratno na zgornjem.

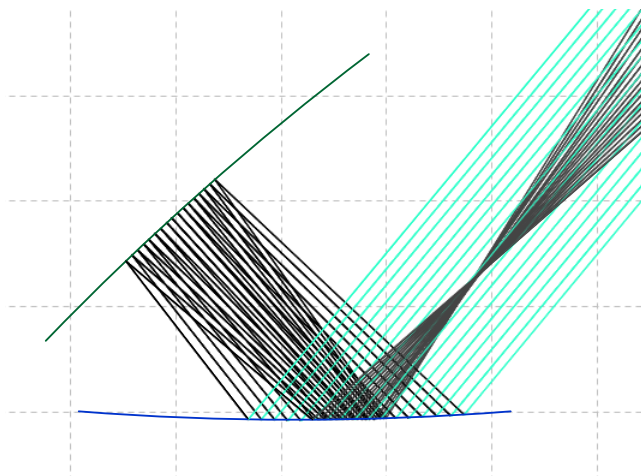
**SLIKA 3.**

Sliko po sedemkratnem odboju je še mogoče kar dobro opazovati.

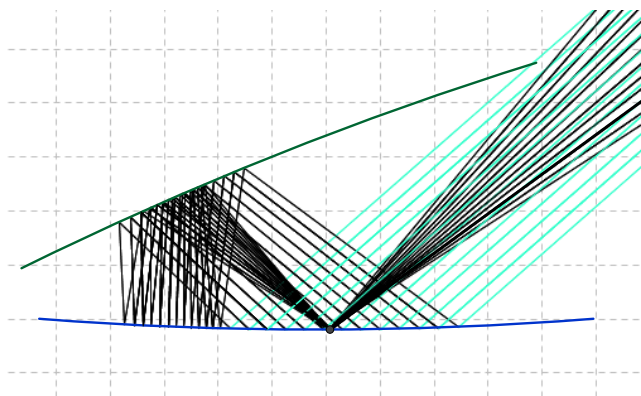
Devetih in še večkratnih odbojev pa ne moremo več prav dobro opazovati. Več ko je odbojev, krajša je tudi goriščna razdalja zrcalne školjke (glej slike 5 in 6), kar pride prav pri opazovanju prave slike primerne predmeta, najpreprosteje kar lastnega prsta opazovalca.

Zapišimo še, kako določimo *gorišče* školjčne postavitve. Najprej pri školjčni postavitvi določimo optično os. Vemo, da se žarek, ki leži na optični osi, odbije sam vase. Za risanje žarkov smo uporabili program GeoGebra in s poskušanjem poiskali žarek, ki se po odboju od zrcal odbije sam vase. Take primere kažejo slike 1, 2 in 3. Zaradi preglednosti smo narisali žarek, ki je blizu optične osi. Pri poskusu z zrcali pa smo optično os poiskali z laserskim kazalnikom, ki je bil od zrcal močno oddaljen.

Žarki, ki so vzporedni z optično osjo, gredo po odboju skozi skupno točko, to je skozi gorišče. Narisati moramo torej snop žarkov, vzporednih z op-

**SLIKA 4.**

Gorišče pri trojnem odboju (9 cm) se precej skrajša glede na gorišče posameznega zrcala (66 cm). Osnovnica kvadrata na mreži meri 5 cm.

**SLIKA 5.**

Gorišče pri petkratnem odboju je zelo blizu spodnjega zrcala, morda je celo navidezno. Pravo sliko pa vseeno prav dobro opazimo. Osnovnica kvadrata na mreži meri 2 cm.

tično osjo, in poiskati presečišče odbitih žarkov. Primera sta na slikah 4 in 5.

Poskuse smo izvedli tako, da smo zrcali postavili v nalašč za to izdelan lesen zabojček s pokrovom (glej slike 6 in 7). Na pokrovu je drugo zrcalo, v pravilno lego pa ga postavimo s primerno dolgo podporno palico. Tako učilo lahko učenci pri pouku izdelajo sami.





SLIKA 6.

Zrcali v školjčni postavitvi



SLIKA 7.

Slika fotografskega objektivna po treh odbojih svetlobe na zrcalnih

Barvni sudoku



→ V 8×8 kvadratkov moraš vpisati začetna naravna števila od 1 do 8 tako, da bo v vsaki vrstici, v vsakem stolpcu in v kvadratih iste barve (pravokotnikih 2×4) nastopalo vseh osem števil.

			1	2		8	
					6		
5				1			
7	6						
3					2		
	5	4	2			8	
		2			6		4
				3			

REŠITEV BARVNI SUDOKU



2	1	5	3	6	7	4	8
4	7	6	8	5	2	3	1
1	8	3	7	2	4	5	6
5	2	4	6	7	8	1	3
3	5	8	2	4	1	6	7
6	4	7	1	8	3	2	5
7	6	1	4	2	8	5	3
8	3	2	5	1	6	7	4

