PRESEK
List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652
Letnik **29** (2001/2002)
Številka 3
Strani 154–157

Andrej Likar:

POBLISKUJOČA MORSKA GLADINA

Ključne besede: fizika, odboj svetlobe, ravna zrcala.

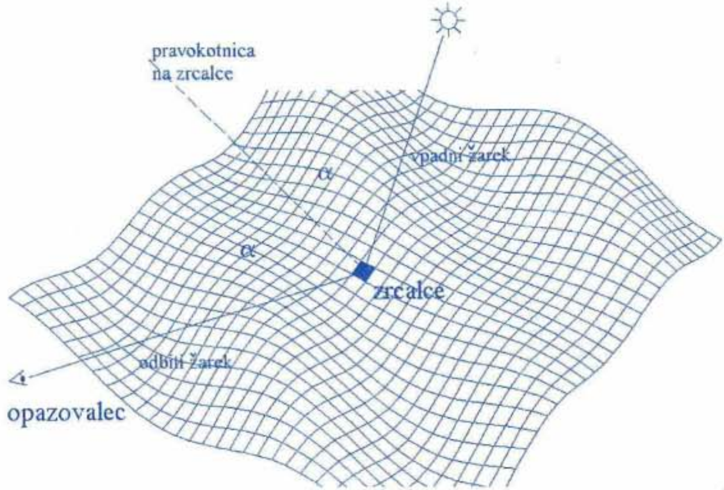
Elektronska verzija: http://www.presek.si/29/1478-Likar.pdf

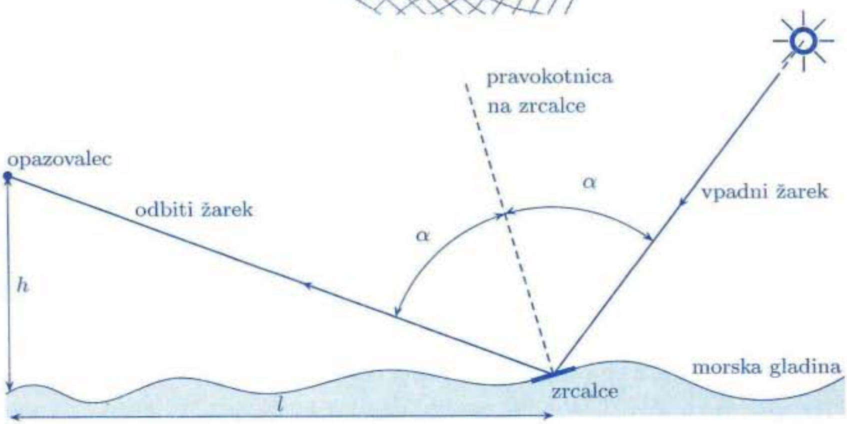
POBLISKUJOČA MORSKA GLADINA

Na rahlo vzvalovanem morju zaman iščemo sliko sonca, kot jo včasih opazimo s čolna na jezerski gladini. Opazimo le pobliskujočo vodno gladino. Morje ne odbija sončnih žarkov tako kot ravno zrcalo. Tudi ko je skoraj povsem mirno, vidimo namesto ostre slike sonca le bolj ali manj široko, svetlo, pobliskujočo progo. Ta je še posebno značilna, ko sonce zahaja, saj se razteza od obale do obzorja (glej članek P. Gosarja: *Odboj svetlobe na vodni gladini*, Presek **9** (1982/82) 34).

Pojava ni težko razumeti, če si predstavljamo valovito morsko gladino kot množico majhnih ravnih zrcalc, ki ne ležijo v isti ravnini. V nekem trenutku so nekatera nekoliko nagnjena, da se pravokotnica nanje nakloni proti opazovalcu nad gladino, pri drugih od njega, spet pri tretjih na levo ali desno. Poblisk vidimo le tedaj, ko nam izbrano zrcalce za hip usmeri sončne žarke naravnost v oko. Tedaj je za kratek čas izpolnjen pogoj, ki sledi iz odbojnega zakona: vpadni kot, ki ga tvori žarek od sonca s pravokotnico na zrcalce, je enak kotu, ki ga tvorita ta pravokotnica in premica skozi oko in zrcalce. Za pobliske, ki ležijo v navpični ravnini sonca in opazovalca, lahko izračunamo kot med vpadnim in odbitim žarkom. Potrebno je le poznati kot med navpičnico in smerjo sonca na nebu ter kot med navpičnico in smerjo, kjer opazimo poblisk. Slednjega brez težav izračunamo, če poznamo višino opazovalca h, merjeno od gladine, ter razdaljo l od točke na morju, natančno pod opazovalcem, do točke pobliska (glej sliko 1). Kljub povsem nepredvidljivemu valovanju morske gladine mesto pobliska razkrije nagnjenost zrcalca ter kot med vpadnim in odbitim žarkom. Ta kot je pomemben, če opazujemo gladino skozi polarizacijska očala.

Odbito valovanje je namreč polarizirano, če tvorita odbiti in lomljeni žarek, ki nadaljuje pot v vodi, pravi kot. Vpadni kot α_B, pri katerem se to zgodi, je *Brewstrov kot* (glej sliko 2). Odbito valovanje je polarizirano vodoravno, torej tako, da niha električna poljska jakost v vodoravni ravnini. Če opazujemo morsko gladino skozi polarizacijska očala, ki te svetlobe ne prepuščajo, na določeni razdalji ne bomo videli pobliskov, temveč le svetlobo, ki prihaja z dna. Na sliki na III. strani ovitka to lepo vidimo. Leva fotografija je posneta s polarizacijskim filtrom, ki prepušča polarizirano svetlobo z električno poljsko jakostjo v vodoravni ravnini. Na desni fotografiji pa smo filter zasukali za 90°. Povsem jasno vidimo, da na določeni razdalji od obale pobliskov ni, na krajši in večji razdalji pa se njihova svetlost povečuje. Slika se posreči le, če fotografiramo z mesta, ki je dovolj visoko nad gladino. Najbolje bi se posrečila taka fotografija iz letala. Naša je bila posneta z okna hotela na robu visoke pečine na slovenski obali.





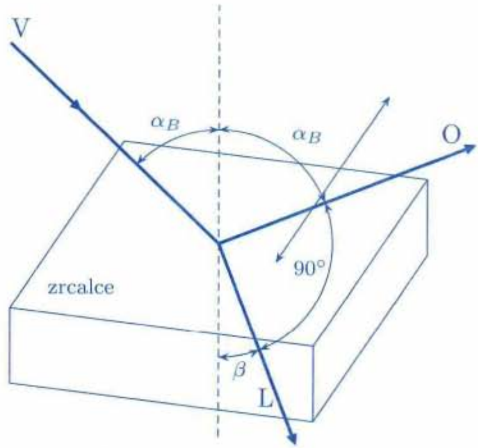
Slika 1. Opazovalec nad morjem zazna poblisk, ko je zrcalce ravno prav orientirano. Sončni žarki tvorijo z navpičnico kot 45°.

V grobem preverimo sliko še računsko. Iz lomnega zakona hitro določimo Brewstrov kot. Z oznakami kotov na sliki 2 velja

$$\frac{\sin(\alpha_B)}{\sin(\beta)} = n\,.$$

Tu je n lomni količnik vode, za zrak pa smo privzeli, da ima lomni količnik enak 1. Ker tvorita odbiti in lomni žarek pravi kot, velja še

$$\alpha_B + 90^\circ + \beta = 180^\circ\,.$$



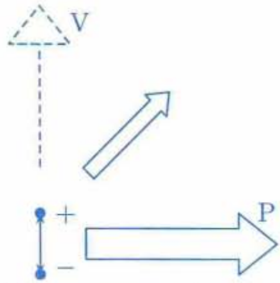
Slika 2. Ko vpada nepolarizirana svetloba na zrcalce pod Brewstrovim kotom, tvorita lomljeni žarek L in odbiti žarek O pravi kot. V odbiti svetlobi niha električna poljska jakost le v vodoravni smeri.

Od tod z izločitvijo kota β dobimo zvezo

$$\tan(\alpha_B) = n\,.$$

Lomni količnik vode je $n = 1{,}33$, zato je Brewstrov kot α_B enak 53°. Fotografirali smo v času, ko je bil kot med sončnimi žarki in navpičnico 45°. Interval vpadnih kotov sončnih žarkov na zrcalca, ki pobliskujejo, je med $45/2°$ (zrcalce pod opazovalcem) in $(45 + 45/2)° = 67{,}5°$ (za zrcalce na obzorju). Res, interval vsebuje tudi Brewstrov kot.

Ali razumemo Brewstrov zakon? Zakaj je odbito valovanje povsem polarizirano, ko tvorita odbiti in lomljeni žarek pravi kot? Poskušajmo nekoliko poenostavljeno odgovoriti na to vprašanje. Odbito in lomljeno valovanje nastaneta zaradi sipanja vpadnega valovanja na molekulah. Predstavljajmo si vpadno nepolarizirano valovanje, sestavljeno iz dveh komponent, ene polarizirane v vodoravni, druge pa v navpični ravnini. Električno polje *polarizira* molekule. V zunanjem električnem polju težišči pozitivnega in negativnega naboja pri molekulah ne sovpadata. Ker električna poljska jakost niha, prav tako nihata težišči in zato molekula *dipolno* seva. Značilno za dipolno sevanje je, da v smeri nihanja sevanja ni, največ pa ga je v pravokotni smeri (glej sliko 3). Pri vpadu navpično polarizirane komponente pod Brewstrovim kotom nihajo težišča v smeri gledalca, zato le-ta sipanega valovanja ne vidi. Vidi pa sipano valovanje vodoravno polarizirane komponente, kjer težišči nihata pravokotno na njegovo smer.



Slika 3. Dipolno sevanje je najmočnejše, ko težišči pozitivnega in negativnega naboja nihata prečno na smer opazovanja (P). Ko opazujemo molekulo v smeri nihanja (V), valovanja ne zaznamo.

Tovrstno razmišljanje pomaga, da si za dlje časa zapomnimo razmere pri odboju svetlobe na meji med dvema dielektrikoma.

Andrej Likar

KVADRIRANJE DVOMESTNIH ŠTEVIL, KI SE ZAČENJAJO S 5

Sosedov Tim zelo rad računa na pamet. Ko sem mu pred kratkim zaupala skrivnost hitrega kvadriranja števil, ki se končujejo s števko 5 (saj veste – kar stoji pred 5, pomnožimo z za ena večjim številom in produktu pripišemo 25), se je odzval z občudujočim: "Uaaau."

Čez dva dni mi je ob srečanju 'mimogrede' namignil, da je iznašel pravilo za kvadriranje dvomestnih števil, ki se **začenjajo** s 5. Seveda sem pokazala dolžno zanimanje, zato mi je pravilo zaupal. Takole gre:

Kvadrat dvomestnega števila, ki se začenja s 5, dobimo tako, da številu 25 prištejemo vrednost enic danega števila in tako dobljeni vsoti pripišemo kvadrat enic kot dvomestno število. (Če je kvadrat enic enomestno število, npr. 1, 4 ali 9, moramo torej pripisati 01, 04 oziroma 09.)

Izračunajmo npr. 57^2.

1. korak: Zapišemo 32_, ker je $25 + 7 = 32$.
2. korak: Ker je $7^2 = 49$, pripišemo 49 in dobimo $32\underline{49}$. Torej je $57^2 = 3249$.

Tim je iz žepa potegnil še dokaz, da je njegov postopek pravilen. Na listku je imel zapisane kvadrate vseh dvomestnih števil, ki se začenjajo s 5, izračunane dvakrat. Enkrat z žepnim računalom, drugič po njegovem pravilu. Obakrat je dobil enake rezultate.

Nalogi za vas:

1. V splošnem premislite, zakaj Timovo pravilo deluje.
2. Ali tudi pri kakšni drugi številski osnovi velja podobno pravilo? Kdaj in kakšno?

Marija Vencelj