

SLIKA 5.

Iz delov pravilnega šestkotnika izdelajte GMK 3×3 .

Ernest Bergholt je 1910 objavil »formulo« za tvorjenje GMK reda 4, ki ima v celicah tudi nekaj osnovnih likov. Določite osnovne like in sestavite GMK po tabeli 3.

$A - a$	$C + a + c$	$B + b - c$	$D - b$
$D + a - d$	B	C	$A - a + d$
$C - b + d$	A	D	$B + b - d$
$B + b$	$D - a - c$	$A - b + c$	$C + a$

TABELA 3.

Bergholtova shema za GMK reda 4

Več primerov geometrijskih magičnih kvadratov tudi višjih redov najdete tudi na spletni strani www.geomagicssquares.com.

Literatura

- [1] Lee C. F. Sallows *Geometric Magic Squares, A Challenging New Twist Using Colored Shapes Instead of Numbers*, Dover Publications, Inc., Mineola, New York, 2013.

× × ×

Kapljice dežja



ANDREJ LIKAR

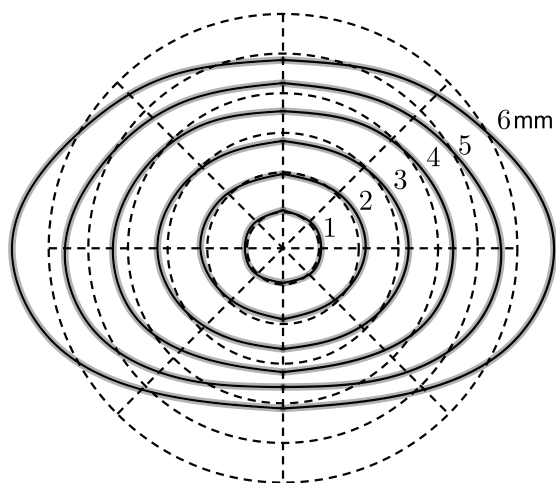
→ Kapljice dežja ilustratorji najpogosteje rišejo podolgovate s konico na vrhu, podobno, kot je predstavljeno na sliki 1, torej v obliki solze. Tudi sicer prevladuje mnenje, da imajo kapljice ribbo obliko, saj deluje na tako oblikovano kapljico precej manjši zračni upor kot na kroglico. Kapljice, ki visijo na vejah, tik preden padejo, so res podolgovate, vendar ne zaradi upora zraka.



SLIKA 1.

Kapljica dežja, kot si jo najpogosteje zamišljajo ilustratorji slikanic.

Manjše dežne kapljice imajo obliko kroglice, večje pa so nekoliko sploščene, kot kaže slika 2. Sploščenost je opazna pri kapljicah s polmerom nad 3 mm. Torej niti sledu o kakšni podolgovati obliki s konico na vrhu! Ko sem tole razlagal prijatelju Bogdanu, se s kroglasto obliko kapljic ni mogel sprijazniti. Morda je tako blizu tal, mi je ugovarjal, a gori blizu oblakov je oblika lahko drugačna. Tam pa verjetno ni nihče podrobneje opazoval kapljic. Prav mogoče je, da so solznate oblike. Le kako mu pokazati, da se moti? Spomnil sem se mavrice, ki jo tvori svetloba, odbita od notranjih sten kapljic visoko nad tlemi. O mavrici je Bogdan sicer nekaj vedel, a ne prav podrobno. Torej sem začel z razlago in jo podkrepil z računalniškim programom, kjer se računi loma in odboja bliskovito opravijo. Seveda je pisanje programa malo manj bliskovito, a sem ga napisal in preveril že prej. Kdor pa želi kaj več vedeti o tem računanju na roko, naj si pogleda članek v eni prejšnjih številok Preseka [1].

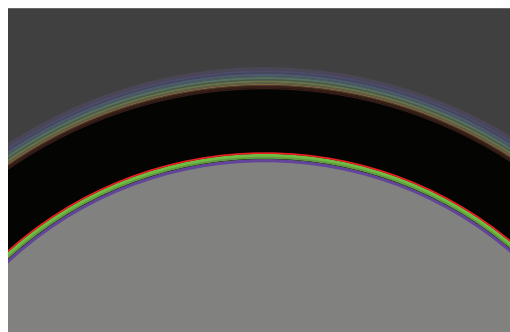


SLIKA 2.

Prava oblika dežnih kapljic

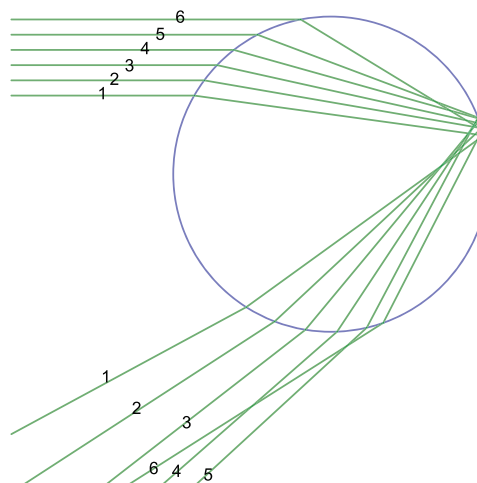
Na sliki 3 sta prikazani mavrici, kot ju lahko vidimo. Primarna je dobro vidna, sekundarna pa je šibkejša in je ne vidimo vedno. Pri sekundarni je vrstni red barv zamenjan glede na primarno, na vrhu je vijolična, spodaj pa rdeča, poleg tega pa je skoraj dvakrat širša. Pod primarno mavrico je nebo osvetljeno, prav tako nad sekundarno, med njima pa je temno področje, kjer vidimo le nebo. Kot med sončnimi žarki in lomljeno svetlobo, ki tvori primarno mavrico, je 42° , pri sekundarni pa je ta kot 51° .

Najprej si oglejmo, kako nastane primarna mavrica. Na sliki 4 so prikazane poti šopa vzporednih enobarvnih žarkov, ki se sipljejo skozi kapljico. Prikazan je le šop, ki je za nastanek mavrice pomemben; to so žarki blizu zgornjega dela kapljice. Privzamemo kroglaste kapljice, pozneje bomo to spremenili. Žarki so prikazani dovolj na redko, da jim lahko sledimo posamezno. Vidimo, da se kot med dvakrat lomljenim in enkrat odbitim žarkom in vpadnim spreminja z oddaljenostjo vpadnega žarka od središčnega. Z večanjem oddaljenosti se kot najprej povečuje, potem pa se začne spet zmanjševati. Pri določenih oddaljenosti se kot skoraj ne spreminja. Če gledamo sipano svetlobo, bomo v tej smeri zaznali zelo svetel rob (glej sliko 5). Pri drugačni barvi vpadne svetlobe je ta rob pri nekoliko drugačnem kotu. Kot narašča od rdeče barve do vijolične, zato se robovi ne prekrivajo in tako vidimo mavrico. Pod njo



SLIKA 3.

Mavrici na povsem temnem nebu



SLIKA 4.

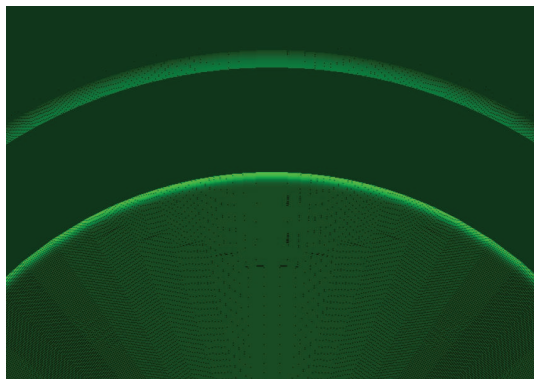
Nastanek primarne mavrice

vidimo sipano svetlobo vseh barv, kar vidimo kot enakomerno belo svetlobo.

Tudi pri sekundarni mavrici vidimo tak rob, le da se tu žarki odbijejo dvakrat, preden se drugič lomijo in zapustijo kapljico (glej sliko 6). Račun kota med vpadnimi žarki, gledano proti Soncu, in kotom svetlega roba je tu okrog 51° . Spet je malo različen za različne barve in tudi tu vidimo mavrico, ki je sicer šibkejša zaradi enega odboja več in prav zato tudi širša.

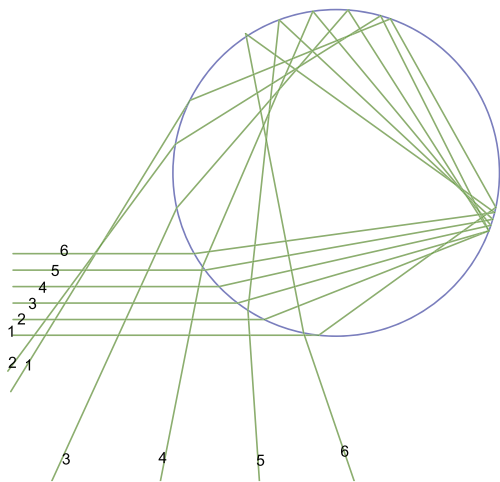
Na sliki 7 in 8 je mavrica lepo vidna, saj smo računali odboj pri šestih različnih spektralnih barvah in s





SLIKA 5.

Mavrica, kot bi jo videli v enobarvni svetlobi s Sonca.

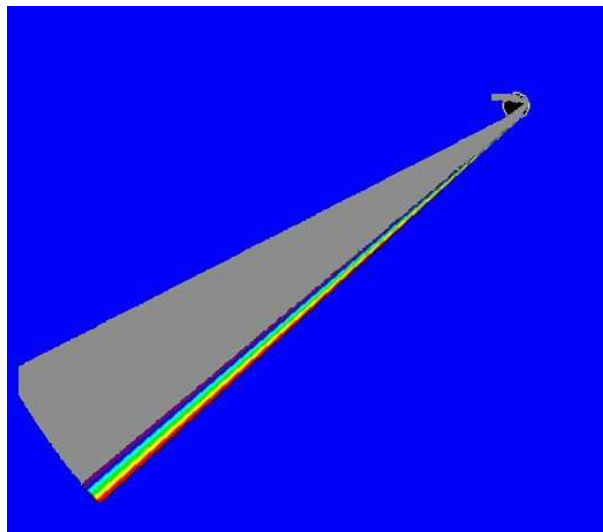


SLIKA 6.

Nastanek sekundarne mavrice

stotinami žarkov. Pri padajočih kapljicah seveda ne vidimo vseh barv naenkrat. Najvišje kapljice zablestijo najprej v rdeč barvi, nato, ko padejo nekoliko nižje, v rumeni, potem pa izmenjaje do vijolične. Pri nadaljnjem padanju vidimo le šibko sipano belo svetlobo. Ker je v dežju mnogo kapljic na različnih višinah, vidi mavrico tudi fotografski aparat s kratkim časom osvetlitve.

Bogdana nisem povsem prepričal, da morajo biti kapljice res kroglaste. »Res«, je ugovarjal, »morda se opazovanja povsem ujemajo z računi, a je lahko tako



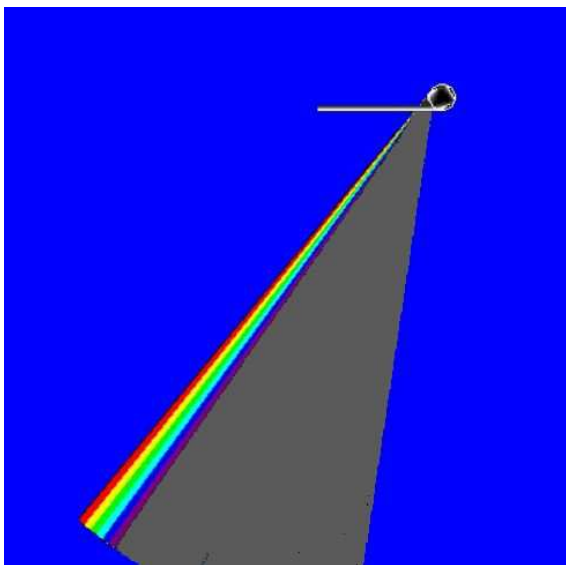
SLIKA 7.

Primarna mavrica, dobljena z različnimi lomnimi količniki za ustrezne barve in stotinami žarkov.

tudi pri kaki drugi obliki kapljic.« Torej sem ponovil račune za podolgovato, solzasto obliko kapljice. Izbral sem obliko na sliki 1, kjer je kot na vrhu enak 60° , in poskušal najti pogoje za primarno mavrico. V prejšnjem primeru je zaradi simetrične kapljice za doščal en pramen žarkov, tu pa sem moral smer vpadnega šopa spreminjati.

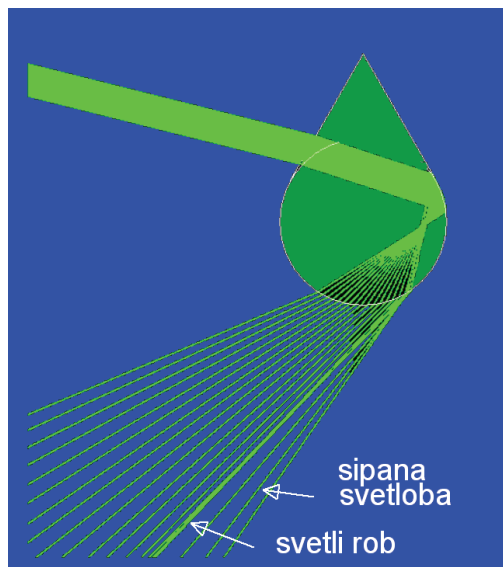
Na sliki 9 je pri precej nagnjenem snopu videti šibak svetel rob, a pri kotu 62° , kar je povsem drugače kot pri okrogli kapljici. Pri malo manj nagnjenem snopu na sliki 10 je sipana svetloba že zelo blizu roba, pri vodoravnem vpadu pa roba ne vidimo več. Primarna mavrica bi se torej pojavila le, ko bi bilo Sonce dovolj visoko na nebu in to pod povsem drugačnim kotom kot pri okroglih kapljicah. To je Bogdana le prepričalo, da so kapljice okrogle tudi blizu oblakov.

Za konec si oglejmo še mavrico na zelo velikih kapljicah, ki so vidno sploščene. Na sliki 11 zasledimo potek žarkov pri taki kapljici s premerom kake 3 mm. Svetel rob se sicer tvori, a pri kotu 17° . Za opaženi kot 42° morajo biti kapljice okrogle, odstopanje od krogelne oblike kaj hitro spremeni ta kot. Pri $\approx 5\%$ odstopanju od krogelne oblike se kot spremeni za $\approx 5^\circ$. Mavrica se torej tvori le na kapljicah s premerom, manjšim od ≈ 1 mm.



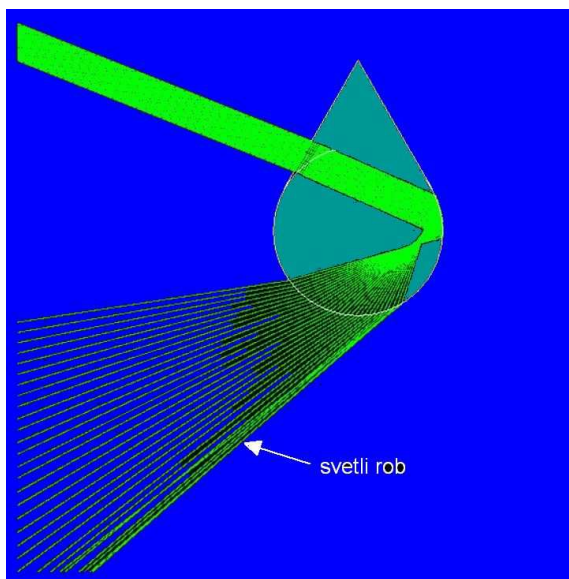
SLIKA 8.

Sekundarna mavrica, dobljena tako kot na sliki 7.



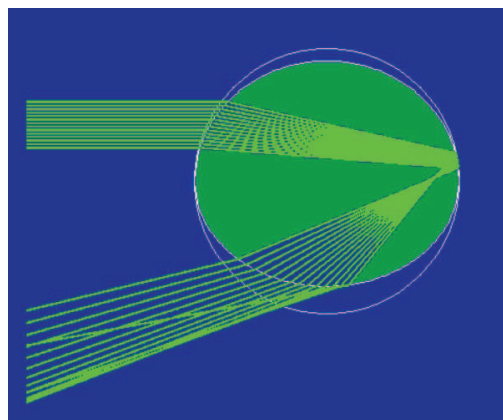
SLIKA 10.

Potek žarkov pri kapljici solzaste oblike pri manjšem kotu vpadnega snopa



SLIKA 9.

Potek žarkov pri kapljici solzaste oblike pri večjem kotu vpadnega snopa



SLIKA 11.

Potek žarkov pri veliki kapljici s premerom okrog 3 mm. Pri takih kapljicah bi videli mavrico pod kotom okrog 17° . Da je sploščenost kapljice dobro vidna, smo dorisali še okroglo kapljico z enakim, največjim premerom.

Literatura

[1] M. Vencelj, *Mavrica*, Presek 38 (2010/2011) 1, 1.

× × ×