

# PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 5 (1977/1978)

Številka 4

Strani 220-224

Ivan Kuščer:

## ENAJSTA ŠOLA IZ FIZIKE, IV. Del

Ključne besede: fizika.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/5/5-4-Kuscer.pdf>

© 1978 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2009 DMFA - založništvo

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

SVETLOBA IN BARVE NA NEBU

Svetlobni pojavi na nebu so bili od nekdaj v veselje pesnikom in drugim umetnikom, pa tudi fizikom. Če hočemo te pojave razumeti, moramo nekaj vedeti o odboju in lomu svetlobe ter še o uklonu in interferenci.

Človek bi mislil, da odboja v zraku nikjer ne vidimo, ker ni ravnih površin. Da se motimo, pove slika, ki je bila posneta iz letala (Sl. 40). Globoko pod nami je plast koprenastih oblakov - cirrusov - na kateri se razločno zrcali Sonce. Vemo, da so taki oblaki iz ledenih kristalčkov in domnevati moramo, da so kristalčki ploščati, kot kake majhne snežinke. Ko počasi padajo, se sami od sebe postavijo v približno vodoravno lego, da pričarajo videz ogledala.

Podoben razmazan odboj dobimo na rahlo valovitem morju, na katerem se pokaže nekakšna zlata cesta. Takšno "cesto" vidimo tudi na lastnih vekah, če na pol zamižimo, ko gledamo v luč. Lahko jo tudi naredimo na urnem steklu, s tem da čezenj potegnemo s potno dlanjo. Odsev luči na steklu je potem prekrizan s svetlo črto, ki stoji pravokotno na potnih sragah. Črta je sestavljena iz drobnih zrcalnih slik luči, ki jih naredijo posamezne srage. Podobno je z valovi na morju.

Ob prvem spomladanskem dežju pogledjmo skozi še golo vejevje proti luči! Zdi se, kot da bi bile veje razporejene v kolobarjih (Sl. 41). Razlaga je podobna kot prej: luč odseva vselej s tistega dela veje, ki stoji v tangentsni smeri na namišljen krog okoli luči. Če kdo razlagi ne verjame, naj pogleda v luč skozi šop steklene volne. Tudi če so vlakna še tako pomešana, se zdijo zvita v kroge.

Z lomom svetlobe znamo razložiti, zakaj je zahajajoče Sonce na videz ploščato. Žarki s spodnjega robu Sonca se močneje lomijo, tako da je ta rob videti bolj privzdignjen kot zgornji.

Tudi mavrico, ki je nemara najbolj imenitni svetlobni pojav

na nebu, si v glavnih potezah razložimo z odbojem in lomom. Sončna svetloba se lomi, ko vstopi v kapljico, se zadaj odbije in se spet lomi ob izstopu. V določenih smereh se zbere posebno dosti te svetlobe - ta nam pričara mavrico. Barve se kažejo zaradi disperzije, se pravi zato, ker ima svetloba z različno valovno dolžino v vodi različno hitrost in se zato različno močno lomi.

Starodavna razlaga z lomom ne more pojasniti vseh značilnosti mavrice. Drobni pisani pasovi na notranjem robu glavne mavrice se na tak način že ne dajo razložiti. Ti pasovi so odvisni od velikosti deževnih kapelj in nastanejo zaradi uklona in interference svetlobe. O obojem se moramo natančneje pomeniti.

Najprej nekaj besed o interferenci! Najlaže jo razumemo, če si ogledamo svetlobo, ki odseva s tankega milnega mehurčka ali z razpoke v ledu ali s plasti olja na vodi. V odbiti svetlobi je plast videti barvasta. Barva se spremeni, če spremenimo debelino ali če plast nagnemo, tako da se spremeni vpadni kot.

Veliko lepši kot na milnem mehurčku ali oljni plasti je interferenčni pojav pri odboju svetlobe na krilih nekaterih zelenih hroščev (Sl. 42). Ko hrošča nagnemo, se zelena barva prelije v modro, kar dokazuje, da imamo res opraviti z interferenco in ne s kakim zelenim barvilom. Hroščeva krila so narejena iz enakomerno razmaknjenih tankih plasti, ki so ločene z zrakom. Razmik je tolikšen, da je za pravokotno odbite žarke pot do druge plasti in nazaj ravno za valovno dolžino zelene svetlobe daljša kot pot do prve plasti. Zato se zelena svetloba ojačeno odbije. Ojačenje je izredno močno, ker prispevajo k temu tudi nadaljnje plasti.

Dolgo so ljudje zavidali hroščem, katerih živozeleni odsev niso znali ponarediti z nobenimi poskusi. Šele v novejši dobi so se naučili izdelovati enakomerne skladovnice tankih plasti, ki učinkujejo podobno kot hroščeva krila. Naredijo jih z izmeničnim naparevanjem dveh različnih snovi v vakuumu. Med takšne izdelke spadajo interferenčni filtri, ki prepuščajo samo svetlobo določene barve, čeprav v njih ni nobenega barvila. Ko filter nagnemo, se barva spremeni.

Uklon je ime za pojav, da gre valovanje lahko okrog ovir. Pri zvočnem valovanju se ne zdi to nič čudnega, ker okrog ogla dobro slišimo. Da bi kaj videli okrog ogla, si pa ne upamo trditi. Vendar pogledjmo previdno proti Soncu, ki ga zastremo z ostrino noža! Zares: ostrina se blešči, čeprav je Sonce zakrito. Svetlobni valovi se uklanjajo ob ostrini. Uklanjajo se dosti manj kot zvok, ker je valovna dolžina tolikokrat krajša. Oglej si še sliko 43!

Zdaj se lahko povrnemo k pojavom na nebu. Ko smo se prej pogovarjali o kapljicah v megli, smo pozabili vprašati, kako velike so pravzaprav. Včasih ugotavljajo to tako, da jih lovijo v plast olja in jih potem gledajo pod mikroskopom. Nekaj pa zvemo tudi z opazovanjem svetlobe, ki se uklanja na kapljicah. Ker se uklanja na vse strani, pravimo, da kapljice sipljejo svetlobo. Zaradi te svetlobe vidimo meglo in oblake.

Debelejše kapljice sipajo bolj kot majhne, pri čemer je pomembno razmerje velikosti v primeri z valovno dolžino. Če je kapljica manjša kot valovna dolžina, siplje modro svetlobo močnejše kot rumeno ali rdečo. Zato je razsuta svetloba videti modrikasta, medtem ko je prepuščena svetloba rdečkasta. Oboje opazimo pri dimu, v katerem je obilo prav drobnih kapljic katrana. Skozi zadimljen zrak je Sonce videti rdečkasto. Ko pa si z vrha hriba ogledujemo zadimljeno plast, se zdi modrikasta (Sl. 44).

Sipanje svetlobe na prav drobnih delcih se da razložiti tudi na bolj preprost način, ne da bi bilo treba študirati uklon in interferenco. Izmenično električno polje svetlobnega valovanja vzbudi v delcu dima električno nihanje. Delec deluje zato kot majhna antena, ki oddaja elektromagnetne valove (to je svetlobo) na vse strani. Smerna porazdelitev teh valov je enaka kot pri majhni radijski anteni paličaste oblike.

Na enak način sipajo svetlobo tudi molekule v zraku. Zaradi molekul je nebo modro. Če se svetloba v zraku ne bi sipala, bi bilo nebo tudi podnevi črno kot ponoči. Večerna svetloba, ki ima daljšo pot skozi zrak, je iz že navedenega vzroka rdečkasta. Vse jutranje in večerne zarje si na ta način lahko razložimo (Sl. 45a).

Ko Sonce zaide, potemni nebo najprej na vzhodni strani. Ob zelo jasnem vremenu se vzdiguje mrak kot kaka temna zavesa. To je senca Zemlje, ki jo zadnji sončni žarki projicirajo v zrak (Sl. 45b).

Megla ima razmeroma debele kapljice in siplje zato vse sestavine bele svetlobe približno enako močno. To slišimo v šoli, tako da se že nič več ne čudimo. Pa vendar ni vse tako preprosto. Namesto megle vzemimo leskov ali kak drug cvetni prah in z njim potresimo šipo! Lisičjakovi trosi so tudi dobri za ta namen; pomembno je samo, da so zrnca prahu vsa enako velika. Pri pogledu skozi potreseno šipo v oddaljeno luč se pokažejo mavrični kolobarji.

Kolobarji se kažejo zaradi interference svetlobe, ki se uklanja na nasprotnih robovih posameznega trosa. V tisti smeri, v kateri je za svetlobo določene barve razlika poti ravno enaka celi valovni dolžini ali njenemu mnogokratniku, se ta svetloba ojači, tako da prevpije druge barve. Če je tros drobnejši, je za enako razliko poti potreben večji odklon žarkov. Razumljivo je torej, da dobimo z drobnejšim prahom večje kolobarje. Na ta način celo lahko določujemo velikost cvetnega prahu, ne da bi potrebovali mikroskop. Na mnogih področjih fizike se uporablja ta način merjenja. Na podoben način so celo določevali velikost in zgradbo protona, le da so namesto svetlobe na njih sipali hitre elektrone.

Za čudo ne dobimo prav nobenih kolobarjev, če potresemo šipo z moko namesto s cvetnim prahom. To je zato, ker so delci moke različno veliki. Za vsako velikost zrnč dobimo svoj kolobar. Številni kolobarji se prekrijejo, tako da se barve zlijejo v razmazan bel soj. Tako šele razumemo, zakaj je megla bela. Zato, ker so v njej različno velike kapljice, ki so vse precej velike v primeri z valovno dolžino.

Na misel nam prihaja, da velikost kapljic v megli morda ni vselej tako hudo različna. Izjemoma se namreč vendarle vidijo kolobarji okrog Sonca in Lune, čeprav so redkokdaj tako lepi kot tisti s cvetnim prahom. Tudi skozi šipo, ki jo z dihanjem orosimo, se vidijo kolobarji (Sl. 46). Če še malo dahnemo, se

kolobarji pomanjšajo, ker se kapljice zdebelijo. Po daljšem poskušanju pa se kolobarji razmažejo, ker so kapljice že preveč različne.

Lep kolobar okrog Lune dobimo samo, če je oblačna koprena šele pravkar nastala, kajti le v mladem oblaku so kapljice približno enako velike. Ko se oblak postara, se kolobar razmaže, kar kaže, da so kapljice postale neenake. Na svoj način se namreč gredo kapljice kapitalizem; majhne hujšajo, debele se pa na njihov račun redijo. To je že zopet zaradi površinske napetosti. Zaradi nje namreč drobnejše kaplje izhlapevajo z večjim tlakom, kot že vemo. Debelejše kaplje, ki so zadovoljne z manj prenasičeno vlažnostjo, pa si prisvajajo odvišno vodno paro.

Kadar se ob sicer jasnem zimskem dnevu pojavi tanek oblak, se včasih zaleskeče v mavričnih barvah. Takrat vemo, da ima posamezen del oblaka same približno enako velike kapljice. Prav kmalu, včasih še preden pripraviš fotografski aparat s teleobjektivom, pa barve že zbledijo, ker so se povečale velikostne razlike med kapljicami.

\* \* \* \* \*

Spomini na enajsto šolo so mi ljubi tudi zato, ker v njej nisem bil sam. Imel sem čudovito družbo, ki jo je povezovala želja, da bi naravi iztrgali kako skrivnost, vsaj kako majhno, če že ne veliko. Drug od drugega smo se našli navdušenja in drug drugemu pomagali videti, kar bi posamezniku ostalo skrito. Ničesar lepšega ne morem želeti mladim bralcem, kot da bi doživeli podobno navdušenje, pa najsi bo ob kakršnikoli dejavnosti že. Vesel bom, če bom s svojim pripovedovanjem vzbudil kaj takih načrtov.

---

*Ivan Kuščer*

---

Podnapisi k slikam so na str. 197.