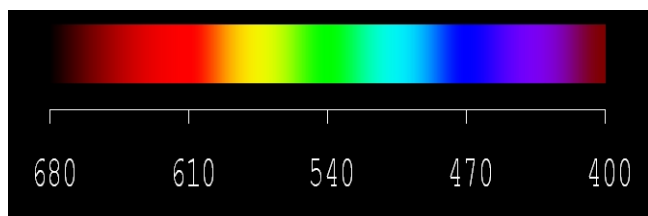


Kako na zaslonu prikazati barve milničnih mehurčkov?

↓↓↓

ANDREJ LIKAR

→ V prispevku [1] smo pokazali, kako z mavričnimi barvami predstavljamo števila. Na sliki 1 je taka lestvica predstavljena z valovnimi dolžinami mavričnih barv, izraženih z nanometri. Še vidni rdeči barvi smo pripisali 680 nm, izginjajoči vijolični pa 400 nm. Za vsako barvo z dano valovno dolžino vemo, kako jo predstavimo na računalniškem zaslonu z njemu osnovnimi barvami: rdečo, zeleno in modro. S to lestvico si pomagamo pri prikazu barv, ki jih opazimo na milničnih mehurčkih ali na tanki plasti olja na vodni gladini. Te barve seveda niso več mavrične.



SLIKA 1.

Mavrične barve z valovnimi dolžinami v nanometrih

Na tanki plasti se odbita bela svetloba obarva. Na sliki 2 je predstavljena skica, ki jo najdemo v sleherni knjigi, ki obravnava osnove fizike. Ko svetloba z izbrano valovno dolžino pade na milnično opno, se odbije na sprednji in zadnji mejni ploskvi. Vpadni kot je označen z α , lomni kot pa z β , tako da velja zaradi lomnega zakona

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n.$$

Tu je n lomni količnik milnice. Svetlobi odbiti od obeh plasti interferirata in daleč stran dobimo bodisi ojačano bodisi pa oslABLJENO svetlobo, pač glede na svetlobo iz prve plasti. Svetloba iz spodnje plasti naredi do očesa nekoliko daljšo pot kot svetloba iz zgornje plasti. Nihanji jakosti električnega polja pri obeh svetlobah zato nista enaki. Če sta usklajeni, da torej obe hkrati dosežeta amplitudo, ničlo in amplitudo v nasprotni smeri, se ojačujeta. Oslabita pa se, če si njuni nihanji nasprotujeta, da torej ena doseže amplitudo, druga pa prav takrat amplitudo v nasprotni smeri. Med obema skrajnima primeroma so delne ojačitve in delne oslabitve.

Nihanje odbitih svetlob v očesu opišemo takole:

- svetloba iz sprednje mejne plasti v izbranem trenutku:
 - $\cos(\omega t)$,
- svetloba iz zadnje mejne ploskve:
 - $\cos(\omega t + \delta)$.

Skupno nihanje je potem vsota obeh:

$$\cos(\omega t) + \cos(\omega t + \delta).$$

Po adicijskem izreku je to

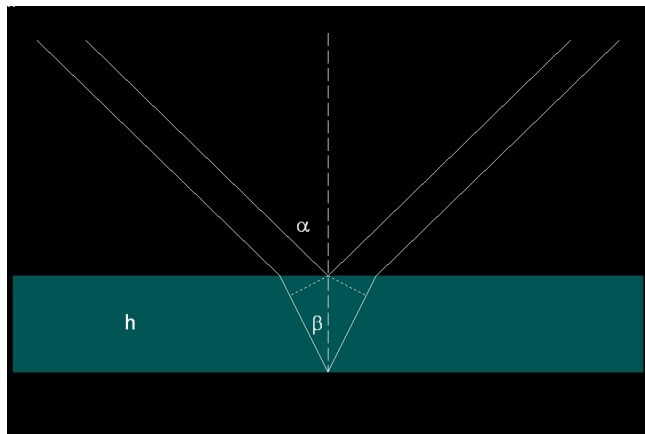
$$2 \cos \omega t \cos \delta.$$

Privzeli smo, da sta amplitudi nihanj obeh svetlob enaki. Od velikosti $\cos(\delta)$ je odvisno, kako svetlo ploskev vidimo. Fazni zaostanek δ , kot imenujemo to pomembno količino, je odvisen od debeline plasti h , lomnega kota β in valovne dolžine svetlobe λ :

$$\cos \delta = \sin\left(\frac{2\pi h n}{\lambda} \cos \beta\right).$$

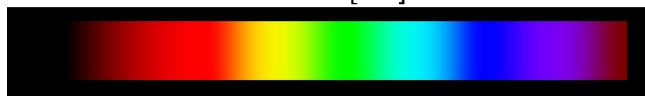
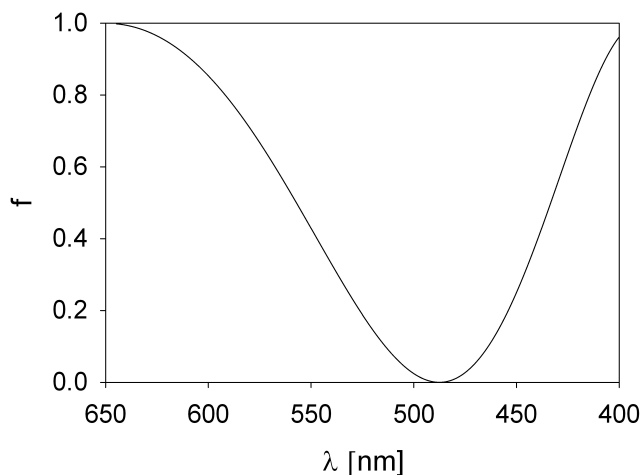
Zakaj je tako, lahko bralec razbere iz slike 2, kjer je razvidno, da je razlika poti obeh svetlob $2h \cos(\beta)$,





SLIKA 2.

Skica, s katero izračunamo fazni zaostanek δ .

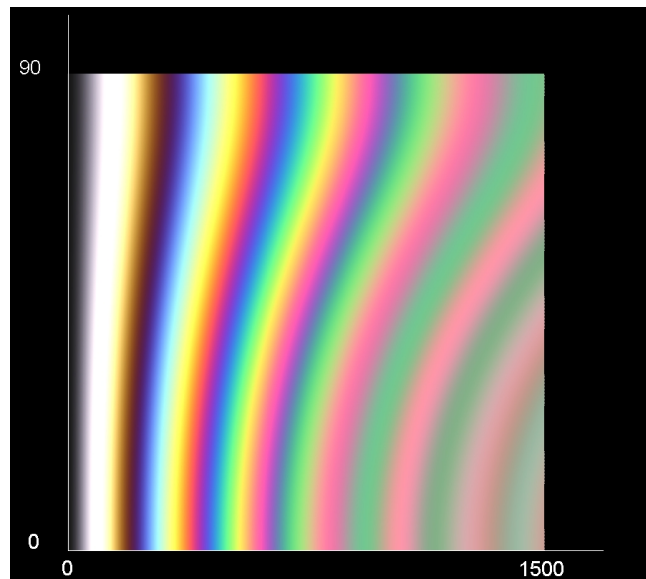


SLIKA 3.

Ojačenje ali slabitev svetlobe v odvisnosti od valovne dolžine pri debelini milnične plasti $h = 375$ nm in zornem kotu $\alpha = 0^\circ$

fazna razlika zato $2hn \cos(\beta)$ in še dodatnih 180° , ker se svetloba na zadnji mejni ravnini odbije z nasprotno fazo.

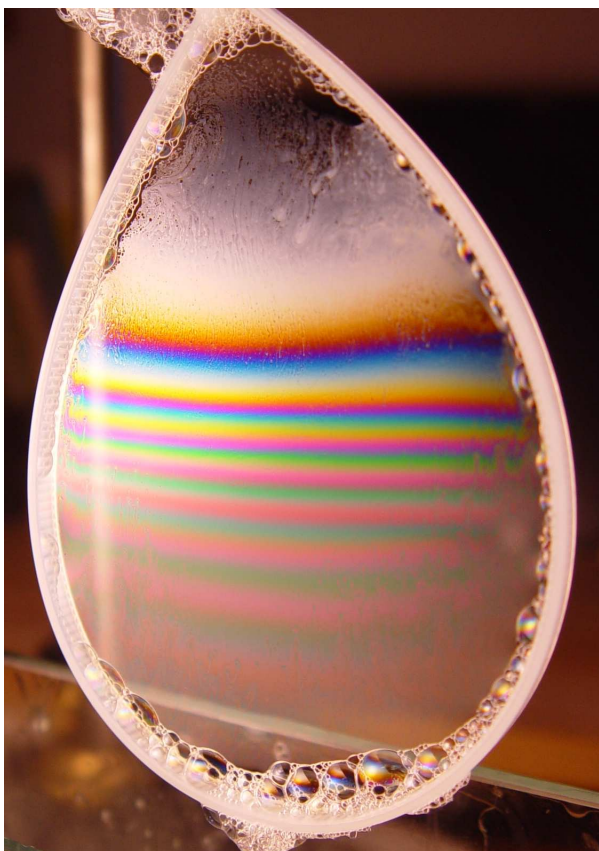
Bela svetloba se po odboju obarva, ker se nekatere njene sestavine ojačajo, druge pa oslabijo. Na sliki 3 smo z grafom ponazorili spremembe jakosti razstavljenе bele svetlobe. Po odboju na zrcalu bi bila krivulja vodoravna, po odboju na tanki plasti pa kaže izrazito spreminjanje. Krivulja ojačitve ali oslabitve je odvisna ne le od valovne dolžine svetlobe, temveč tudi od debeline plasti, lomnega količnika plasti n in zornega kota α .



SLIKA 4.

Izračunane barve milnične opne v odvisnosti od debeline opne (os x) in zornega kota α (os y). Opna se proti desni enakomerno debeli od debeline 0 do debeline 1500 nm, zorni kot pa enakomerno narašča od 0 (pogled pravokotno na opno) do 90° (tangencialni pogled).

Ker vemo, kako posamezne mavrične barve sestavimo na zaslonu, lahko upoštevamo interferenco na plasti za vsako barvo posebej in potem dobljeni spekter sestavimo nazaj v eno samo zaslonko barvo. Na sliki 4 smo prikazali barve po odboju na milnični opni v odvisnosti od debeline plasti (os x) in zornega kota α (os y). Slika 5 kaže eksperimentalno dobljene barve opne, ki se ji debelina navzdol večja, kjer smo barve posneli s fotoaparatom. Ujemanje je kar dobro, majhne razlike nastanejo zaradi rdečkaste svetlobe iz svetila.



SLIKA 5.

Posnete barve na milnični opni, ki se ji debelina večja od zgoraj navzdol. Na vrhu je opna zelo tanka, ker teža vleče milnico na spodnji del opne, ki se pri tem debeli.



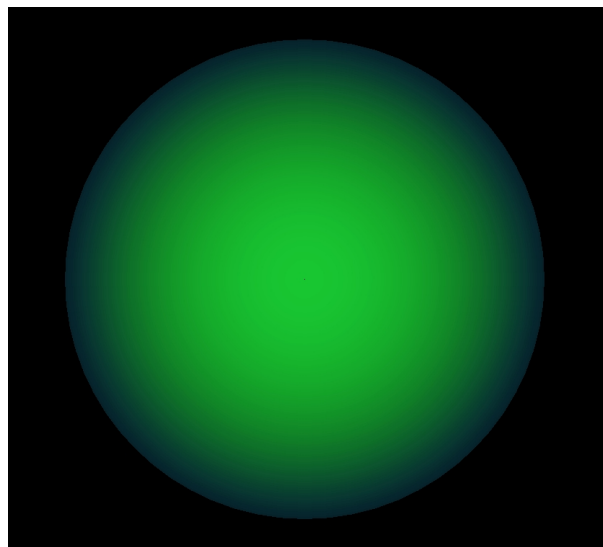
SLIKA 6.

Izsek iz slike 5

Komentirajmo dobljeno barvno sliko milnične opne. Pri zelo majhni debelini se odbita svetloba ne glede na njeno valovno dolžino popolnoma oslabi, ker se na zadnji mejni ravnini opne odbije z nasprotno fazo. Pri nekoliko večji debelini se svetloba iz

obeh mejnih ploskev ojačuje spet ne glede na valovno dolžino, ki je pri vseh mavričnih barvah mnogo večja od debeline plasti. Vidimo skoraj belo progno. Za njo se pojavijo značilne barve, ker se del svetlobe z ustreznimi valovnimi dolžinami oslabi, ostali deli pa ojačijo. Barve so tu izrazite, potem pa pri vse večji debelini opne postajajo vse bolj blede, ker se ojačujejo in slabijo vse ožji pasovi barv v mavrici – odbita svetloba postaja siva.

V prvi številki lanskega Preseka je na naslovnici prikazan racak s čudovito obarvanim perjem. Kako pa pride do takšnih barv? Zgradba peres je prav zanimiva, pod močnimi mikroskopi se razkrije ponavljajoči se vzorec, ki odbija svetlobo. Interferenca teh odbojev ojači svetlobo v ozekem pasu valovnih dolžin. Na sliki 7 smo prikazali kroglo, ki bi odbijala svetlobo kot racakovo perje na glavi. Zelena barva prehaja v modro na robovih slike, kjer je zorni kot drugačen kot na sredini.



SLIKA 7.

Krogla, ki odbija svetlobo kot perje na racakovi glavi.

Literatura

- [1] A. Likar, *Barvna lestvica*, Presek (2016/2017), 44, 4.

× × ×