

Fizikalne osnove svetlobe

Svetloba

Svetloba - skrivnostna in fascinantna spremljevalka človekove zgodovine

Kako deluje vid?

Svetloba in vid

Dva pojma, ki sta danes neločljivo povezana.

Vendar ni bilo vedno tako.

Stari Grki

Stari Grki so veliko razmišljali o vidu in razvili nekaj zanimivih teorij.

“Tipalna teorija”

Platon in Evklid ter njuni učenci verjamejo, da iz oči izhajajo posebni žarki, ki “otipavajo” predmete. Zato nekaterih predmetov ne opazimo takoj, temveč šele čez nekaj časa (ko se žarki vrnejo.)

“Sevalna” teorija

Pitagora in njegova šola uči, da predmeti v naši okolici sevajo delce in ko ti prispejo v naše oči te predmete vidimo.

Problem teme

Aristotel je nekoliko skeptičen okoli obeh teorij, saj bi v obeh primerih morali videti tudi v temi. Torej je možno, da pridejo žarki od drugod.

Arabski svet

Ob prelomu prvega tisočletja je največ znanja nakopičenega v Egiptu, ki je takrat že arabski.

Vid je povezan s svetlobo

Alhazen (Abu-'Ali Al-Hasan Ibn Al- Haytham) poveže svetlobo in vid zaradi dejstva, da nas, če pogledamo v sonce, v očeh zaboli.

Vid je od takrat neločljivo povezan s svetlobo.

Zahodni svet 17. stoletja

V 17. stoletju se ne sprašujejo več “Kako vidimo?” temveč že “Kaj je svetloba?”

Teorija delcev

Sir Isaac Newton postavi teorijo delcev, po kateri je svetloba sestavljena iz toka delcev.

Valovna teorija

Christiaan Huygens oporeka Newtonu in postavi valovno teorijo, po kateri je svetloba valovanje.

Valovanje ali tok delcev

Obe “stranki v postopku” najdeta obilo dokazov v prid svoje teorije in v škodo nasprotnikove teorije.

Če bi svetloba bila valovanje...

...bi se morala širiti tudi za oviro, tako kot valovi na vodi. Ker pa poznamo senco, temu ni tako.

Danes vemo, da se svetloba uklanja (širi za oviro), vendar je ta uklon razmeroma majhen, zato ga Newton ni opazil.

Če bi svetloba bila tok delcev...

...bi morala dva curka svetlobe, ki se križata, medsebojno delovati drug na drugega, tako kot dva curka vode.

Radiometer meri energijo, ki jo s seboj nosijo delci svetlobe. Več je svetlobe, hitreje se vrti.

Kdo ima prav?

Kdo je imel prav, še danes ne vemo čisto natančno. Je pa res, da je imela teorija delcev predvsem zaradi slavnejšega "očeta" v 17. stoletju precej več privrženecv kot teorija valovanja, ki je do leta 1800 skoraj niso omenjali.

Elektromagnetno valovanje

Škotski matematik James Maxwell konec 19. stoletja združi elektriko, magnetizem in svetlobo v eno: Elektromagnetno valovanje in s tem zabije žebelj v krsto teorije o delcih.

Svetloba kot del EM valovanja

Teorija elektromagnetnega valovanja pojasni vse lastnosti svetlobe razen ene:

Svetloba kot del EM valovanja

Fotoelektričnega učinka svetlobe

Kvantna teorija svetlobe

Po odkritju Heinricha Hertza, da svetloba lahko izbija elektrone, Max Planck postavi novo teorijo svetlobe: Kvantno teorijo.

Končno!

S pomočjo Planckove kvantne teorije Albert Einstein razloži še fotoelektrični efekt in tako konča zadevo. Einstein delec svetlobe poimenuje foton.

Ali je res že konec?

Po najnovejši teoriji je svetloba še vedno sestavljena iz fotonov, vendar ti niso kompaktni delci, temveč sestavljeni iz dveh polovic.

Svetloba kot del EM spektra

Če svetlobo obravnavamo kot del elektromagnetnega spektra, se nahaja med mikrovalovi in rentgenskimi žarki.

Svetloba kot del EM spektra

Vendar pa človeško oko zazna le del spektra svetlobe.

Svetloba kot del EM spektra

360-400 nm 760-830 nm

315 nm

280 nm

100 nm

1.400 nm
3.000 nm
1.000.000 nm
Vidna svetloba
IR-A sevanje
IR-B
IB-C
UV-A žarki
UV-B
UV-C

Svetloba kot del EM spektra

Vidna svetloba zajema področje od približno 340 do približno 830 nm.

Pojavi ob širjenju svetlobe

Karkoli svetloba že je, dejstvo je, da lahko ob njenem širjenju po prostoru opazujemo zanimive pojave kot so: lom, zrcalni in totalni odboj, razklon, vpijanje, razprševanje, odsevanje, presevanje, interferenca, uklon in polarizacija.

Hitrost svetlobe

Hitrost svetlobe v vakuumu je 299.792.458 m/s

Foucaultova naprava za merjenje hitrosti svetlobe (1862): 298.000 km/s.

Hitrost svetlobe

V različnih medijih se svetloba širi različno hitro.

Razmerje med hitrostjo svetlobe v vakuumu in mediju podaja lomni količnik.

Lomni količnik

$n = c/v$ c ... hitrost svetlobe v vakuumu
 v ... hitrost svetlobe v mediju

Zrak 1,0003 Voda 1,33 Glicerin 1,47 Olje 1,515 Steklo 1,52 Kremen 1,66
Cirkonijev silikat 1,92 Diamant 2,42 Svinčev sulfid 3,91

Lom svetlobe

Pri prehodu svetlobe med dvema optično različno gostima snovema se svetloba lomi.

Lom svetlobe

$n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2$

Zrcalni odboj svetlobe

Svetloba se odbija od zglajenih površin z večjo optično gostoto.
vpadni in odbojni kot sta enaka

Totalni odboj svetlobe

Pri prehodu svetlobe iz optično gostejše v optično redkejšo snov se svetloba lomi, vendar le do določenega kota. Nato pa pride do totalnega odboja.

Totalni odboj

Totalni odboj s pridom uporabljamo na več področjih.

Totalni odboj

Med drugim tudi pri razsvetljavi.
ELDACON tehnologija (Siteco)

Razklon svetlobe

Ker ima svetloba različnih valovnih dolžin različne lomne količnike, pride do razklona svetlobe.

Vpijanje svetlobe

Med prehajanjem svetlobe skozi snov, se del energije svetlobe "izgubi". Snov svetlobo vpije. Ta energija se se lahko pretvori v:

- toploto
- sevanje z drugo valovno dolžino
- električno energijo
- kemično energijo

Vpijanje svetlobe

Pri prehodu skozi homogeno snov jakost svetlobe eksponencialno pada.
 $i0$... začetna jakost, α ... vpojni faktor ($f(\lambda)$), d ... dolžina poti

Možno je, da ima α negativno vrednost. V tem primeru se svetloba ojači (laser), vendar je potrebno dovesti energijo.

$$i = i0 * e^{-\alpha*d}$$

Razprševanje svetlobe

Pri prehodu skozi snov se svetloba lahko razprši. Pri tem lahko dodatno pride še do razklona.

Do razprševanja pride v nehomogenih snoveh zaradi številnih odbojev in lomov svetlobe.
Primer: vodne kaplice v megli.

Razpršeno presevanje svetlobe

Do razprševanja svetlobe pride pri prehodu svetlobe skozi nehomogeno snov.
Skozi tako snov ne moremo videti slike predmeta.

Razpršeno odsevanje svetlobe

Če je površina predmeta, od katerega svetloba odseva, nehomogena, pride do razpršenega odsevanja.

Na taki površini ne dobimo zrcalne slike predmeta.

Interferenca svetlobe

Pri dveh koherentnih valovanjih svetlobe pride do interference: seštevanja in odštevanja valov oziroma ojačitve in oslabitve svetlobe.

Interferenca svetlobe

Konstruktivna interferenca - seštevanje
Destruktivna interferenca - odštevanje

Uklon svetlobe

Svetloba se, podobno kot valovanje, uklanja ob robu ovire.

Polarizacija svetlobe

Svetloba se lahko ob prehodu skozi snov ali pri odboju od snovi polarizira. Polarizirana svetloba niha samo v eni smeri.

Polarizacija svetlobe

Od ceste odbita svetloba je polarizirana v horizontalni (s cesto vzporedni) smeri, zato ne pride skozi polarizacijska stekla sončnih očal (bleščanje je tako zmanjšano).

Merjenje svetlobe

Fiziki, ki ponavadi želijo vse izmeriti, so za merjenje svetlobe (in drugih elektromagnetnih valovanj) postavili RADIOMETRIJO.

Energija in moč, ki jo oddaja vir

Vir s sevanjem oddaja energijo in moč.

Govorimo o sevalnem toku ali fluksu (radiant flux), ki predstavlja energijo, ki jo vir izseva v enoti časa.

Φ_e sevalni tok (W)

Jakost sevanja

Če vir ne seva energije v vse smeri enakomerno, lahko govorimo o jakosti sevanja (radiant intensity).

Jakost sevanja je definirana s pomočjo sevalnega toka v enoti prostorskega kota.

Ie jakost sevanja (W/sr)

$$I_e = \Phi_e / \omega$$

Obsevanost

Obsevanost (irradiance) je merilo za količino sevalnega toka, ki pada na neko ploskev oziroma ploskovno gostoto sevalnega toka.

Ee obsevanost (W/m²)

$$E_e = \Phi_e / A$$

Sevalnost

S sevalnostjo (radiance) označimo jakost sevanja določene ploskve pod določenim kotom.

Le sevalnost (W/rd m²)

$$L_e = I_e / A \cdot \cos\theta$$

Prostorski kot

Prostorski kot je definiran kot razmerje med površino krogelnega izseka in polmerom krogle.

Enota je steradian (sr).

Podobno je definiran tudi ravninski kot: kot razmerje med krožnim lokom in polmerom kroga.

Enota je radian (rd).

$$\omega = A/r^2$$

Za konec

- Svetloba se obnaša včasih kot valovanje včasih pa kot tok delcev.
- Svetloba je elektromagnetno valovanje z lastnostmi valovanja in toka delcev.

- Vidna svetloba zajema valovne dolžine od približno 340 nm do približno 830 nm (odvisno od posameznika).
- S fizikalnim merjenjem svetlobe se ukvarja radiometrija.

... in še:

Vprašanja?