

VLNOVÉ VLASTNOSTI SVETLA

Definujte svetlo a zaradte ho do spektra elektromagnetického vlnenia

Svetlo je elektromagnetické žiarenie, ktoré je vďaka svojej vlnovej dĺžke viditeľné ľudským okom. Všeobecnejšie je svetlo elektromagnetické vlnenie z intervalu od infračerveného po ultrafialové. Tri základné vlastnosti svetla (a elmag. vlnenia vôbec) sú:

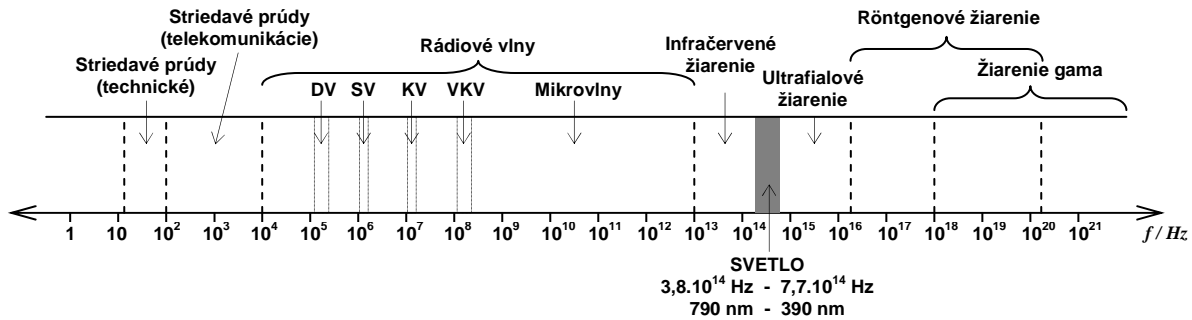
svietivosť (súvisí s amplitúdou)

farba (súvisí s frekvenciou)

polarizácia (súvisí s uhlom vlnenia)

Kvôli vlnovo-časticovej dualite má svetlo niekedy vlastnosti vlnenia a inokedy vlastnosti častíc.

Čo sa týka frekvencie svetla tá je z intervalu $f \in \langle 3,8 \cdot 10^{14} ; 7,7 \cdot 10^{14} \rangle$ Hz. Vlnová dĺžka svetla je z intervalu $\lambda \in \langle 390 ; 790 \rangle$ nm.



Poznámka: Na prepočet frekvencie a vlnovej dĺžky využívame vzťah $c = f \cdot \lambda$, v ktorom c je konštanta a je to rýchlosť svetla v danom látkovom prostredí. Pre vákuum a vzduch platí $c \approx 3 \cdot 10^8$ m.s⁻¹.

Poznámka: Pri prechode bieleho svetla hranolom môžeme pozorovať jeho spektrálny rozklad. Stredná vlnová dĺžka jednotlivých farieb spektra je postupne: červená - $\lambda = 650$ nm ; oranžová - $\lambda = 600$ nm ; žltá - $\lambda = 580$ nm ; zelená - $\lambda = 525$ nm ; modrá - $\lambda = 450$ nm ; indigová - $\lambda = 420$ nm ; fialová - $\lambda = 400$ nm .

Definujte pojmy absolútny a relatívny index lomu, vyjadrite rýchlosť svetla vo vákuu a jej zmenu v látkovom prostredí

Všetky látky (aj vákuum) môžeme z hľadiska šírenia svetla rozdeliť na priehľadné (nedochádza v nich k rozptylu svetla), nepriehľadné (svetlo sa v nich nešíri) a priesvitné (dochádza v nich k rozptylu svetla do všetkých smerov). V nasledujúcich úvahách má význam zamerať sa na priehľadné optické prostredia. Ak je navyše takéto optické prostredie rovnomerné (homogénne), svetlo sa v ňom šíri priamočiario. Na popis šírenia svetla zavádzame model svetelného lúča, a platí to princíp nezávislosti chodu svetelných lúčov.

V roku 1849 bolo uskutočnené meranie rýchlosti svetla s pomerne presným výsledkom. (francúzsky fyzik Armand Fizeau nameral hodnotu 313274 km.s⁻¹) Dnes používaná presná hodnota rýchlosti svetla je $c = 299\,792\,458$ m.s⁻¹. Vo výpočtoch používame približnú hodnotu $c = 3 \cdot 10^8$ m.s⁻¹.

Rýchlosť svetla vo vákuu je univerzálnou konštantou. V iných látkových prostrediach závisí od fyzikálnych vlastností látky (teploty, tlaku, ... ale niekedy aj od frekvencie svetla), pričom vždy platí že rýchlosť svetla v látkovom prostredí je vždy menšia ako rýchlosť svetla vo vákuu.

Absolútny index lomu

Rýchlosť svetla v optickom prostredí v podstate popisuje vlastnosti tohto prostredia. Aby sme si nemuseli pamätať konkrétne hodnoty týchto rýchlostí bola zavedená bezrozmerná fyzikálna veličina: „**absolútny index lomu**“.

Absolútny index lomu je definovaný vzťahom
$$n = \frac{c}{v}$$

kde c je rýchlosť svetla vo vákuu a v je rýchlosť svetla v sledovanom opt. prostredí. (Pre absolútny index lomu platí: $n \geq 1$)

Ak poznáme index lomu prostredia, potom rýchlosť svetla v tomto prostredí je
$$v = \frac{c}{n}$$
.

Relatívny index lomu

Ak sa svetlo šíri medzi dvoma optickými prostrediami pričom ani jedno z nich nie je vákuum, potom definujeme: „relatívny index lomu“.

Relatívny index lomu je daný vzťahom
$$n_r = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

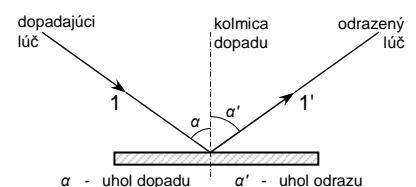
Kde v_1 (n_1) je rýchlosť opticky redšieho prostredia (index lomu opticky redšieho prostredia)

v_2 (n_2) je rýchlosť opticky hustejšieho prostredia (index lomu opticky hustejšieho prostredia)

Vyslovte a zapíšte rovnicu zákona odrazu a opíšte úplný odraz vlnenia

Zákon odrazu: Odrazený lúč zostáva v rovine dopadu a veľkosť uhla odrazu sa rovná veľkosti uhla dopadu.
$$\alpha' = \alpha$$

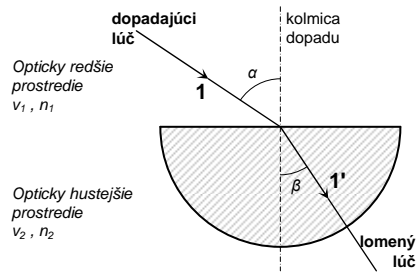
Rovina dopadu je rovina určená kolmicou dopadu a dopadajúcim lúčom.



Poznámka: Pri zákone odrazu platí **zákon zámennosti chodu lúčov**, čo znamená, že dopadajúci a odrazený lúč by sme mohli zameniť, pričom by zákon odrazu naďalej platil
 Poznámka: Zákon odrazu nezávisí od vlastností svetla a platí pre svetlo každej frekvencie.

Zákon lomu: Lomený lúč zostáva v rovine dopadu a pomer sínusu uhla dopadu k sínusu uhla lomu (prevrátená hodnota pomeru abs. Indexov lomu daných prostredí, resp. pomer rýchlostí svetla v daných prostrediach) je pre dve dané prostredia konštantný.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$



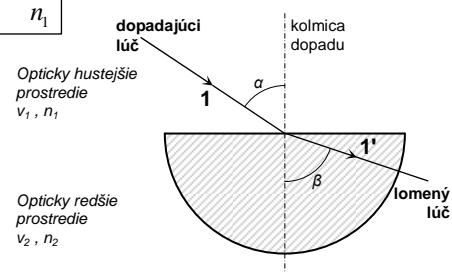
Pri lome svetla môžu nastať dva prípady:

Lom ku kolmici – ak svetlo postupuje z opticky redšieho prostredia do opticky hustejšieho. V tomto prípade platí:

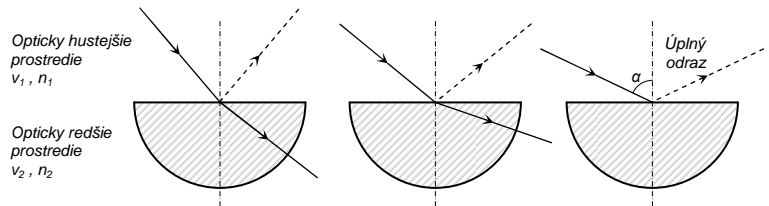
$$\alpha > \beta ; v_1 > v_2 ; n_1 < n_2$$

Lom od kolmice – ak svetlo postupuje z opticky hustejšieho prostredia do opticky redšieho. V tomto prípade platí:

$$\alpha < \beta ; v_1 < v_2 ; n_1 > n_2$$



Úplný odraz svetla – Ak svetlo postupuje z opticky hustejšieho prostredia do opticky redšieho a dochádza k lomu od kolmice, je zrejmé, že pri určitej veľkosti uhla dopadu by sa mal uhol lomu rovnať 90°. Prakticky to znamená, že sa lomený lúč stratí a dochádza tak k úplnému odrazu svetla.



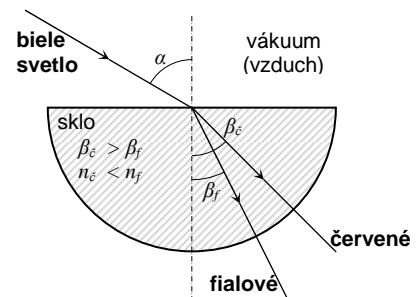
Poznámka: Uvedomte si, že pri úplnom odraze platí: $\beta = 90^\circ \Rightarrow \sin \beta = 1$. A pokiaľ ak je opticky redším prostredím vzduch potom $n_2 \approx 1$. Pre uhol úplného odrazu platí: $\sin \alpha = \frac{1}{n_1} \Rightarrow \alpha = \arcsin \frac{1}{n_1}$ ($\arcsin x = \sin^{-1} x$)

Vysvetlite podstatu rozkladu (disperzie) bieleho svetla

Frekvencia je vlastnosť svetla, ktorá sa nemení bez ohľadu na to, v akom prostredí sa svetlo šíri. Rýchlosť, ktorou sa svetlo v danom prostredí šíri teda závisí (okrem vlastností prostredia) aj od frekvencie svetla. Preto je od frekvencie svetla závislý aj index lomu prostredia. Tento fyzikálny jav sa nazýva **disperzia**.

Dôkazom disperzie je zafarbenie okrajov bieleho svetla pri lome na optickej platni. Ešte výraznejšie bude tento jav pozorovaný, ak úzky pás svetla vymedzeného štrbinou dopadá na optický hranol. V tomto prípade môžeme po lome bieleho svetla optickým hranolom pozorovať sústavu farebných pruhov, ktorú nazývame „**spektrum**“. Dá sa jednoducho dokázať že spektrálne farby sú jednoduché. Z týchto pokusov vyplýva, že biele svetlo je zmesou jednoduchých spektrálnych svetiel z rozličnými frekvenciami.

(fialové svetlo $f_f = 7,8 \cdot 10^{14}$ Hz ; červené svetlo $f_\epsilon = 3,8 \cdot 10^{14}$ Hz)

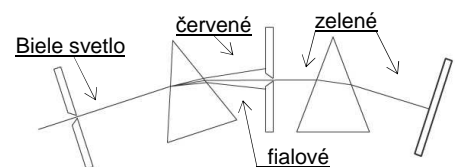
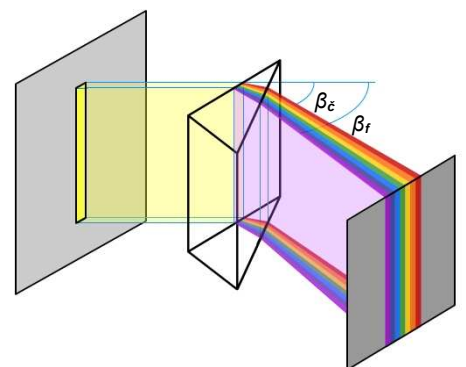
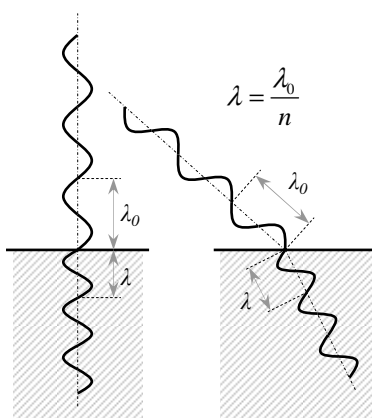


Svetlo s jednou frekvenciou nazývame monofrekvenčné (monochromatické) svetlo. Vzhľadom na to, že frekvencia vlnenia je konštantná v každom optickom prostredí, musí sa v meniť jeho vlnová dĺžka.

Platí teda: $f = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{v}{\lambda}$, kde c je rýchlosť svetla a λ_0 je vlnová dĺžka svetla vo vákuu (vo vzduchu) a v , resp. λ je rýchlosť, resp. vlnová dĺžka svetla v optickom prostredí s indexom lomu n . Preto platí: $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$.

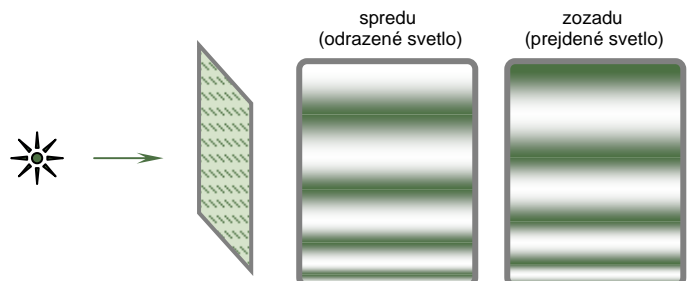
Poznámka: Vlnová dĺžka monofrekvenčného svetla v optickom prostredí s indexom lomu n je n -

krát menšia ako je vlnová dĺžka tohto svetla vo vákuu. (pozri obrázok na nasledujúcej strane)



Vysvetlite jav interferencie svetla

Interferencia (skladanie) svetla je fyzikálny jav, ktorý je možné ľahko pozorovať. Olejová škvrna na povrchu mláky, dúhové farby na mydlových bublinách, povrch CD – nosiča, ... Na začiatku 19. storočia vysvetlil Thomas Young pomocou interferencie, prečo na tenkej mydlovej blane v rámci vznikajú pri osvetlení monofrekvenčným svetlom svetlé a tmavé pruhy. Mydlová blana vytvorí klinovú vrstvu a hrúbka tejto vrstvy určuje výsledok.

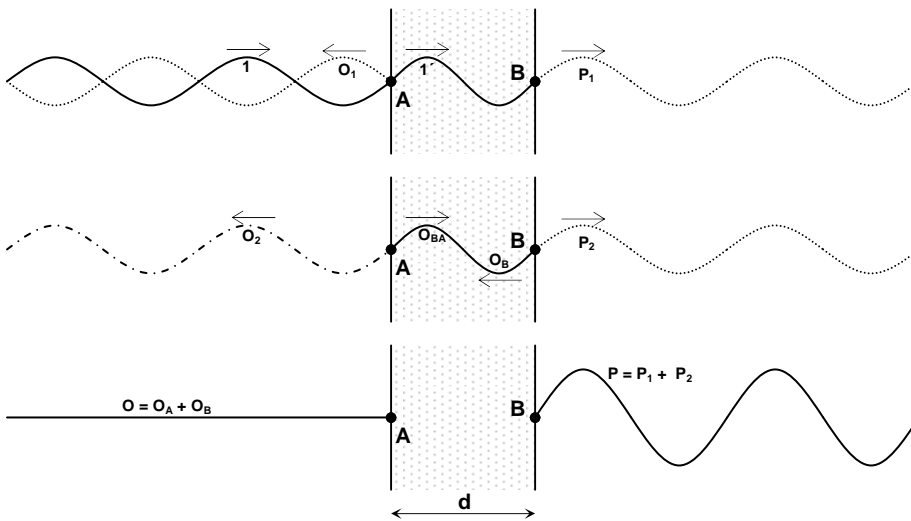


Pre jednoduchosť riešme prípad, keď hrúbka blany je rovná práve vlnovej dĺžke svetla v danom prostredí. Upozorňujem na to, že pri odraze na hustejšom prostredí dochádza k zmene fázy na opačnú a pri odraze na redšom prostredí sa fáza nemení.

Vlnenie (1) prichádza do bodu A. Časť sa odráža (O_1) a časť prechádza (1') do bodu B. V bode B sa opäť časť odráža (O_B) a časť prejde (P_1). Vlna O_B prichádza do bodu A a tam sa opäť časť odráža (O_{BA}) a časť prejde (O_2). Odrazená vlna O_{BA} prejde cez bod B (P_2).

Pred blanou interferujú vlnenia O_1 a O_2 . Tieto vlnenia majú opačnú fázu. Preto vznikne interferenčné minimum (O).

Za blanou interferujú vlnenia P_1 a P_2 . Tieto vlnenia majú rovnakú fázu. Preto vznikne interferenčné maximum (P).



Podmienka najväčšieho zosilnenia (interferenčné maximum) je:

$$2.n.d = (2.k - 1) \frac{\lambda}{2}$$

Podmienka najväčšieho zoslabenia (interferenčné minimum) je:

$$2.n.d = 2.k \frac{\lambda}{2}$$

Poznámka: Interferencia svetla na tenkej vrstve je pomerne zložitý fyzikálny jav. Ak ho chcete skutočne pochopiť odporúčam pozrieť

<http://stuleja.org/vscience/materialy/interferencia/G.htm>

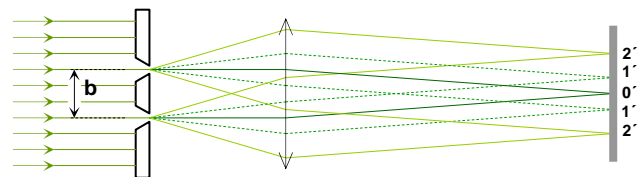
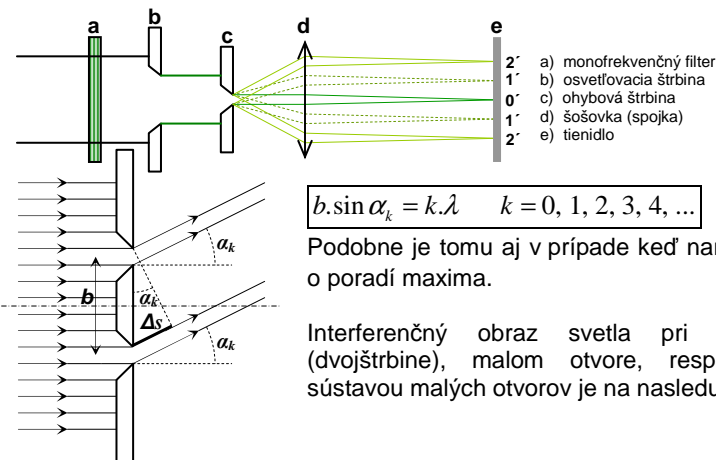
Poznámka: Interferencia sa najčastejšie používa pri kontrole rovinných, resp. guľových plôch, na meranie vlnovej dĺžky svetla (Newtonove sklá) a pri snahe získať protiodrazovú vrstvu na povrchu optických skiel.

Vysvetlite podstatu ohybu svetla na prekážkach

Ohyb svetla (difrakcia) nastáva v prípade, keď sa rádovo rovná rozmer prekážky a vlnová dĺžka svetla. K ohybu svetla dochádza najčastejšie na štrbine na hrane (vlase), resp. na malom otvore. Vďaka následnej interferencii získame charakteristické ohybové obrazy.

Pri ohybe svetla na dvojštrbine sa navzájom zosilňujú dvojice vlnení, ktoré majú nulový dráhový rozdiel (prešli rovnaké dráhy).

Ak je dráhový rozdiel interferujúcich vlnení Δs rovný celočíselnému násobku vlnovej dĺžky svetla



$$b \cdot \sin \alpha_k = k \cdot \lambda \quad k = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$$

potom v tomto smere dochádza k maximálnemu zosilneniu.

Podobne je tomu aj v prípade keď namiesto dvojštrbiny použijeme optickú mriežku. Číslo k hovorí o poradí maxima.

Interferenčný obraz svetla pri ohybe na štrbine (dvojštrbine), malom otvore, resp. mriežke tvorenej sústavou malých otvorov je na nasledujúcom obrázku.



Vysvetlite podstatu polarizáciu svetla

Pri vzniku nepolarizovaného svetla nie je uprednostnený žiaden smer kmitania (svetlo Slnka, žiarovky, sviečky, ...).

Ak nepolarizovanému svetlu postavíme do cesty tenkú štrbinu („polarizátor“), po jej prechode bude existovať jediný smer kmitania a svetlo sa v tomto prípade nazýva polarizované. Druhá tenká štrbina, ktorá je oproti polarizátoru pootočená o 90° sa nazýva „analyzátor“ a slúži na zisťovanie toho, či je dané svetlo polarizované, alebo nie. Za analyzátorom vlnenie zaniká.

Polarizácia odrazom:

Najčastejší spôsob polarizácie je polarizácie odrazom (od vodnej hladiny, od lesklých plôch, skla, ...) pri ktorej sa svetlo polarizuje horizontálne. Na zamedzenie vplyvu týchto odrazov sa používajú polarizačné okuliare s vertikálne polarizovanými sklami.

Ďalšie spôsoby polarizácie:

Polarizácia lomom, dvojlom na islandskom vápenci, polarizácia na polarizačných filtroch, ...

