

Lom světla. Disperze

Základní zákony odrazu a lomu

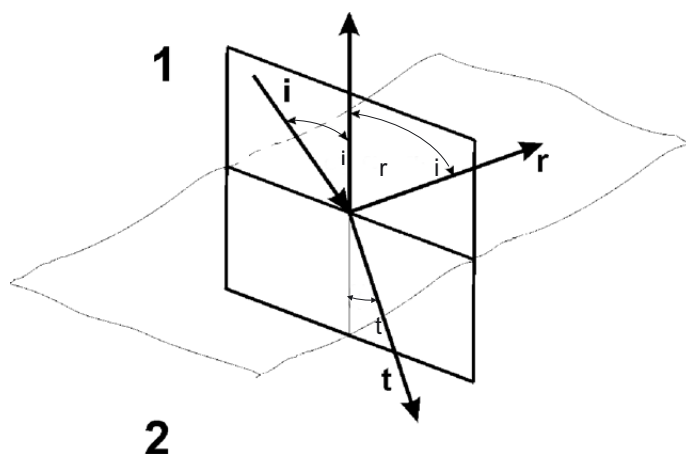
Fyzikální (nebo také vlnová) optika vychází z představy světla jako elektromagnetického vlnění o krátké vlnové délce (ve srovnání s radiovými vlnami či mikrovlnami). Vlnovou rovnici popisující šíření světelných elektromagnetických vln lze pro různá prostředí odvodit standardním způsobem z Maxwellových rovnic. Vlnová povaha světla se pak projevuje v jevech difrakce a interference. Vlnová teorie tyto jevy velmi dobře popisuje. V řadě případů však lze difrakci (i interferenci) při popisu fyzikálních dějů zanedbat. To lze učinit limitním přechodem k nekonečně krátkým vlnovým délkám. (Fyzikálně to znamená, že velikost předmětů a nehomogenit v prostředí, kde se světlo šíří, můžeme považovat za prakticky nekonečně velkou vzhledem k vlnové délce světla). Potom lze zavést trajektorie, podél kterých se šíří světelná energie. Tyto trajektorie nazýváme *paprsky*. Podrobnějším rozбором lze ukázat, že v tomto přiblížení platí následující zákony:

1. Zákon přímočarého šíření světla. V homogenním prostředí se světlo šíří v přímočarých paprscích.
2. Zákon vzájemné nezávislosti paprsků. Každý paprsek postupuje nezávisle na tom, procházejí-li v uvažovaném prostředí ještě jiné paprsky libovolnými směry. (Světelné paprsky tedy mezi sebou neinteragují; neuvažujeme možnost koherentního skládání vln a při úvahách o intenzitě užíváme superpozici intenzit.)
3. Zákon odrazu. Světlo se na rozhraní dvou prostředí odráží (buď zcela nebo z části) tak, že úhel dopadu α_i se rovná úhlu odrazu α_r a odražený paprsek zůstává v rovině dopadu (určené dopadajícím paprskem a normálou k rozhraní v bodě dopadu, viz obr. 1,1).
4. Zákon lomu. Na rozhraní dvou průhledných prostředí 1 a 2 se světelné paprsky lámou tak, že poměr sinu úhlu dopadu α_i ku sinu úhlu lomu α_t má konstantní hodnotu n_{12} bez ohledu na velikost α_i . Číslo n_{12} nazýváme *relativní index lomu*. Ten závisí na prostředích 1 a 2 (a dále na vlnové délce světla, teplotě, popř. tlaku). Lomený paprsek zůstává v rovině dopadu (viz obr. 1,1).

Lze tedy psát:

$$\alpha_i = \alpha_r ; \quad n_{12} = \frac{\sin \alpha_i}{\sin \alpha_t} \quad (\text{Snellův zákon}). \quad (1.1)$$

Zákony 1 – 4 nám charakterizují paprskovou optiku. Kromě toho platí v paprskové optice věta o záměnnosti chodu paprsků. Změníme-li směr paprsku na opačný,

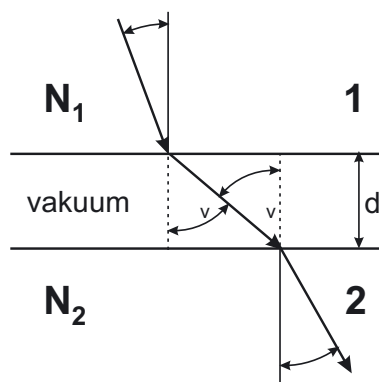


Obr. 1,1 Lom a odraz světla

probíhá zpět stejnou cestou. Proto musí platit:

$$n_{12} = \frac{1}{n_{21}}. \quad (1.1a)$$

Vidíme, že problém šíření světla v této aproximaci lze převést na geometrickou konstrukci. Proto také hovoříme o *přiblížení geometrické optiky*.



Obr. 1,2 Lom na planparalelní vrstvě vakua

Relativní index lomu závisí na optických vlastnostech obou prostředí. Pro možnost charakteristiky jediného prostředí zavádíme *absolutní index lomu* N , což je (relativní) index lomu při přechodu světla z vakua do uvažovaného prostředí.

Vztah mezi absolutními indexy lomu N_1 , N_2 prostředí 1 a 2 a jejich relativním indexem lomu n_{21} nalezneme například touto úvahou: Mějme prostředí 1 a 2 s absolutními indexy lomu N_1 , N_2 oddělené planparalelní vrstvou vakua (obr. 1,2).

Vzhledem k záměnnosti chodu paprsků platí

$$\frac{\sin \alpha_v}{\sin \alpha_1} = N_1. \quad (1.2a)$$

Dále je

$$\frac{\sin \alpha_v}{\sin \alpha_2} = N_2. \quad (1.2b)$$

Odtud je zřejmé, že

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{N_2}{N_1}. \quad (1.2c)$$

Směr paprsku vstupujícího do prostředí 2 nezávisí na tloušťce vrstvy vakua d ; zůstane tedy zřejmě týž i pro $d \rightarrow 0$. Z toho vyplývá, že lze psát:

$$\frac{N_2}{N_1} = n_{12}. \quad (1.3)$$

Napišeme-li (1.2c) ve tvaru

$$N_1 \sin \alpha_1 = N_2 \sin \alpha_2 \quad (1.2d)$$

vidíme, že při lomu zůstává konstantní součin $N \sin \alpha$.

Protože $\alpha \in (0, \frac{\pi}{2})$, je pro $N_2 > N_1$, (tj. $n_{12} > 1$) platná nerovnost $\alpha_1 > \alpha_2$; naopak pro $N_2 < N_1$ ($n_{12} < 1$) je $\alpha_1 < \alpha_2$. Prostředí o větším absolutním indexu lomu nazýváme *opticky hustším*. Lze tedy říci, že při lomu z prostředí opticky řidšího do prostředí opticky hustšího se paprsek odchyluje směrem ke kolmici. Při lomu z prostředí opticky hustšího do prostředí opticky řidšího se paprsek naopak odchyluje směrem od kolmice.

Maximální možná hodnota úhlu α_2 je (v případě lomu od kolmice) $\frac{\pi}{2}$. Té odpovídá hodnota úhlu $\alpha_1 \equiv \alpha_m$, která plyne ze vztahu (1.2c)

$$\sin \alpha_m = \frac{N_2}{N_1} = n_{12} \quad (< 1). \quad (1.4)$$

Tomuto úhlu říkáme *mezní úhel*, protože pro $\alpha_1 > \alpha_m$ nemůže již nastat lom a veškeré dopadající světlo se odráží. Tento jev se nazývá *totální reflexe* (úplný odraz).