Załamanie światła

względny współczynnik załamania ★

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$$

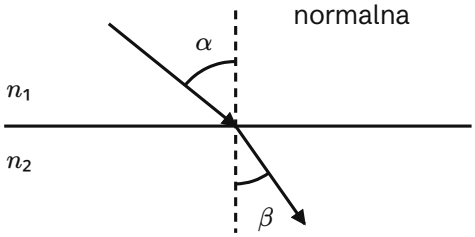
Przy padaniu prostopadłym ($\alpha = \beta = 0$) ilorazu sinusów nie liczymy; wtedy wystarczą n_2/n_1 albo v_1/v_2. Model optyki szkolnej: zwykłe przezroczyste ośrodki dla światła widzialnego, n ≥ 1. v jest prędkością fazową; ograniczenie n ≥ 1 nie obejmuje wszystkich ośrodków i częstotliwości.

bezwzględny współczynnik załamania ····· $n = \frac{c}{v}$

Model optyki szkolnej: zwykłe przezroczyste ośrodki dla światła widzialnego, n ≥ 1. v jest prędkością fazową; ograniczenie n ≥ 1 nie obejmuje wszystkich ośrodków i częstotliwości.

prawo załamania (Snelliusa) ····· $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$

Przy padaniu prostopadłym ($\alpha = \beta = 0$) ilorazu sinusów nie liczymy; prawo zapisujemy wtedy jako $n_1 \sin\alpha = n_2 \sin\beta$. Kąty mierzymy od normalnej: w tym modelu od 0° do 90°. Nie wybieramy drugiej gałęzi sinusa, π minus kąt.



$n_1 \sin\alpha = n_2 \sin\beta$

Prawo załamania: kąty względem normalnej.

kąt graniczny ····· $\sin\alpha_{\mathrm{gr}} = \frac{n_2}{n_1}$

Kąt graniczny wyznaczamy dla przejścia do ośrodka o mniejszym współczynniku załamania ($n_1 > n_2$), gdy kąt załamania wynosi 90°. Całkowite wewnętrzne odbicie zachodzi dopiero przy kącie padania większym od granicznego; wykorzystują je światłowody. Kąty mierzymy od normalnej: w tym modelu od 0° do 90°. Nie wybieramy drugiej gałęzi sinusa, π minus kąt.

Zwierciadła i soczewki

równanie zwierciadła ····· $\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{f} \quad f = \frac{R}{2}$

Dla rzeczywistego przedmiotu x > 0, a dla obrazu pozornego y < 0. Obraz pozorny powstaje za zwierciadłem, a w przypadku soczewki po tej samej stronie co przedmiot. Wartość powiększenia liniowego wynosi |y|/x; sam moduł nie określa orientacji obrazu. Zwierciadło sferyczne w przybliżeniu przyosiowym. Dla zwierciadła wklęsłego f > 0 i R > 0, a dla wypukłego f < 0 i R < 0.

równanie soczewki ★ ····· $\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{f}$

Dla rzeczywistego przedmiotu x > 0, a dla obrazu pozornego y < 0. Obraz pozorny powstaje za zwierciadłem, a w przypadku soczewki po tej samej stronie co przedmiot. Wartość powiększenia liniowego wynosi |y|/x; sam moduł nie określa orientacji obrazu. Model cienkiej soczewki, promienie przyosiowe. Soczewka skupiająca ma f > 0, a rozpraszająca f < 0.

ogniskowa soczewki

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_{\mathrm{socz}}}{n_{\mathrm{otocz}}} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

We wzorze na ogniskową soczewki promień powierzchni wypukłej bierzemy ze znakiem plus, wklęsłej ze znakiem minus, a płaskiej jako nieskończony. Cienka soczewka, promienie blisko osi, ten sam ośrodek po obu stronach soczewki.

zdolność skupiająca ····· $Z = \frac{1}{f}$

Dla soczewki rozpraszającej f i Z są ujemne; w równaniu soczewki obraz pozorny ma ujemne y.

powiększenie $p = \frac{h_o}{h_p} = \frac{|y|}{x}$

Dla rzeczywistego przedmiotu x > 0, a dla obrazu pozornego y < 0. Obraz pozorny powstaje za zwierciadłem, a w przypadku soczewki po tej samej stronie co przedmiot. Wartość powiększenia liniowego wynosi |y|/x; sam moduł nie określa orientacji obrazu.

Optyka falowa

siatka dyfrakcyjna ★ $d \sin \alpha = n\lambda$

Światło pada prostopadle na siatkę; wzór daje kierunki maksimów głównych. Kąty mierzymy od normalnej: w tym modelu od 0° do 90°. Nie wybieramy drugiej gałęzi sinusa, π minus kąt.

stała siatki $d = \frac{1}{N}$

Polaryzacja światła

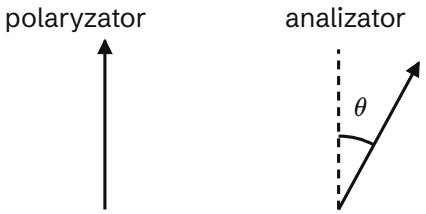
kąt Brewstera (polaryzacja przy odbiciu)

$$\alpha_B + \beta = 90^\circ \qquad \operatorname{tg} \alpha_B = \frac{n_2}{n_1}$$

Gdy światło niespolaryzowane pada na granicę dwóch przezroczystych ośrodków tak, że promień odbity i załamany są do siebie prostopadłe, światło odbite jest całkowicie spolaryzowane. Światło pada z ośrodka o współczynniku załamania n_1 na ośrodek n_2, $n_1 \neq n_2$. Światło pada z ośrodka o współczynniku n_1 na ośrodek n_2, przy czym $n_1 \neq n_2$: przy równych współczynnikach na granicy nie ma wiązki odbitej.

prawo Malusa $I = I_0 \cos^2 \theta$

θ to kąt między kierunkami polaryzacji w zakresie od 0° do 90°; kąt rozwarty daje to samo $\cos^2\theta$, więc przekształcenie $\cos\theta = \sqrt{(I/I_0)}$ podaje kąt z tego zakresu.



$I = I_0 \cos^2\theta$; θ między osiami

Polaryzacja: kąt między kierunkami polaryzatorów.

Fotometria

strumień świetlny $\Phi = I\Omega$

I to światłość stała w kącie Ω (albo jej średnia w tym kącie).

natężenie oświetlenia $E = \frac{\Phi}{S}$

Φ oznacza strumień padający na S, a E jest średnią po tej powierzchni; przy równomiernym oświetleniu jest też wartością lokalną. Strumień emitowany przez źródło można wstawić tylko wtedy, gdy w całości dociera do S.

natężenie oświetlenia od źródła punktowego

$$E = \frac{I \cos \alpha}{r^2}$$

Przy tej samej światłości i tym samym kącie padania natężenie oświetlenia maleje z kwadratem odległości od źródła: dwa razy dalej to cztery razy ciemniej. α to kąt między promieniem światła a prostopadłą do oświetlanej powierzchni; gdy światło pada prostopadle, cos α = 1. Punktowe źródło, r jest odległością do rozpatrywanego punktu, α kątem między kierunkiem padania światła i normalną do powierzchni; brak strat na drodze światła.

Interferencja i dyfrakcja

odstęp prążków Younga $\Delta x = \frac{\lambda L}{d}$

Dwie szczeliny odległe o d, ekran w odległości L; małe kąty i L ≫ d.

minima dyfrakcji na pojedynczej szczelinie

$$a \sin\theta = m\lambda, \qquad m = \pm 1, \pm 2, \ldots$$

Dyfrakcja Fraunhofera na szczelinie szerokości a; m=0 nie jest minimum.

Symbole i jednostki

symbol	znaczenie	jednostka
a	szerokość szczeliny	m
c	prędkość światła w próżni $\approx 3{,}00 \cdot 10^8$	$\mathrm{m/s}$
d	stała siatki (odległość między sąsiednimi szczelinami)	m
E	natężenie oświetlenia (średnie na powierzchni; w każdym punkcie takie samo, gdy oświetlenie jest równomierne)	lx
f	ogniskowa	m
h_o	wysokość obrazu	m
h_p	wysokość przedmiotu	m
I	światłość	cd
I	natężenie światła za analizatorem	$\mathrm{W/m^2}$
I_0	natężenie światła spolaryzowanego przed analizatorem	$\mathrm{W/m^2}$

symbol	znaczenie	jednostka
L	odległość ekranu	m
m	rząd minimum	
n	współczynnik załamania	$-$
n_1	współczynnik załamania ośrodka 1	$-$
n_2	współczynnik załamania ośrodka 2	$-$
n_{21}	względny współczynnik załamania ośrodka 2 względem ośrodka 1	$-$
n_{otocz}	współczynnik załamania otoczenia	$-$
n_{socz}	współczynnik załamania soczewki	$-$
N	liczba szczelin na jednostkę długości siatki	$1/\mathrm{m}$
p	powiększenie	$-$

symbol	znaczenie	jednostka
r	odległość od źródła światła	m
R	promień krzywizny	m
S	powierzchnia	$\mathrm{m^2}$
v	prędkość światła w ośrodku	$\mathrm{m/s}$
v_1	prędkość światła w ośrodku 1	$\mathrm{m/s}$
v_2	prędkość światła w ośrodku 2	$\mathrm{m/s}$
x	odległość przedmiotu od soczewki lub zwierciadła	m
Δx	odstęp sąsiednich jasnych prążków	m
y	odległość obrazu od soczewki lub zwierciadła	m
Z	zdolność skupiająca	$\mathrm{D} = 1/\mathrm{m}$

symbol	znaczenie	jednostka
α	kąt padania	rad
α_B	kąt Brewstera: kąt padania, przy którym światło odbite jest całkowicie spolaryzowane	rad
α_{gr}	kąt graniczny	rad
β	kąt załamania	rad
θ	kąt między kierunkiem polaryzacji światła a osią analizatora	rad
λ	długość fali światła	m
Φ	strumień świetlny	lm
Ω	kąt bryłowy	sr