

## Ohyb světla na štěrbině

Na štěrbinu šířky  $b$  necháme dopadat kolmo rovnoběžný svazek monofrekvenčního [světla](#) o vlnové délce  $\lambda$ .

Aby byl jev dobře pozorovatelný, musí mít štěrbinu rozměr srovnatelný s vlnovou délkou světla. Takové štěrbinu se špatně realizují v praxi. Ale vytvořit v praxi [optickou mřížku](#), která je tvořena sadou několika (resp. několika desítek nebo dokonce stovek) štěrbin, je už jednodušší.

Dopadne-li světlo na štěrbinu, bude se šířit za ní na základě [Huygensova principu](#). Z každého bodu se bude světlo šířit v [elementárních vlnoplochách](#) - tj. bude se šířit všemi směry. Na obr. 56 jsou vyznačeny dvě vlny (resp. dva [paprsky](#)), které vycházejí z krajních bodů štěrbinu a které dopadají do jednoho bodu (do bodu  $A$ ) na stínítku. V bodě  $A$  pak dochází k interferenci obou vln; jestli vznikne [interferenční maximum](#) nebo minimum, záleží na [dráhovém rozdílu](#) obou vln.

Další úvahy budou prováděny pro tento vybraný směr [šíření světla](#) za štěrbinou.

V [rovinné vlnoploše](#)  $KM$ , která je kolmá na směr šíření světla (viz obr. 56), mají jednotlivé vlny svazku různou fázi v závislosti na [dráze](#), kterou urazily. Dráhový rozdíl mezi vlnou, která se šíří z bodu  $K$  (jeden krajní bod štěrbinu), a vlnou, která se šíří z bodu  $L$  (druhý krajní bod štěrbinu), je  $\Delta l$ . Potom dráhový rozdíl vlny, která se šíří z bodu  $L'$  (střed štěrbinu), a vlnou šířící se z bodu  $K$  je  $\frac{\Delta l}{2}$ . Dráhový rozdíl vlny vycházející z určitého bodu štěrbinu a vlny vycházející z bodu  $K$  roste lineárně v závislosti na vzdálenosti daného bodu od bodu  $K$ .

Např. vlna vycházející z bodu, který je od bodu  $K$  vzdálen o čtvrtinu šířky štěrbinu, je oproti vlně vycházející z bodu  $K$  posunuta o čtvrtinu posunu  $\Delta l$ .

Tak ale lze najít ke každé vlně v šířící se z bodů štěrbinu mezi  $K$  a  $L'$  vlnu  $v'$  šířící se z prostoru štěrbinu mezi body  $L'$  a  $L$ , která je vzdálená od  $v$  přesně o polovinu šířky štěrbinu a která je oproti  $v$  dráhově zpožděná o  $\frac{\Delta l}{2}$ . Všechny vlny se tedy při interferenci navzájem vyruší tehdy, bude-li tento dráhový rozdíl  $\frac{\Delta l}{2}$  roven lichému počtu půlvln. To ovšem znamená, že celý dráhový rozdíl  $\Delta l$  je roven sudému počtu půlvln, tedy celočíselnému násobku vlnové délky.

Násobíme-li liché číslo dvěma, dostaneme číslo sudé!

Dostáváme tedy:  $\Delta l = k\lambda$ , kde  $k$  je celé číslo.

Nyní zbývá určit dráhový rozdíl  $\Delta l$ . Abychom si úlohu matematicky nekomplikovali, necháme dopadat světlo, které projde štěrbinou, na stínítko v takové vzdálenosti  $d$ , která je výrazně větší než šířka štěrbinu  $b$  (tj.  $d \gg b$ ) - viz obr. 56.

Výrazně větší vzdálenost  $d$  ve srovnání se šířkou štěrbinu  $b$  znamená, že  $d$  bude řádově v decimetrech až metrech. V tom případě bude  $d$  větší  $10^5 - 10^7$  krát.

Pozor!!! Právě zmíněný [poměr](#) není na obr. 56 dodržen!!! Proto budou některé další úvahy vypadat možná nepřirozeně, ale v uvedeném kontextu jsou v pořádku.

V tomto případě totiž budou úhly  $\alpha$  a  $\alpha_1$  skoro stejné a proto je možné směry šíření obou zakreslených vln považovat za navzájem rovnoběžné.

*Poznámka: Úhly jsou přitom měřeny tak, jak je zvykem v matematice: od vodorovné čerchované osy proti směru chodu hodinových ručiček jsou kladné, po směru chodu hodinových ručiček jsou záporné.*

Z toho vyplývá, že oba zakreslené paprsky, které reprezentují šířící se vlny, budou i skoro stejně dlouhé.

Dráhový rozdíl  $l - l_1$  obou vln je tak dán pouze vzdáleností  $\Delta l$ .

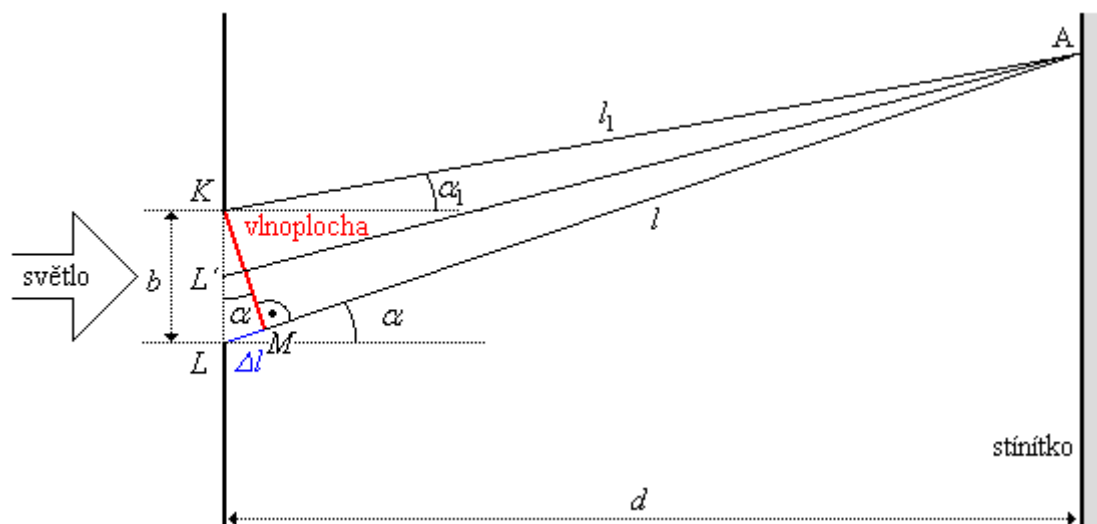
Vzdálenost  $\Delta l$  je určena na základě [vlnoplochy](#) (v tomto případě) obou uvažovaných vln. Uvažujeme-li  $d \gg b$ , pak se šíří obě vlny navzájem rovnoběžně. Proto vlnoplocha zobrazená na obr.

56 je vlnoplochou obou vln.

Podle obr. 56 platí  $\sin \alpha = \frac{\Delta l}{b}$  a tedy  $\Delta l = b \sin \alpha$ .

Výše jsme odvodili podmínku, kdy nastane interferenční zeslabení světla (vznikne [interferenční minimum](#)) v bodě A:  $\Delta l = k\lambda$  (kde  $k \in \mathbb{Z}$ ). S využitím právě odvozeného dostáváme tedy podmínku pro vznik interferenčních minim ve tvaru  $b \sin \alpha_k = k\lambda$  (kde  $k \in \mathbb{Z}$ ).

Interferenční maxima vznikají mezi právě popsanými interferenčními minimy, tj. jsou popsána podmínkou  $b \sin \alpha_k = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$  (kde  $k \in \mathbb{Z}$ ).

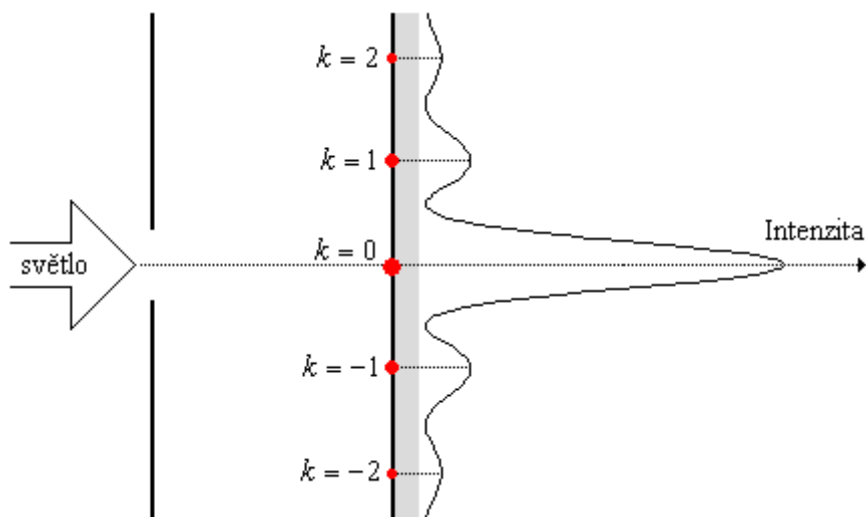


Obr. 56

Skutečně zde je  $k \in \mathbb{Z}$ , tedy  $k$  vybíráme z množiny celých čísel. [Ohybový obrazec \(interferenční obrazec\)](#), který vznikne na stínítku je totiž symetrický podle osy štěrby, která interferenci způsobila. Určíme-li tedy směr (pomocí úhlu  $\alpha$ ), ve kterém nastává interferenční zesílení použitého světla, víme, že tutéž podmínku splňuje i úhel  $-\alpha$ .

To matematicky vyplývá z faktu, že funkce sinus je lichá.

Na obr. 57 je rozdělení maxim na stínítku vidět. Zároveň je na tomto obrázku zobrazen průběh intenzity světla v závislosti na vzdálenosti od nultého maxima. S rostoucím [řádem maxima](#) (tj. s rostoucí absolutní hodnotou  $k$ ) klesá intenzita daného maxima.



Obr. 57

Vlivem [ohybu světla](#) vzniká na stínítku ohybový obrazec, v jehož středu je nulté interferenční maximum a po obou stranách se střídají interferenční minima a interferenční maxima. Jejich rozložení závisí na šířce štěrbině a na vlnové délce světla. Bude-li při dané vlnové délce štěrbině užší, bude větší vzdálenost mezi interferenčními minimy stejného řádu. Tedy **užší štěrbině způsobuje výraznější ohyb světla**.

Ohyb světla ovlivňuje i zobrazování velmi malých předmětů. Proto se velmi malý bodový objekt nezobrazí v [mikroskopu](#) jako bod, ale jako světlý kroužek obklopený soustřednými tmavými a světlými kroužky. Proto má zvětšování obrazu v mikroskopu svojí hranici, za níž není možné rozlišit detaily sledovaného objektu; jeho obraz se pak jeví rozmazaný a neostří. Vlnovými vlastnostmi je tedy omezena [rozlišovací schopnost optických přístrojů](#). Obecně platí, že dva body rozlišíme při pozorování jako oddělené při takové nejmenší vzdálenosti, při níž nulté maximum jednoho bodu splyne s prvním minimem druhého bodu. Při menší vzdálenosti oba body splývají a vidíme je jako bod jediný. Rozlišovací schopnost přístroje je tím větší, čím kratší je vlnová délka použitého světla.

Proto se také v moderních mikroskopech, která se využívají ke studiu velmi malých objektů (viry, molekuly, ...) používají místo světla svazky urychlených [elektronů](#). Ty za určitých podmínek vykazují vlnové vlastnosti a proto je lze použít právě v tzv. elektronových mikroskopech.