

### POKUS

- Zkoumejte ohyb paprsků v páru štěrbin při různých vzdálenostech mezi štěrbinami
- Zkoumejte ohyb paprsků v páru štěrbin při různých šířkách štěrbin
- Zkoumejte ohyb paprsků systémem několika štěrbin při různých počtech štěrbin
- Zkoumejte ohyb paprsků rovnoběžnou mřížkou a křížovou mřížkou

### ÚKOL

Názorně předvedte vlastnosti vln světla a určete vlnovou délku.

### SHRNUTÍ

Ohyb světla několika štěrbinami nebo mřížkami může být popsán vzhledem k tomu, jak individuální složky souvislé vlnové radiace jsou navrstvené tak, že vycházejí z různých štěrbin, z nichž každá může být považována jako jedna položka světla, takže vlny jsou skládány podle Huygensova principu. Vzájemné působení jednotlivých vln vysvětluje obrazec světlých a tmavých pásem, který můžeme pozorovat mimo uspořádání štěrbin. Jestliže odstup mezi štěrbinami a vzdálenost k pozorovacímu plátnu jsou známy, vlnová délka světla může být spočítána ze vzdálenosti mezi jakýmkoliv dvěma světlými pásmy.

### POŽADOVANÉ PŘÍSLUŠENSTVÍ

1	Laserová dioda, 650 nm	5401.U22000
1	Optická lavice K, 1 000 mm	5401.U8475337
2	Optické jezdce K	5401.U8475350
1	Svorka K	5401.U8475540
1	Svorka K pro laserovou diodu	5401.U8475550
1	Přepážka se 3 dvojími štěrbinami o různých šířkách	5401.U14100
1	Přepážka se 4 dvojími štěrbinami o různých rozestupech	5401.U14101
1	Přepážka se 4 štěrbinami a mřížkami	5401.U14102
1	Přepážka se 3 rovnoběžnými mřížkami	5401.U14103
1	Přepážka se 2 křížovými mřížkami	5401.U14106

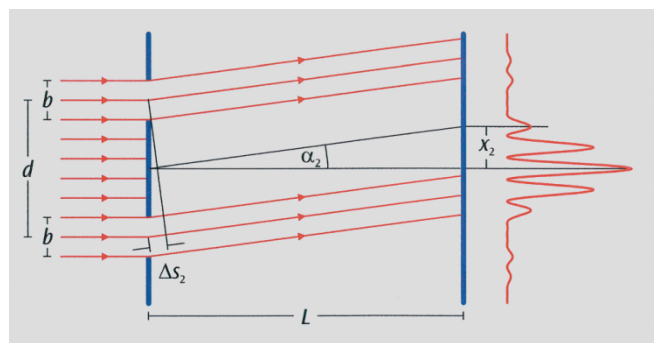
### ZÁKLADNÍ PRINCIPY

Ohyb světla několika štěrbinami nebo mřížkami může být popsán uvážením navrstvení jednotlivých složek souvislé vlnové radiace, které vycházejí z každého bodu světla utvořeného několika štěrbinami podle Huygensova principu. Navrstvení vede ke konstruktivnímu nebo destruktivnímu vzájemnému působení v určitých směrech a to vysvětluje obrazec světlých a tmavých pásem, které můžeme pozorovat mimo uspořádání štěrbin.

V prostoru mimo páru štěrbin je světelná intenzita v určitém úhlu pozorování  $\alpha_n$  největší (pro každou jednotlivou vlnovou složku vycházející z první štěrbin), když naprosto stejná vlnová složka vychází i z druhé štěrbin a tím pádem na sebe tyto složky působí konstruktivně. Tato podmínka je splněná, když rozdíl v dráhaže  $\Delta s_n$  mezi dvěma vlnovými složkami vycházejícími ze středů dvou štěrbin je několikanásobný celek vlnových délek  $\lambda$  světla (obrázek 1), takže:

$$(1) \Delta s_n(\alpha_n) = n \cdot \lambda$$

$n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$  : to se nazývá difrakční pořadí



Obrázek 1: Schéma ohybu světla v páru štěrbin.

Při velkých vzdálenostech  $L$  od páru štěrbin a pro malé úhly sledování, vztah mezi rozdílem v dráze  $\Delta s_n$  a pozice koordinace  $x_n$  ntého pořadí maxima intenzity je:

$$(2) \frac{\Delta s_n}{d} = \sin \alpha_n \approx \tan \alpha_n = \frac{x_n}{L} \quad d: \text{ vzdálenost mezi štěrbinami}$$

Maxima jsou umístěna v pravidelných intervalech s rozestupy, které jsou dány takto:

$$(3) a = x_{n+1} - x_n = \frac{\lambda}{d} \cdot L$$

Tento vztah je také platný pro ohyb v uspořádání s více štěrbinami, které se skládá z  $N$  stejně vzdálených štěrbin ( $n > 2$ ). Rovnice (1) vyjadřuje podmínku pro konstruktivní vzájemné působení vlnových prvků ze všech štěrbin  $N$ . Tím pádem rovnice (2) a (3) můžou být aplikované do několikanásobného uspořádání štěrbin.

Matematické odvození pozic minimální intenzity je složitější. Zatímco v případě páru štěrbin je minimální intenzita přesně uprostřed mezi dvěma maximálními intenzitami, v uspořádání s více štěrbinami je minimum mezi  $N$ -tým a  $(n+1)$ tým maximem, když dvě vlnové složky ze štěrbin  $N$  vzájemně působí takovým způsobem, že celková intenzita je nulová. Toto nastává, když rozdíl dráhy mezi vlnovými složkami ze středů štěrbin vyhovuje této podmínce:

$$(4) \Delta s = n \cdot \lambda + m \frac{\lambda}{N} \quad N = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, m = 1, \dots, N - 1$$

Tím pádem  $N-1$  minima jsou viditelná a mezi nimi jsou  $N-2$  „menší maxima“ s intenzitami menšími než těmi z větších maxim. Jestliže se počet štěrbin  $N$  postupně zvětšuje, podíl menšího maxima postupně zmizí. Pak už není uspořádání popisováno jako několikanásobné uspořádání štěrbin ale jako rovnoběžná mřížka. Nakonec, křížová mřížka může být považována jako uspořádání dvou rovnoběžných mřížek, kdy je jedna otočená o  $90^\circ$  ve vztahu k té druhé. Ohybové maxima se tak stávají body na obdélníkové mřížce s intervalem odstupů daným rovnicí (3).

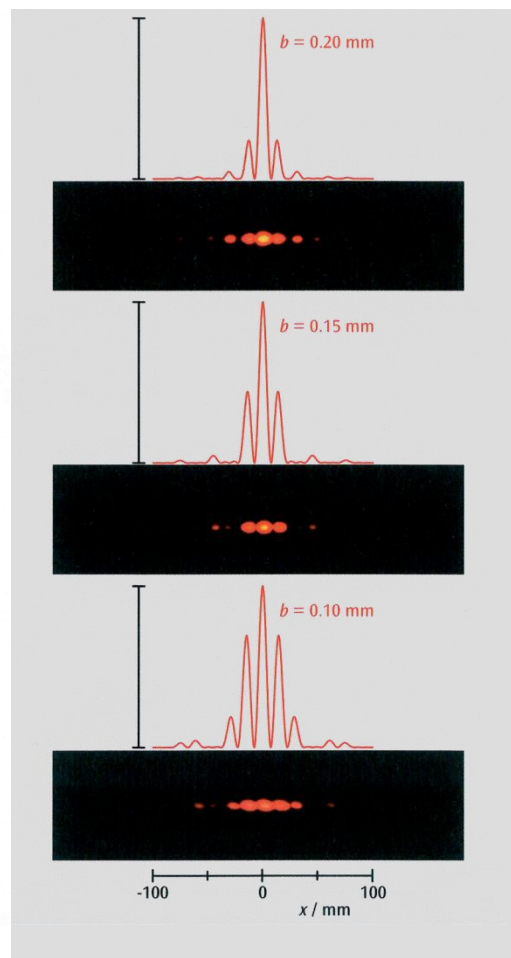
Intenzita (světlost) většího maxima je ztlumená podle intenzity distribuční funkce pro ohyb v jedné mřížce. Čím větší je šířka štěrbin  $b$ , tím větší je koncentrace intenzity k menším hodnotám úhlu  $\alpha$ . Pro přesné vyjádření je nezbytné sečíst amplitudy všech vlnových složek, je třeba vzít v úvahu i rozdíly mezi dráhami, pro získání celkové amplitudy  $A$ . V bodě na promítacím plátně definovaného jako  $x$  je intenzita následující:

$$(5) I = A^2 \left( \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot d \cdot x}{\lambda \cdot L}\right)}{\frac{\pi \cdot b \cdot x}{\lambda \cdot L}} \right)^2 \cdot \left( \frac{\sin\left(N \cdot \frac{\pi \cdot d \cdot x}{\lambda \cdot L}\right)}{\sin\left(\frac{\pi \cdot d \cdot x}{\lambda \cdot L}\right)} \right)^2$$

## VYHODNOCENÍ

Vlnová délka  $\lambda$  ohnutého světla může být určena z odstupů mezi většími maximy a je dána takto:

$$\lambda = d \cdot \frac{a}{L}$$



Obrázek 2: Počítané a pozorované intenzity pro ohyb v páru štěrbin s různými vzdálenostmi mezi nimi.



**HELAGO-CZ, s.r.o.**  
 Kladská 1082  
 500 03 Hradec Králové  
 Tel.: 495 220 229  
 Fax: 495 220 154  
 E-mail: [info@helago-cz.cz](mailto:info@helago-cz.cz)  
<http://www.helago-cz.cz>

