

# Praktikum školních pokusů 2

## Optika 3A – Interference a difrakce světla

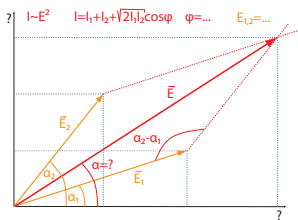
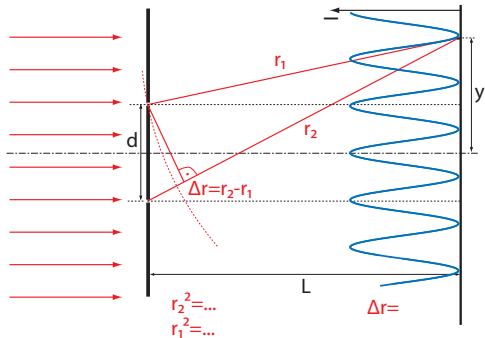
Jana Jurmanová

Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, Brno

logolink

# Interference na dvojštěrbíně - teorie

Odvoďte vztah pro polohu interferenčních maxim a minim, pokud uvažujete o interferenci na dvojštěrbíně. Zdroj i otvory ve štěrbině považujte za bodové.



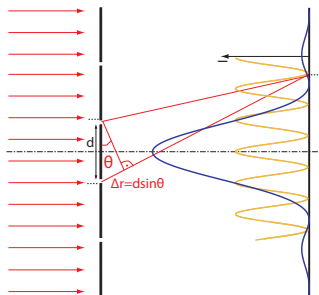
Napište podmínku interferenčního maxima a minima.

# Interference na dvojštěrbině - teorie

Diskutujte, jak ovlivní poměr šířky vrypů dvojštěrbiny (mřížky) vůči vzdálenosti vrypů výsledný obrazec.

Nápověda: Difrakční minima na obdélníkovém otvoru šířky  $b$  splňují rovnici

$$b \sin \theta = z \lambda \quad z \in \mathbf{Z}$$



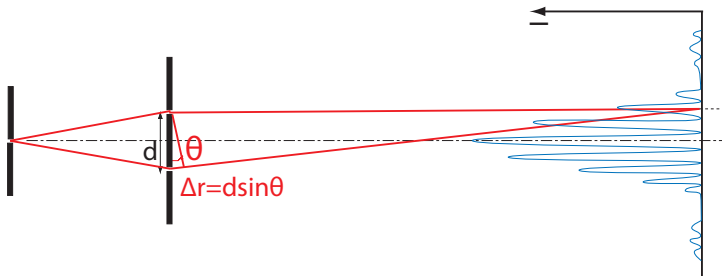
VŠ nápověda: vztah plyne z difrakce na štěrbině

$$I = I_0 \left( \frac{\sin x}{x} \right)^2,$$

kde  $x = kb \sin(\theta)/2$ .

# Interference na dvojštěrbíně

Zobrazte interferenční obrazec, který získáte interferencí na dvojštěrbíně, bez pomoci čoček na vzdálené stínítko.  
Experiment uspořádejte tak, aby šlo zdroj považovat za bodový.

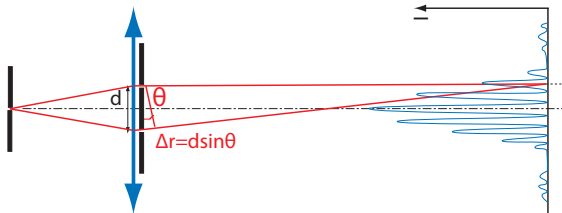


# Interference na dvojštěrbíně

Zopakujte předchozí experiment tak, že IR záření odfiltrujete determálním sklem a interferenční obrazec zobrazíte pomocí webové kamery.

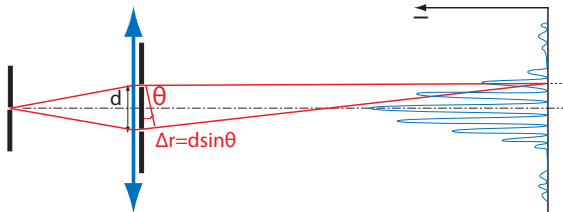
# Interference na dvojštěrbíně

Zopakujte předchozí experiment tak, že použijete čočku, její pomocí zaostříte obraz štěrbin na stínítko a těsně za čočku vložte dvojštěrbinu.



# Určení vlnové délky z Youngova pokusu – jednoduchý difraktograf

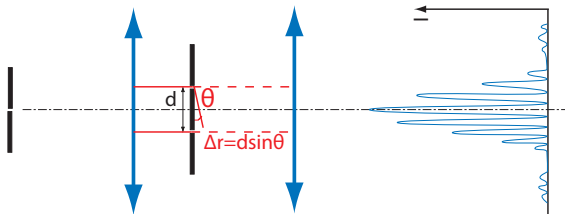
Sestavte jednoduchý difraktograf, použijte různé dvojštěrbiny s různými vzdálenostmi štěrbin. Určete z nich (alespoň orientačně) vlnovou délku viditelného světla.



Promyslete si, jak experiment měření vlnové délky světla zpřesnit.

# Určení vlnové délky z Youngova pokusu – úplný difraktograf

Promyslete si, proč je při pozorování v difraktografu štěrbinu osvětlena rovnoběžným svazkem, i když používáme jen jednu čočku, a ne dvě jako v úplném difraktografu (jak se šíří světlo v tomto difraktografu? kde mají čočky ohniska? kudy se šíří paprsky světla s naznačeným dráhovým rozdílem a kam dopadají?).





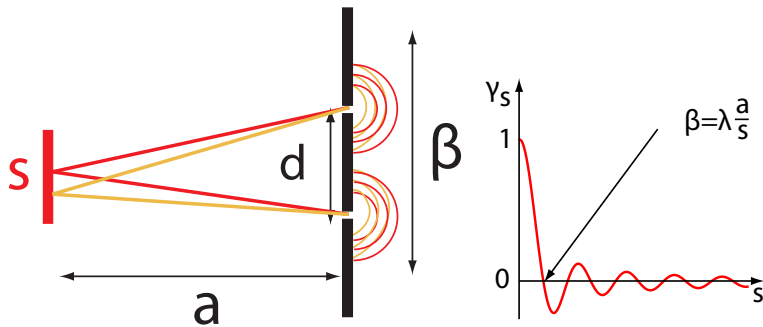
# Časová a prostorová koherence - literatura ke studiu

- J. Kuběna: Úvod do optiky, MU Brno 1994, skriptum. (též <http://physics.muni.cz/kubena/PDF1/ao1v55.pdf>)
- P. Malý, Optika, Karolinum 2008.
- J. Fuka, B. Havelka: Optika, SPN 1961, přístupné na: <http://www.opto.cz/knihy/>
- F5412 Základní kurz fyziky v příkladech a aplikacích 2 <http://is.muni.cz/predmet/sci/podzim2014/F5412>

Pro následující experimenty si zvolte jedno z předchozích tří zobrazení (na vzdálené stínítko, pomocí webkamery, čočkou).

# Prostorová koherence

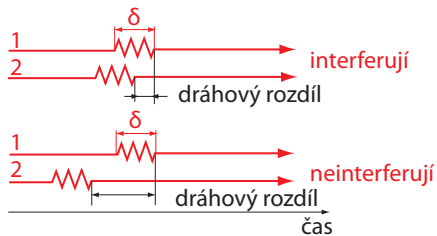
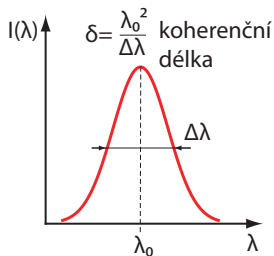
Použijte některé z předchozích zapojení. Jako zdroj světla použijte štěrbinu proměnné šířky  $s$  v libovolné vzdálenosti  $a$  od dvojštěrbiny. Jak závisí viditelnost interferenčního jevu na těchto parametrech? Jaký má význam interferenční šířka?



$$I = sI_1 + sI_2 + 2s\gamma_s\sqrt{I_1I_2}\cos\varphi \quad \gamma_s = \frac{\sin \frac{kds}{2a}}{\frac{kds}{2a}}$$

# Časová koherence

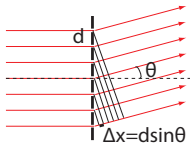
V některém z předchozích zapojení použijte jako zdroj světla úzkou štěrbinu a jako dvojštěrbinu tu, která má možnost zakrýt jednu či obě štěrbin sklem. Pozorujte interferenční obrazec při překrytí jedné a obou štěrbin sklem. Vysvětlete pozorovaný jev.



# Difrakce světla na lineární optické mřížce

- Pozorujte difrakci světla na různých optických mřížkách v jednoduchém difraktografu.
- Z pozorovaných jevů odhadněte mřížkovou konstantu a šířku štěrbin mřížky (trocha teorie viz další strana).
- Zdůvodněte, proč jsou obrazy jednotlivých difrakčních maxim rozmístěny nikoliv v rovině, ale na kružnici se středem v optickém středu čočky.

Odvození vztahu pro interferenci na mřížce:

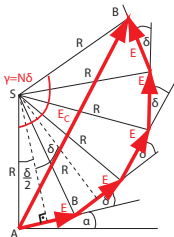


$$E_1 = E \sin(\omega t - kx) = E \sin \alpha$$

$$E_2 = E \sin(\omega t - kx - k\Delta x) = E \sin(\alpha + \delta)$$

⋮

$$E_N = E \sin(\alpha + N\delta)$$



$$E = 2R \sin(0.5\delta)$$

$$E_C = 2R \sin(0.5N\delta)$$

$$E_C = E \sin(0.5N\delta) / \sin(0.5\delta)$$

$$I_C \sim E_C^2$$

a je potřeba vynásobit vztahem pro difrakci na obdélníkových štěrbinách mřížky (VŠ)

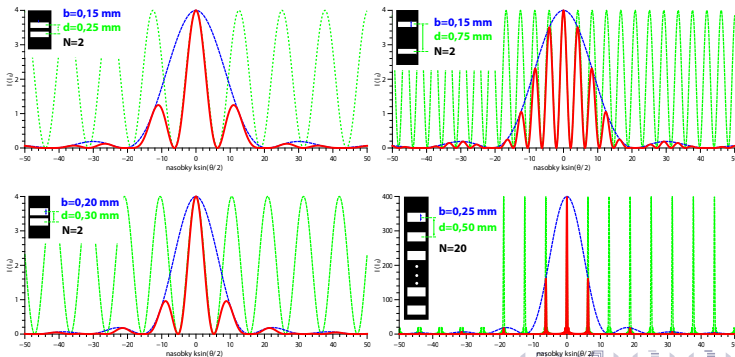
# Difrakce světla na lineární optické mřížce s N vrypy – teorie

hlavní maxima:

$$d \sin \theta = m\lambda, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Rozložení intenzity

$$I(\alpha) = I_0 \underbrace{\frac{\sin^2[kb \sin(\theta)/2]}{[kb \sin(\theta)/2]^2}}_{\text{difr. (otvor.) faktor}} \cdot \underbrace{\frac{\sin^2[Nkd \sin(\theta)/2]}{\sin^2[kd \sin(\theta)/2]}}_{\text{interf. (mříž.) faktor}},$$



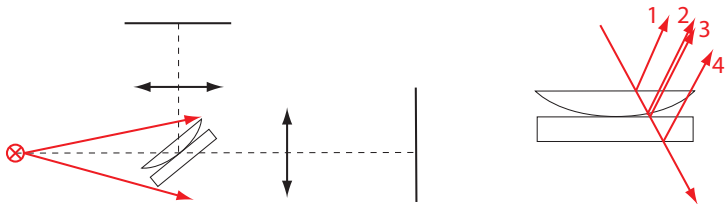
# Difrakční jevy pozorované okem a dalekohledem

- Pozorujte difrakční jevy tak, že objekt, na kterém dochází k difrakci, přiložíte těsně před oko anebo před přední čočku dalekohledu. Jako zdroj použijte bodový zdroj světla.
- Promyslete si, jak konkrétně realizovat bodový zdroj světla pro obě pozorování.
- Zakreslete chod paprsků světla při těchto pozorováních. Jaký je princip tohoto pozorování?

Jako difrakční objekty použijte dvojštěrbiny, štěrbiny, mřížky, tkaninu, pleteninu a další vhodné objekty.

# Interference světla na tenké vrstvě

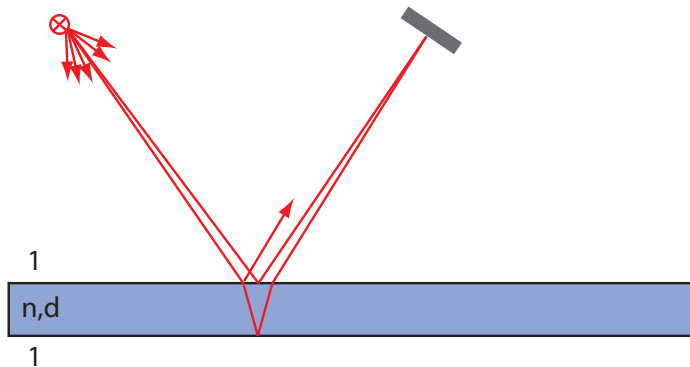
- Zobrazte interferenci světla na Newtonových sklech současně na odraz a na průchod.
- Pozorujte interferenci na tenké vzduchové mezeře mezi dvěma skly.



- Proč jsou interferenční obrazce na průchod a odraz komplementární (poloha maxim a minim)?
- Proč je při použití červeného filtru vidět více proužků než v bílém světle?
- Které z paprsků 1-4 interferují?
- Proč je různá viditelnost interferenčních obrazců na odraz a průchod?

# Interferenční proužky stejného sklonu

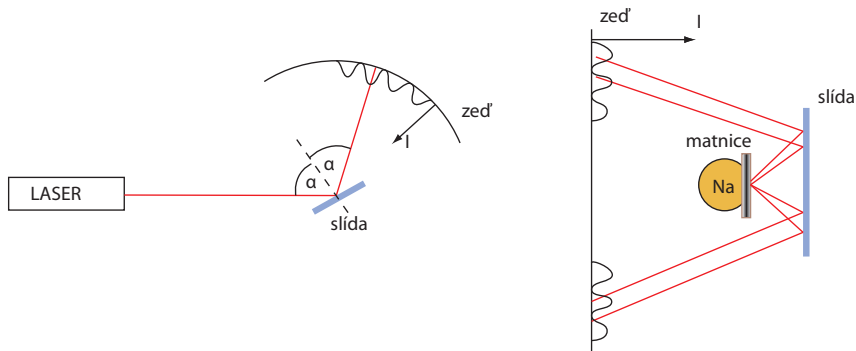
Jak je možné, že interference vzniká na tenké vrstvě a je viditelná i bez čočky? Jaké musí být splněny podmínky?





# Proužky stejného sklonu - slídová destička

Vytvořte interferenci mírně rozbíhavého laserového svazku na slídové destičce.



Vytvořte interferenci světla sodíkové výbojky na slídové destičce. Vysvětlete pozorování.

# Laser a experimenty s ním

- Objasněte princip laseru, na konkrétních provedeníh (HeNe laser, polovodičová dioda) vysvětlete, jak jsou splněny podmínky vzniku stimulované emise (aktivní prostředí s metastabilními stavy, optický rezonátor)
- Jak je to s prostorovou a časovou koherencí laserového svazku?
- Musí být světlo vycházející z laseru lineárně polarizované? Jak lze zařídit, aby bylo?
- Proveďte s laserem vhodné interferenční a difrakční experimenty (viz předchozí úlohy).
- Objasněte rozšiřování centrálního maxima při difrakci na obdélníkovém otvoru.
- Objasněte, jak lze pomocí laserového světla rozeznat, jsou-li přední a zadní strana skleněné desky rovnoběžné či nikoliv, experiment proveďte.

Kromě laserů a difrakčních a interferencečních objektů je k dispozici i rozptylka a kolimátor produkující rovnoběžný svazek paprsků.

# Princip rekonstrukce holografického obrazu

- Vytvořte na stínítku obraz hologramu metodou dopadu laserového paprsku na hologram pod úhlem přibližně 45 stupňů a zobrazení odchýleného světla na stínítko.
- Pozorujte laserový hologram okem tak, že svazek roztáhnete pomocí rozptylky a oko vložíte na místo, kde stálo stínítko.

# Princip rekonstrukce holografického obrazu

