

# Aplikovaná optika I: příklady k procvičení celku Interference a difrakce

Jana Jurmanová

# Interference a difrakce

1. Může při osvětlení předmětu dvěma či více kapesními svítilnami dojít k interferenčnímu zeslabení světla? Zdůvodněte.
2. Dvě koherentní vlnění s vlnovou délkou 600nm se setkávají v jednom bodě. Rozhodněte, zda v něm nastane interferenční maximum či minimum, případně částečné zesílení či zeslabení světla, je-li jejich dráhový rozdíl a) 0m, b) 300nm, c) 600nm, d) 900nm, e) 1200nm, f) 350nm, g) 590nm, h) 620nm, i) 6 $\mu$ m, j) 6,3 $\mu$ m.  
*[a), c), i) maximum, b), d), j) minimum, f) částečné zeslabení g), h) částečné zesílení]*
3. Určete koherenční délku bílého světla.
  - a) Rozhodněte, zda dojde k interferenci dvou svazku, jestliže jeden z nich projde 1mm tlustým sklem o indexu lomu 1,5.
  - b) Sklo je odstraněno. Určete intenzitu obou svazku, intenzitu minim a maxim, zakreslete graf závislosti intenzity na poloze na stínítku. Tutéž úlohu řešte i v případě, že sklo je zasunuto před obě štěrbinu  
*[a) koherenční délka  $\delta = \lambda^2 / \Delta \lambda = 1.8 \mu\text{m}$ , dráhový rozdíl  $x = (n - 1)d = 0.5\text{mm}$  je větší než koherenční délka; nedojde; b)  $I_1 = I_2 = 1$ ,  $I_{\text{max}} = 4I_1$ ,  $I_{\text{min}} = 0$ ; pro sklo před oběmi štěrbinami platí stejné vztahy, pouze  $I_1 = I_2 = 0,96$ .]*

4. Rozhodněte, zda dojde k interferenci při zasunutém sklu 1mm tlustém o indexu lomu 1,5 za jednu ze štěrbin, je-li dvojštěrbina osvětlena dubletem ( $\lambda_1 = 586\text{nm}$ ,  $\lambda_2 = 589\text{nm}$ ). Pokud ne, určete maximální tloušťku  $d$  skla, pro kterou by ještě k interferenci došlo. Určete intenzitu interferenčních minim a maxim a jejich polohu.  
*[ $\delta \sim 0.3\text{mm}$ ,  $x = 0.5\text{mm}$ , nedojde;  $d \leq 0.72\text{mm}$ ;  
 $I_1 = 1$ ,  $I_2 = 0.96$ ,  $I_{\max} = 3.76$ ,  $I_{\min} = 0.16$ . Polohu maxim  $y$  určíme z podmínky  $gy/L = k\lambda$ ,  $k \in \mathbb{Z}$ , polohu minim  $y$  určíme z podmínky  $gy/L = (2k - 1)\lambda/2$ ,  $k \in \mathbb{Z}$ , kde  $g$  je vzdálenost vrypu dvojštěrbiny a  $L$  vzdálenost od dvojštěrbiny na stínítko.]*
5. Za jednu z dvojice štěrbin je zasunuto krycí sklíčko používané pro mikroskopování, dvojštěrbina je osvětlena bílým světlem procházejícím přes zelený filtr. Pro jakou spektrální propustnost filtru ještě dojde k interferenci?  
*[při odhadu tloušťky skla  $d = 50\mu\text{m}$ , jeho indexu lomu  $n = 1,5$  a střední vlnové délky  $\lambda = 600\text{nm}$  je  $\Delta\lambda = \lambda^2 / (n-1)d = 13,6\text{nm}$ .]*
6. Určete koherenční délku jednomódového He-Ne laseru, přičemž k odhadu použijete vztah udávající pološířku módu  $\Delta\lambda = \lambda^2(1-R)/(4\pi L\sqrt{R})$ .  
*[při odhadu  $L = 0.5\text{m}$ ,  $R = 0.98$  a  $\lambda = 632\text{nm}$  je  $\delta = 311\text{m}$ .]*
7. Mýdlová blána ( $n=1.33$ ) se při kolmém dopadu světla jevila modrá ( $\lambda = 450\text{nm}$ ). Jaká je její tloušťka?  
*[ $0.084\mu\text{m}$ ]*

8. Proč olejové skvrny na vodní hladině nejsou zbarveny pouze jedinou barvou, ale pozorujeme na nich prakticky všechny barvy?

9. Tloušťka olejové vrstvy plovoucí na vodě je 240nm, její index lomu je 1.5. Určete, která barva odraženého bílého světla se ruší a která nejvíce zesílí, dopadá-li světlo kolmo na olej. Určete také poměr intenzit zesílené barvy a dopadajícího světla a tutéž veličinu pro zeslabenou barvu.

*[maximum:  $\lambda = 4nd/(2k-1)$ ,  $k \in \mathbb{Z}$ ,  $\lambda = 480\text{nm}$ , modrozelená; minimum:  $\lambda = 2nd/(k-1)$ ,  $k \in \mathbb{Z}$ ,  $\lambda = 720\text{nm}$ , červená; zesílená: 6,6%, zeslabená: 0.2%]*

10. Rozvažte, zda interference popsaná v předchozí úloze může skutečně nastat pro bílé světlo.

*[koherenční délka bílého světla je cca 1.8 $\mu\text{m}$  – může nastat]*

11. Na skleněné destičce o indexu lomu  $n_2 = 1,5$  je napařená tenká vrstva o indexu lomu  $n_1 = 1,6$ . Jaká musí být tloušťka tenké vrstvy, aby se při dopadu bílého světla pod úhlem  $0^\circ$  zeslabila v odraženém světle červená barva vlnové délky 800nm? Která barva se při této tloušťce zesílí? Které barvy se zeslabí a zesílí na průchod? Jaká je intenzita zesílené a zeslabené barvy na odraz i průchod?

*[ $\delta = 1,8\mu\text{m}$ , tloušťka vrstvy 500 nm, odraz – maximum  $= 4n_2d/(2k-1) = 640\text{nm}$  žlutozelená?, na průchod maximum  $\lambda = 800\text{nm}$  a minimum  $\lambda = 640\text{nm}$ ,  $R_{\text{vzd-vr}} = 5,3\%$ ,  $R_{\text{vr-sk}} = 0,1\%$ , odraz:  $I_1 = 0,053$ ,  $I_2 = 0,001$ ,  $I_{\text{max}} = 0,067$ ,  $I_{\text{min}} = 0,039$ , průchod  $I_1 = 0,946$ ,  $I_2 = 0,00005$ ,  $I_{\text{max}} = 0,960$ ,  $I_{\text{min}} = 0,932$ .]*

12. Newtonova skla se skládají z planparalelní desky a plankonvexní čočky poloměru křivosti 200cm. Poloměr třetího tmavého kroužku je 2.14mm.

- (a) Jakou vlnovou délku má monochromatické světlo použité při pokusu?
- (b) Jaká je tloušťka vzduchové mezery v tomto místě?
- (c) Jaký poloměr by měl třetí kroužek, kdyby byla mezi deskou a čočkou voda?

*[a) 763nm, b) 1.145  $\mu$ m, c) 1.853mm]*

13. Dvojštěrbina je ve vzdálenosti 1m od zdrojové štěrbině šířky  $s = 0.5\text{mm}$ . Určete, jak vzdálené mohou být štěrbin ve dvojštěrbině, aby světlo vycházející z obou štěrbin bylo prostorově koherentní. Vlnová délka světla je 500nm.

*[ $d \leq \beta = \lambda a/s = 1\text{mm}$ ]*

14. Dvojštěrbina má vzdálenost štěrbin  $d = 1\text{mm}$ , zdrojová štěrbin má šířku  $s = 0.1\text{mm}$ . Určete, do jaké vzdálenosti od štěrbin umístít dvojštěrbinu, aby bylo světlo vycházející z obou štěrbin prostorově koherentní. Vlnová délka světla je 500nm.

*[ $a \geq 0.2\text{m}$ ]*

15. Dvojštěrbina se vzdáleností štěrbin 1mm je ve vzdálenosti 2m od zdrojové štěrbině šířky. Určete, jak široká může být zdrojová štěrbin, aby světlo vycházející z obou štěrbin bylo prostorově koherentní. Vlnová délka světla je 500nm.

*[ $s \leq 1\text{mm}$ ]*

16. Určete, kam dopadne N-té maximum pro červené světlo na mřížce, která má 4 vrypy na 1mm. Stínítko je vzdáleno  $L=1\text{m}$  od mřížky.

$$[x = LN\lambda/d = 3, 2\text{Nmm pro volbu } \lambda = 800\text{nm}]$$

17. Kolik vrypu na 1cm má optická mřížka, jestliže světlo vlnové délky 589.6nm se ve druhém maximumu odchyluje od směru kolmého na rovinu mřížky o úhel

43°15'?

$$[58^\circ 13']$$

18. Na ohybovou mřížku 500 vrypu na 1mm dopadá kolmo bílé světlo. Jaký je rozdíl mezi odchylkami pro konec prvního a začátek druhého spektra? ( $\lambda_c = 760\text{nm}$ ,  $\lambda_f = 400\text{nm}$ )

$$[7']$$

19. Jaký nejvyšší řád můžeme pozorovat při dopadu sodíkového světla na mřížku s 500 vrypy na 1mm?

$$[3]$$

20. Mřížkovým spektroskopem bylo získáno mřížkové spektrum. Ohybové maximum 2.řádu vzniklo ve směru odchýleném o úhel  $\alpha = 36^\circ 12'$ . Mřížka byla ozářena monochromatickým světlem ze sodíkové výbojky, jejíž vlnová délka je 589nm. Nakreslete schéma spektroskopu a určete rozdíl drah dvou paprsku vycházejících z libovolných dvou sousedních štěrbin pod úhlem.

$$[2]$$

21. Vypočítejte šířku spektra v prvním maximumu vytvořeném mřížkou o 200 vrypech na 1cm, je-li obraz zdrojové štěrbinu vytvořen pomocí čočky na stínítku

vzdáleném 2.5m od mřížky ( $\lambda_c = 760\text{nm}$ ,  $\lambda_f = 400\text{nm}$ ).

$$[1.8\text{cm}]$$