

Cvičení – Kmity, vlny, optika

Část interference, difrakce, fotometrie

přednášející: Zdeněk Bochníček

Tento text obsahuje příklady ke cvičení k předmětu F3100 Kmity, vlny, optika. Příklady jsou rozděleny do bloků, které přibližně odpovídají tomu, jak jsou jednotlivá témata řešena ve cvičení. Studenti kombinovaného studia jsou povinni vypracovat pět příkladů z každého bloku, který prezenčně nenavštívili. Povinné příklady jsou v textu označeny symbolem •. Ostatní příklady mohou sloužit k procvičení.

Reference

- [1] Halliday D., Resnick R., Walker J., *Fyzika, část 2*, VUTIUM a Prometheus, Brno, Praha 2000
- [2] Janča J., Kapička V., Kučírek J., Stejskalová V., *Cvičení z obecné fyziky III a IV*, SPN Praha 1986
- [3] Máca B., *Cvičení z fyziky pro nefyzikální obory*, SPN Praha 1988
- [4] Syrový A., *Sbírka příkladů z fyziky*, SNTL Praha 1971
- [5] Hajko V. a kol., *Fyzika v příkladech*, Alfa Bratislava 1983

1 Optické zobrazování

1. • [1] Zlatá rybka plave v kulovém akváriu o poloměru R ve vzdálenosti $\frac{R}{2}$ od jeho skleněné stěny. S jakým zvětšením vidíme rybku, když ji pozorujeme zvenčí z nejbližší možné vzdálenosti? Index lomu vody v akváriu je 1,33. Vliv skleněné stěny akvária zanedbejte.
2. • [2] 11.34 Spojka vytvoří obraz svítícího zdroje na stínítku ve vzdálenosti 1 m od zdroje. Když čočku posuneme o 20 cm blíže ke stínítku (při pevné poloze předmětu a stínítka), vznikne na stínítku znovu obraz zdroje. Jaká je ohnisková vzdálenost čočky?

[24 cm]
3. • [2] 11.5 Konkávní zrcadlo na holení má ohniskovou vzdálenost 15 cm. Najděte optimální vzdálenost osoby od zrcadla, je-li pro pozorování okem nejvhodnější vzdálenost 25 cm od pozorovaného objektu. Jaké bude v tomto případě zvětšení?

[a = 8 cm, m = 2,125]

4. • Mikroskop je složen z objektivu s ohniskovou vzdáleností 3 mm a okuláru o ohniskové vzdálenosti 3 cm. Celková délka mikroskopu je 16 cm. Najděte vzdálenost od objektivu, do které je třeba umístit vzorek, aby jeho zvětšený obraz mohl být pozorován okem těsně za okulárem v konvenční zrakové vzdálenosti (25 cm).

[3,07 mm]

5. • Astronomický dalekohled je zaostřen tak, že okem akomodovaným na nekonečno v něm vidíme ostrý obraz Měsíce. Jak musíme posunout okulár ($f = 2$ cm), aby bylo možné Měsíc promítat na stínítko ve vzdálenosti $d = 16$ cm od okuláru?

[0,29 cm]

2 Interference

1. • Pro proměření interferenčního obrazce při Youngově pokusu byl použit CCD čip umístěný ve vzdálenosti 38,5 cm od dvojštěrbiny. Bylo zjištěno, že první maximum je od hlavního (nultého) maxima vzdáleno o 63 pixelů. Jaká je vlnová délka použitého světla? Vzdálenost štěrbin je 0,47 mm a vzdálenost sousedních pixelů $9 \mu\text{m}$.

$[\lambda = 692 \text{ nm}]$

2. • [2] 7.20 Plankonvexní skleněná čočka o poloměru křivosti R je položena svou konvexní plochou na rovinnou skleněnou desku o tloušťce $d = 1$ cm. Celek je osvětlen shora monochromatickým světlem (o vlnové délce λ). Stanovte poloměr světlých interferenčních proužků v prošlém světle.
3. • [2] 7.25 Odvoďte hodnotu dráhového rozdílu mezi paprsky vystupujícími z planoparalelní křemenné destičky tloušťky d , je-li index lomu destičky $n = 1,46$. Úhel dopadu paprsků je α . Řešte pro prošlé a odražené světlo. Jaký bude fázový rozdíl paprsků (destička je na vzduchu)?
4. • [2] 2.26 Dva stejné světelné zdroje jsou umístěny velmi blízko u sebe. Kolikrát se zvětší intenzita ve směru osy spojnice obou zdrojů, přidáme-li k nim ještě jeden stejný zdroj? Řešte pro

(a) koherentní zdroje kmitající ve fázi

(b) zcela nekoherentní zdroje

[a) 2,25, b) 1,5]

5. • Klínová vrstva je osvětlena bílým světlem z bodového zdroje. Odhadněte interval její tloušťky, pro který je na vrstvě možné okem pozorovat interferenční obrazec. Jak se výsledek změní, použijeme-li monochromatický zdroj čáry H_β ($\lambda = 488 \text{ nm}$, pološířka čáry (celá šířka v polovině výšky) $0,02 \text{ nm}$).

6. [2] 7.30 Dvě vybroušené rovinné destičky jsou na sobě položeny tak, že se na jednom konci dotýkají a na druhém, ve vzdálenosti $a = 10 \text{ cm}$ je vložen staniolový lístek tloušťky $h = 0,02 \text{ mm}$. Určete vzdálenost dvou sousedních interferenčních maxim, když kolmo na vrstvu dopadá monochromatický svazek světla o vlnové délce 589 nm .

3 Difrakce

1. • Stanovte teoretickou rozlišovací schopnost $R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}$ optické mřížky s N vrypů. Použijte Rayleighovo kritérium, pro jednoduchost uvažujte mřížku na průchod a kolmý dopad paprsků.

$$[R = mN, m - \text{difrakční řád}]$$

2. • Jakou mřížkou (tj. s jakým počtem vrypů na mm) musíme vybavit spektrometr, požadujeme-li, aby rozlišil jednotlivé komponenty sodíkového dubletu $588,9950 \text{ nm}$ a $589,5924 \text{ nm}$? Spektrometr používá mřížky $72 \times 72 \text{ mm}$. Rozliší je standardně rozšířená mřížka 1200 gr/mm ?

$$[14 \text{ gr/mm, ano}]$$

3. • [2] 8.20 Oční pupila má průměr 3 mm . Za použití Rayleighova kritéria určete:
- a) Na jakou vzdálenost rozliší oko dvě rovnoběžné čáry narýsované na listě papíru ve vzdálenosti 50 cm .
 - b) Na jakou vzdálenost může oko za ideálních podmínek rozlišit přední světla automobilu, jehož reflektory jsou 180 cm od sebe?

Pro výpočty berte vlnovou délku viditelného světla rovnu 550 nm .

$$[a) 2,23 \text{ km, b) } 8,05 \text{ km}]$$

4. • [2] 8.3 Fraunhoferova difrakce vzniká na štěrbině šířky $0,4 \text{ mm}$ a je zviditelněna na stínítku v ohniskové rovině čočky. Ohnisková vzdálenost použité čočky je 1 m a štěrbina je osvětlena dvěma vlnovými délkami λ_1, λ_2 . Bylo zjištěno, že čtvrté minimum pro vlnovou délku λ_1 splývá s pátým minimem pro vlnovou délku λ_2 a je přesně 5 mm od hlavního maxima. Určete obě vlnové délky.

$$[\lambda_1 = 500 \text{ nm, } \lambda_2 = 400 \text{ nm}]$$

5. • Určete vzdálenost tří nejbližších vedlejších maxim ohybového obrazce monochromatického světla (vlnová délka λ) od hlavního maxima při Fraunhoferově difrakci na obdélníkovém otvoru o šířce $d = 1 \text{ mm}$. Obrazec se pozoruje na stínítku, které leží v ohniskové rovině čočky ($f = 1 \text{ m}$) umístěné těsně za otvorem. Jsou maxima rovnoměrně rozmístěna?

$$[0,8 \text{ mm, } 1,5 \text{ mm, } 2,0 \text{ mm}]$$

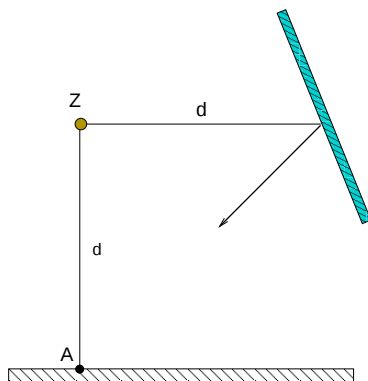
4 Fotometrie

1. • Halogenová žárovka 24 V / 250 W v promítacím přístroji má světelnou účinnost 34 lm W^{-1} . Určete osvětlení plátna, má-li osvětlená plocha rozměr $3 \times 4,5 \text{ m}$. Na plátno je z přístroje propuštěno 10 % vyzařeného světla.

[63 lx]

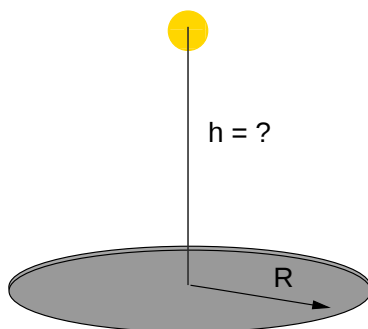
2. • [5] Bodový izotropní zdroj Z ozařuje desku tak, že kolmo v místě A je její osvětlení 60 lx. Jak se změní osvětlení v místě A , umístíme-li do vzdálenosti d , stejné jako je kolmá vzdálenost zdroje a desky, zrcadlo (viz obr.)? Předpokládejte, že odrazivost zrcadla je 100 %.

[67,2 lx]



3. • [2] 6.9 Nad kruhovou stolní deskou o poloměru $R = 1 \text{ m}$ je zavěšen bodový zdroj světla. Do jaké výšky nad středem stolu jej musíme zavěsit, aby intenzita osvětlení okraje stolu byla největší?

[$h = 0,7 \text{ m}$]



4. • Stanovte celkový světelný tok dopadající na plochu stolu z předcházející úlohy, je-li, výška izotropního světelného zdroje nad stolem $h = 0,7 \text{ m}$ a jeho svítivost 60 cd.

[160,8 lm.]

5. • [2] Osvětlení místnosti o výšce 3 m je realizováno kruhovou deskou z matovaného skla o poloměru 0,15 m umístěnou ve stropě. Luxmetr umístěný na podlaze přímo pod středem skleněné desky ukázal hodnotu osvětlení 50 lx. Předpokládejme, že jas desky je ve všech místech stejný a stěny neodráží světlo. Jaký je jas zdroje?

[6380 nt]