

# Fyzika pro chemiky II – příklady ke cvičením

## Ústav fyziky kondenzovaných látek, PřF MU Brno

### jarní semestr 2021

## 1. Příklady z optiky

### Maxwellovy rovnice a index lomu

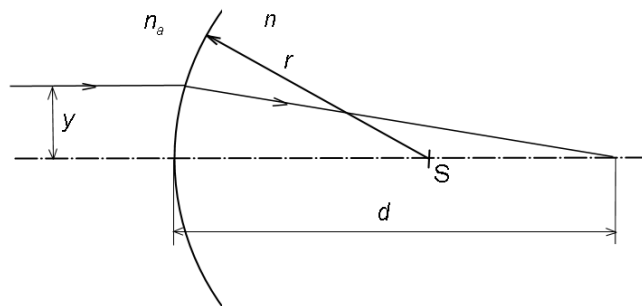
1. Pro dvourozměrné a třírozměrné vektory si zopakujte vztahy pro délku vektoru, skalární součin dvou vektorů a úhel mezi nimi. Pro třírozměrné též vektorový součin dvou vektorů. Číselně si tuto úlohu procvičte v odpovědníku na ISu.
2. Rovinná elektromagnetická vlna o frekvenci  $f = 5,45 \times 10^{14}$  Hz polarizovaná v rovině  $x,y$  se šíří ve směru osy  $x$  ve vakuu ( $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12}$  F·m<sup>-1</sup>,  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  H·m<sup>-1</sup>). Intenzita elektrického pole má amplitudu  $E_0$ .
  - (a) Určete rychlost elektromagnetického vlnění  $c$ , vlnovou délku  $\lambda$  a barvu, která této vlnové délce odpovídá.
  - (b) Napište rovnice elektromagnetické vlny  $\vec{E} = \vec{E}(\vec{r},t)$ ,  $\vec{B} = \vec{B}(\vec{r},t)$ , kde  $\vec{r}(x,y,z)$  je polohový vektor.
  - (c) Ověřte, zda tyto funkce vyhovují vlnové rovnici.
3. Napište vztah mezi rychlostí světla, elektrickou permitivitou a magnetickou permeabilitou ve vakuu. Dosadte číselné hodnoty konstant a prokažte platnost vztahu číselně (na kalkulačce).

### Paprsková optika – zákony odrazu a lomu

4. Rychlost světla v kapalině je  $2,14 \times 10^5$  km · s<sup>-1</sup> a světlo na její hladinu dopadá ze vzduchu pod úhlem 45°. Jaký je úhel lomu světla?
5. Na dně potoka leží kamínek. Chlapec se ho chce dotknout rovným prutem, kterým zamíří na kamínek pod úhlem 45° vzhledem k hladině vody. Jak daleko od kamínku se prut zaboří do dna potoku, které je v hloubce 35 cm? Index lomu vody je 1,33.
6. Světlo dopadá ze vzduchu na vodní hladinu a na ní se odráží i láme. Jaký úhel spolu svírají odražený a lomený paprsek při úhlu dopadu 42°? Index lomu vody je 1,33.
7. Ryba je 2 m pod hladinou klidného jezera. Jaký je průměr kruhu na hladině, kterým může ryba vidět svět vně vody?
8. Je index lomu jádra optického vlákna větší nebo menší než index lomu pláště vlákna? Vyberte si vhodnou kombinaci hodnot indexů lomu 1,38, 1,40, 1,45, 1,48, 1,50, 1,55 a odhadněte úhel totálního odrazu světla v optickém vlákně.
9. Mezní úhel diamantu je 24°. Určete rychlost světla v diamantu.

## Paprsková optika – optické soustavy

10. Paprsek se šíří prostředím s indexem lomu  $n_a = 1$  podél osy kolmé na rozhraní ve vzdálenosti  $y$  od ní. Dopadá na rozhraní s prostředím o indexu lomu  $n$ , které má tvar kulové plochy o poloměru  $r$ , přičemž  $r \gg y$ . Ve kterém bodě protne paprsek optickou osu?



11. Předmět, který zobrazujeme tenkou čočkou s ohniskovou vzdáleností  $f$ , má velikost  $Y = 2$  cm a je umístěn ve vzdálenosti  $a = 10$  cm od čočky. Ohnisková vzdálenost je: (A)  $f = -4$  cm, (B)  $f = 5$  cm.
- Proveďte grafickou konstrukci obrazu.
  - Vypočítejte vzdálenost obrazu od čočky.
  - Vypočítejte zvětšení obrazu  $m$ .
  - Určete, zda je obraz skutečný nebo zdánlivý.
12. Spojná čočka vytváří obraz, pro který platí  $Z_1 = -2$ . Jestliže k ní předmět přiblížíme o 15 cm, je  $Z_2 = -5$ . Určete ohniskovou vzdálenost čočky.
13. Stínítko je ve vzdálenosti 1 m od svíčky. Spojkou o optické mohutnosti 5 D umístěnou mezi svíčku a stínítko můžeme vytvořit ostrý obraz plamene svíčky při dvou polohách čočky. Určete vzájemnou vzdálenost těchto poloh.
14. Jaká musí být ohnisková vzdálenost spojky  $f$ , abychom ve vzdálenosti  $d$  od spojky získali obraz  $k$ -krát větší než předmět?

## Vlnová optika

15. Stínítko se dvěma malými otvory vzdálenými  $d = 0,1$  mm je osvětleno rtuťovou výbojkou. Ze spektra Hg je přes filtr propuštěno pouze zelené monochromatické světlo s vlnovou délkou  $\lambda = 546$  nm. Na rovinném stínítku ve vzdálenosti  $D = 2$  m od prvního stínítka pozorujeme interferenční jev (Youngův pokus). Určete polohu (úhlovou i délkovou na stínítku):
- prvního minima  $\vartheta_{m1}$ ,  $y_{m1}$ ,
  - desátého maxima  $\vartheta_{M10}$ ,  $y_{M10}$ .
  - Nakreslete závislost intenzity světla  $I$  na vzdálenosti  $y$  od středu stínítka.
16. Předpokládejte, že k Youngovu experimentu je použito modrozelené světlo ( $\lambda = 500$  nm). Vzdálenost středů štěrbin je 1,2 mm a stínítko je ve vzdálenosti 5,4 m od štěrbin. Jaká je vzdálenost světlých proužků (maxim)?
17. Při Youngově interferenčním pokusu prochází jeden paprsek kyvetou 2 cm dlouhou s planparalelními skleněnými stěnami. Je-li kyveta vyplněna vzduchem, pozorujeme interferenční jev. Je-li kyveta naplněna chlórem, posune se interferenční jev o 20 proužků. Celé uspořádání je v termostatu, který udržuje konstantní teplotu. Pokus provádíme se světlem čáry D sodíku ( $\lambda = 589$  nm).
- Vypočítejte index lomu chlóru, je-li index lomu vzduchu  $n = 1,000276$ .
  - Kterým směrem se posunují interferenční proužky při plnění kyvety chlórem?

18. Mýdlová bublina vytvoří uvnitř drátěného oka vodní film o tloušťce 320 nm. Index lomu vody je  $n = 1,33$  a index lomu vzduchu je  $n_0 = 1,00$ .
- (a) Jakou barvu bude mít bílé světlo po kolmém odrazu od tohoto filmu?
  - (b) Vypočítejte vlnové délky  $\lambda_{M1}$ ,  $\lambda_{M2}$ ,  $\lambda_{m1}$ ,  $\lambda_{m2}$  pro první dvě maxima a pro první dvě minima intenzity odraženého světla.
  - (c) Určete změnu fáze  $\varphi_1$  při odrazu na prvním a  $\varphi_2$  při odrazu na druhém rozhraní.
19. Antireflexní vrstva na skleněné čočce s indexem lomu  $n_s = 1,5$  je vyrobena napařením tenké vrstvy  $\text{MgF}_2$ , která má index lomu  $n = 1,38$ , na povrch skla. Vypočítejte tloušťku  $d$  antireflexní vrstvy tak, aby minimální intenzita odraženého světla ležela uprostřed viditelného spektra (vlnová délka  $\lambda = 550$  nm). Index lomu vzduchu je  $n_0 = 1,00$ .

### Nepovinné úlohy

úloha navíc Pozorujeme-li Newtonovy kroužky ( $\lambda = 450$  nm), které vznikají mezi ploskovypuklou čočkou a rovnou destičkou, je poloměr třetího světlého kroužku 1,06 mm. Nahradíme-li modrý filtr červeným, je poloměr pátého světlého kroužku 1,77 mm. Určete poloměr křivosti  $R$  čočky a vlnovou délku  $\lambda_c$  červeného světla.

úloha navíc Mřížka má 1000 vrypů na milimetr. Jaká je šířka vrypu, když interferenční maximum pátého řádu vymizí?