

Principy moderních optických zobrazovacích metod:

1. Základní popis vlnění

1. Viditelné světlo sahá od fialové části (vlnová délka asi 390 nm) do červené části (vlnová délka kolem 780 nm). Rychlost šíření elektromagnetických vln je ve vakuu rovna $3 \cdot 10^8$ m/s. Určete frekvenci záření.
2. Jakou vlnovou délku má záření vysílané rozhlasovou stanicí, má-li frekvenci (a) 1 kHz , (b) 100 MHz.
3. Určete energii fotonu pro (a) červené světlo (600 nm), (b) rtg. paprsky (0.1 nm). Při jaké teplotě je střední energie tepelného pohybu molekul pro jeden stupeň volnosti rovna vypočítané energii fotonu?
4. Vyjádřete energii fotonu, který odpovídá elektromagnetické vlně elektrického proudu o frekvenci 50 Hz a srovnajte ji s energií fotonů v oblasti viditelného světla (500 THz).
5. Záření z mezihvězdných mraků pozorujeme na vlnové délce 21 cm. O jaký druh elektromagnetického záření jde a jaká je frekvence a energie fotonů?
6. Uvažujte tři různé zdroje záření: zdroj gama záření ($\lambda = 10^{-12}$ m), zdroj zeleného světla ($\lambda = 500$ nm) a zdroj mikrovln ($\lambda = 1$ cm). Kolik fotonů musí každý ze zdrojů emitovat, aby vyzářil energii 1 joulu?
7. Zdroj světla vyzařuje fotony s vlnovou délkou $3.3 \cdot 10^{-7}$ m = 330 nm. Jaké je to záření? Určete energii těchto fotonů v joulech i elektronvoltech.
8. Sodíková lampa má výkon 3.5 W. Kolik fotonu s vlnovou délkou 589.3 nm vysílá za jednu sekundu?
9. Jaká vlnová délka odpovídá fotonu záření s energií $3.2 \cdot 10^{-13}$ J?
10. Jakou energii má foton radiové vlny délky 200 m, záření o vlnové délce 300nm, rentgenového záření o vlnové délce 10^{-12} m? Kolik fotonů je třeba k přenosu energie 1 J?
11. Helium-neonový laser je zdrojem monochromatického záření o vlnové délce 632,8nm. Jeho výkon je 2mW. Určete energii fotonu laserového záření. Kolik fotonů se emituje za jednu sekundu?
12. Při ozařování par rtuti se energie atomu rtuti zvětšuje o 4.9 eV. Jaká je vlnová délka záření vyzářeného při přechodu do stacionárního stavu?
13. Práh viditelnosti závisí na vlnové délce světla. Zelené světlo o vlnové délce $\lambda = 510$ nm je viditelné, jestliže na sítnici dopadá výkon $P = 2.93 \cdot 10^{-17}$ W. Určete práh viditelnosti počtem fotonů, které dopadnou na sítnici za dobu 1 s.
14. Proton se nachází ve velmi velké vzdálenosti od Země (prakticky v nekonečnu). Vlivem zemské přitažlivosti je uveden do pohybu a padá k Zemi. Když dopadne, je veškerá jeho kinetická energie přeměněna v energii jediného světelného kvanta. Jaká bude frekvence a jaká vlnová délka tohoto kvanta? V které části spektra je můžeme pozorovat?

2. Fotometrické veličiny

1. Vypočtete frekvenci monochromatického záření ze zdroje dávajícího energetický výkon $3 \cdot 10^{-12}$ W, který odpovídá 10^6 fotonů za vteřinu.
2. Nad kruhovým stolem s průměrem 1.6 m visí ve výšce 0.6 m žárovka, kterou považujeme za bodový zdroj světla rovnoměrně vyzařující do všech směrů. Světelný tok dopadající na stůl je roven 201 lm. Určete svítivost žárovky, celkový světelný tok vysílaný žárovkou a osvětlení ve středu stolu i na jeho okraji.
3. Radarová anténa vyzařuje rovinné elektromagnetické vlny o frekvenci 100 MHz a plošná hustota jejího výkonu je $19.88 \cdot 10^{-2}$ W/m². Vypočtete plošnou hustotu toku fotonů, tj. počet fotonů procházejících jednotkovou plochou kolmou na směr šíření za jednotku času. Kolik fotonů najdeme průměrně v jednom kubickém metru prostoru, kam je anténa směřována?
4. Žárovka o napětí 3 V odebírá proud 0,25 A a jedno procento svého příkonu mění ve světelně záření o vlnové délce 550 nm. Svazek světla, které vysílá má průřez 10 cm². (a) Kolik fotonů žárovka vysílá každou vteřinu? (b) Kolik fotonů se nachází v jednotkovém objemu světelného svazku? (c) Určete hustotu energie světelného svazku v okamžiku, kdy vychází ze žárovky.
5. Dokonale absorbující ploška je ozařována 300 W světla po dobu 100 vteřin. Vypočtete celkovou hybnost, kterou světlo plošce udělilo.

3. Fotoelektrický jev

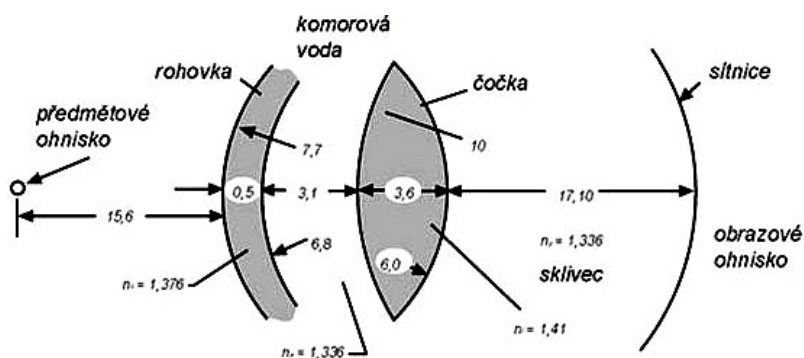
1. Při přechodu elektronu z druhé na první energiovou hladinu vodíku se vyzáří energie $1.63 \cdot 10^{18}$ J. Jaká je frekvence fotonu a vlnová délka fotonu ve vakuu? O jaké světlo se jedná?
2. Určete vlnovou délku fialového světla ve vzduchu a ve vodě. Určete, jak se změní frekvence a energie fotonu při přechodu ze vzduchu do vody.
3. Kolik fotonů ultrafialového světla o vlnové délce $0.1 \mu\text{m}$ má energii 1 J?
4. Určete výstupní práci platiny, pro niž je mezní frekvence $1.28 \cdot 10^{15}$ Hz. Vyjádřete tuto práci v joulech i elektronvoltech. Jaká je mezní vlnová délka (ve vzduchu)? Může nastat fotoemise dopadem viditelného záření na platinu?
5. Sodík má výstupní práci $3.6 \cdot 10^{-19}$ J. Určete mezní frekvenci, mezní vlnovou délku a rychlost, kterou opouštějí elektrony katodu, dopadá-li na ni světlo frekvence $6 \cdot 10^{14}$ Hz.
6. S jakou rychlostí opouštějí elektrony (a) platinu o mezní vlnové délce 197 nm, dopadá-li na ni ultrafialové záření o vlnové délce 150 nm, (b) wolfram s výstupní prací 4.54 eV po dopadu záření o vlnové délce 120 nm, (c) měď o mezní vlnové délce 277 nm po dopadu záření ze sodíkové výbojky ($\lambda = 589$ nm)?

4. Rozptyl

1. Kolikrát bude větší intenzita rozptýleného světla modré barvy oproti barvě červené, předpokládáme-li rozptyl na přibližně kulových částech o velikostech < 100 nm a navíc, že dopadající intenzita světla je pro obě barvy stejná.
2. Kolikrát se změní intenzita světla při pozorování Rayleighova rozptylu, budeme-li rozptýlené světlo pozorovat místo podél dopadajícího paprsku, kolmo na dopadající paprsek.
3. Jak se bude lišit intenzita při Rayleighova rozptylu budou-li mít rozptylující částice místo 10 nm rozměr 20 nm.

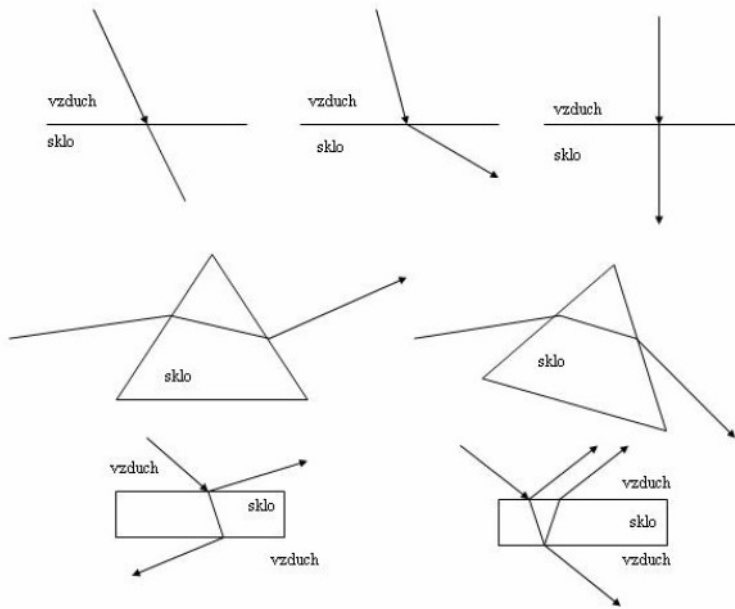
5. Index lomu

1. Při přechodu žlutého světla z vakua do kapaliny se jeho vlnová délka λ zmenšila o $0.147 \mu\text{m}$. Určete index lomu kapaliny a rychlost, kterou se v ní šíří světlo.
2. Index lomu skla je pro červené světlo 1.505 a pro fialové světlo 1.524. Vypočtete, jakou rychlostí se budou tyto monochromatické složky šířit ve skle a jak se změní jejich vlnová délka oproti délce na vzduchu.
3. Pohár s rovným dnem, 100 mm hluboký, je naplněn alkoholem ($n_a = 1.361$). Druhý, úplně stejný pohár je naplněn zčásti vodou ($n_v = 1.333$), zčásti minerálním olejem ($n_o = 1.473$), který na vodě plave. Tloušťka olejové vrstvy je taková, že na výšku kapalinových sloupců v obou pohárech připadá stejný počet vlnových délek, jestliže jimi prochází světlo svisle dolů. Jak velká je tloušťka vrstvy minerálního oleje?
4. Bodový zdroj světla Z vysílá světlo o vlnové délce $\lambda = 500 \text{ nm}$. A a B jsou dva body na stínítku, které jsou od sebe vzdáleny $b = 10 \text{ mm}$. Stínítko je od zdroje Z vzdáleno $a = 1000 \text{ mm}$. a) O kolik vln je více na dráze ZB než na dráze ZA? b) Paprsku ZA byla dána do cesty planparalelní destička o indexu lomu $n = 1.50$ tak, aby její stěny byly kolmé k paprsku ZA. Jak velká musí být tloušťka destičky, aby počet vln na dráze ZA byl stejný jako na dráze ZB?
5. Podle Gullstrandova-Le Grandova modelu oka má rohovka tloušťku 0.5 mm a index lomu 1.376. Rozměry komory, čočky a sklivce jsou spolu s indexy lomu uvedeny na obrázku. Určete dobu, za kterou projde celým okem tam a zpět (po odrazu od zadní stěny) signál a) ultrazvuku, b) světelný. Rozhodněte o měřitelnosti jednotlivých časových úseků. Rychlost ultrazvuku v kapalinách je cca 1000 m/s .



6. Pozorovateli je zakryto ploché dno misky její stěnou. Když byla miska po okraj naplněna kapalinou, pozorovatel za stejných podmínek viděl obrázek umístěný ve středu dna misky. Miska měla výšku 8.1 cm a průměr 14 cm . Jaký je index lomu kapaliny?
7. Vypočtete index lomu diamantu, jestliže při dopadu světla na rozhraní vzduch – diamant pod úhlem 68° jsou odražený a lomený paprsek navzájem kolmé.
8. Vypočtete mezní úhel pro sklo, jehož index lomu je 1.51 (rozhraní sklo-vzduch a sklo-voda). V obou případech zakreslete obrázek a vyznačte v něm, pro jaké úhly dochází k totálnímu odrazu.
9. Určete index lomu oleje, jestliže paprsek přecházející z oleje do vody má úhel dopadu 30° a úhel lomu $34^\circ 50'$.

10. Světlo dopadá ze vzduchu na vodní hladinu a na ní se odráží i láme. Jaký úhel svírají odražený a lomený paprsek při úhlu dopadu 42° ?
11. Ve vodě je v hloubce h pod hladinou umístěn bodový zdroj světla. Určete tvar a rozměr té části povrchu vody, kterou světlo vystupuje nad vodní hladinu.
12. Z uvedených obrázků vyberte ty, kde je chod paprsku zakreslen správně. Vysvětlete podstatu chyb.

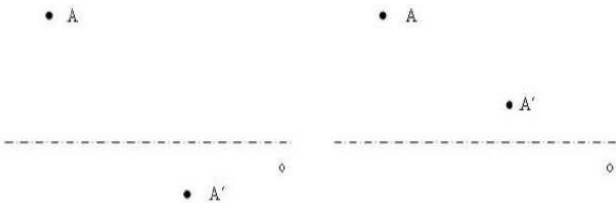


6. Odrazivost, propustnost a absorpce

1. Světelný paprsek se šíří z prostředí o indexu lomu 1,5 do prostředí o indexu lomu 1,7. Paprsek dopadá na rozhraní pod úhlem $\alpha = 30^\circ$ a láme se pod úhlem β . (a) Určete rychlost šíření paprsku v obou prostředích. (b) Určete úhel β . (c) Určete, kolik procent světla projde tímto rozhráním při kolmém dopadu, nedochází-li k absorpci.
2. Na rovinný povrch kapaliny dopadá ze vzduchu pod úhlem 50° světelný paprsek a vstupuje do ní pod úhlem 30° . Lomený paprsek dopadá na průhledné dno, jehož index lomu je 1.2. Určete index lomu kapaliny a směr šíření paprsku ve dně nádoby. Dále určete odrazivost všech rozhraní v tomto experimentu (za předpokladu, že by světlo dopadalo na tato rozhraní kolmo.)
3. Světlo dopadá kolmo na rovinné rozhraní a) vzduchu a skla b) vzduchu a vody c) diamantu a vzduchu. Určete velikost úhlu odrazu a lomu v těchto případech, určete odrazivost jednotlivých rozhraní.
4. Porovnejte odrazivost a absorpci v diamantu a křemíku tloušťky 2 mm pro světlo vlnové délky 500 nm (koeficient lineární absorpce je dán $\mu = 4\pi n_c/\lambda$, kde n_c je komplexní část indexu lomu).
5. Zlatý plíšek tloušťky $2 \mu\text{m}$ plave na vodní hladině. Určete jeho odrazivost a absorpci, šíří-li se světlo vlnové délky 500 nm a) ze vzduchu b) z vody. ($n_{Au} = 0.47 + i2.83$)

7. Geometrická optika

1. Předmět vysoký 1 cm je umístěn 30 cm od spojky, která má ohniskovou vzdálenost 20 cm. Určete vzdálenost obrazu od spojky a jeho zvětšení.
2. Svíčka je ve vzdálenosti 30 cm před konkávním zrcadlem, které má poloměr 240 cm. Určete polohu obrazu svíčky.
3. Muž používá na holení konkávní zrcadlo, jehož ohnisková vzdálenost je 20 cm. Jak daleko by mělo být zrcadlo od jeho tváře, aby zobrazovalo s dvojnásobným zvětšením?
4. Předmět je ve vzdálenosti 30cm před spojkou s optickou mohutností 5 dioptrií. Určete polohu obrazu a zvětšení.
5. Určete optickou mohutnost spojky, která vytváří obraz předmětu ležícího 25cm před spojkou ve vzdálenosti 1000mm za čočkou.
6. Před rozptylkou s ohniskovou vzdáleností -240mm je předmět výšky 40mm ve vzdálenosti 8cm. Určete obrazovou vzdálenost, zvětšení a výšku obrazu.
7. Jaká musí být ohnisková vzdálenost spojky f , abychom ve vzdálenosti d od spojky získali obraz k -krát větší než předmět?
8. Najdete čočky, které zobrazí bod A na bod A'.



8. Zobrazovací schémata

1. - viz. příloha

9. Zobrazovací přístroje

Odvození zvětšení lupy:

Zavádíme úhlové zvětšení lupy $\Gamma = \frac{\omega'}{\omega} \approx \frac{\tan \omega'}{\tan \omega}$, kde $\tan \omega = -\frac{y}{l}$, y - velikost předmětu a $l = 25\text{cm}$ je konvenční zřaková vzdálenost. Pro úhlovou velikost obrazu píšeme $\tan \omega' = -\frac{y'}{e-a'}$, e je libovolná vzdálenost oka od lupy. Potom pro celkové úhlové zvětšení lupy dostáváme

$$\Gamma = \frac{\tan \omega'}{\tan \omega} = \frac{y'}{y} \frac{l}{e-a'} = \frac{f-a'}{f} \frac{l}{e-a'}$$

Dále předpokládejme, že oko akomodujeme do nekonečna, čili $a' \rightarrow \infty$ a $a \rightarrow f$, takže $a' \gg f$ a $a' \gg e$, potom pro zvětšení lupy platí jednoduchý vztah

$$\Gamma = -\frac{l}{f}$$

Odvození zvětšení mikroskopu:

Zvětšení celého mikroskopu Γ je dáno příčným zvětšením objektivu Γ_{OB} a zvětšením okuláru (lupy) Γ_{OK} . Příčné zvětšení objektivu je dáno

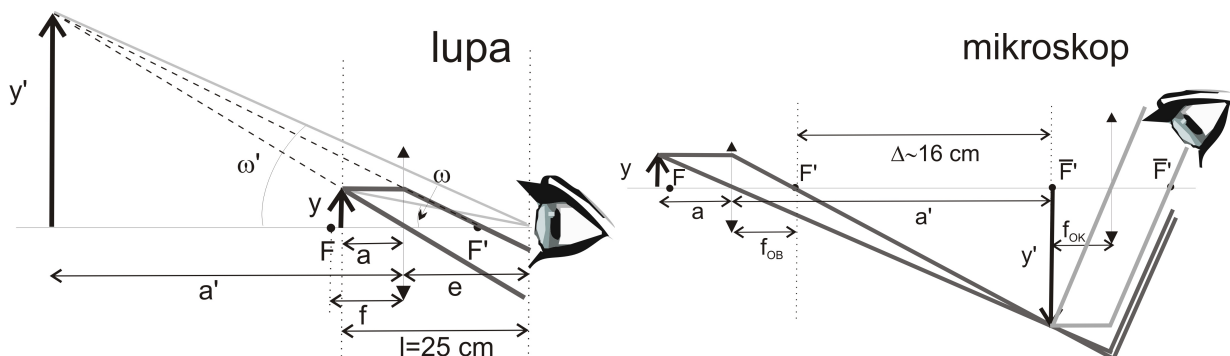
$$\Gamma_{OB} = -\frac{y'}{y} = \frac{f_{OB} - a'}{f_{OB}} = \frac{f_{OB} - (f_{OB} + \Delta)}{f_{OB}} = -\frac{\Delta}{f_{OB}},$$

kde Δ je vzdálenost ohniska objektivu od meziobrazu (polní roviny). Při akomodaci oka na nekonečno je to zároveň vzdálenost ohniska objektivu od ohniska okuláru nazývaná také jako délka tubusu. Obvykle je délka tubusu $\Delta \approx 16\text{ cm}$. Použijeme-li dále vztah pro zvětšení lupy, pro celkové zvětšení mikroskopu Γ dostáváme

$$\Gamma = \Gamma_{OB} \cdot \Gamma_{OK} = \left(-\frac{\Delta}{f_{OB}}\right) \cdot \left(-\frac{l}{f_{OK}}\right) = \frac{\Delta \cdot l}{f_{OB} \cdot f_{OK}}$$

Podobně pro *dalekohled* je pak pro dalekou vzdálenost předmětu $a \gg f_{OK}$

$$\Gamma = \frac{\tan \omega'}{\tan \omega} = \frac{y'}{f_{OK}} \frac{a}{y} = -\beta \frac{a}{f_{OK}} = \frac{f_{OB}}{a + f_{OB}} \frac{a}{f_{OK}} \approx \frac{f_{OB}}{f_{OK}}$$



1. Jaké je zvětšení Keplerova dalekohledu, jehož objektiv má ohniskovou vzdálenost 1.5 m a okulár ohniskovou vzdálenost 6 cm? Pod jakým zorným úhlem pozorujeme tímto dalekohledem Měsíc, pozorujeme-li Měsíc okem pod úhlem $31'$?
2. Jaké je zvětšení dalekohledu, jestliže předmět vysoký 1 m, který je ve vzdálenosti 400 m, se v něm jeví se zdánlivou velikostí 1 cm?
3. Určete zvětšení mikroskopu, jehož okulár má ohniskovou vzdálenost 4 cm, objektiv 4 mm a optický interval je 16 cm.
4. Mikroskop má optický interval 20 cm a okulár s ohniskovou vzdáleností 2.5 cm. V řadě vyměnitelných objektivů jsou objektivy s ohniskovou vzdáleností 4 mm, 5 mm a 8 mm. Jaká jsou zvětšení mikroskopu při použití jednotlivých objektivů?
5. Objektiv mikroskopu dává třicetinásobné zvětšení, vyměnitelné okuláry 6násobné, 10násobné a 15násobné zvětšení. Určete zvětšení mikroskopu.
6. Je možné jednoduchým způsobem získat na stínítku obraz vytvořený mikroskopem? Nakreslete chod paprsku, odlište konstrukční a reálné paprsky, které vytvářejí obraz.
7. Zakreslete chod paprsku mikroskopem, ze kterého vychází rovnoběžný svazek paprsků, který vchází do oka. V čem se liší tato situace od předchozí?
8. Nakreslete chod paprsků mikroskopem, který funguje jako projektor. Umístěte správně polní čočku, zakreslete její předmětovou a obrazovou rovinu. Zakreslete chod paprsků mikroskopem s polní čočkou. Rozhodněte, zda umístění polní čočky mění zvětšení obrazu, rozhodnutí zdůvodněte.

10. Interference

1. Dvě koherentní vlnění s vlnovou délkou 600 nm 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) 0 m, b) 300 nm, c) 600 nm, d) 900 nm, e) 1200 nm, f) 350 nm, g) 590 nm, h) 620 nm, i) $6 \mu\text{m}$, j) $6.3 \mu\text{m}$.
2. Určete koherenční délku bílého světla. a) Rozhodněte, zda dojde k interferenci dvou svazku, jestliže jeden z nich projde 1 mm 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
3. Rozhodněte, zda dojde k interferenci při zasunutém sklu 1 mm 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.
4. 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?
5. Určete koherenční délku jednomódového He-Ne laseru, přičemž k odhadu použijete vztah udávající pološířku módu $F\lambda = \lambda_2(1 - R)/(4\pi L\sqrt{R})$.
6. Tloušťka olejové vrstvy plovoucí na vodě je 240 nm, 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.
7. Mýdlová blána ($n=1.33$) se při kolmém dopadu světla jevila modrá ($\lambda = 450 \text{ nm}$). Jaká je její tloušťka?
8. Rozvažte, zda interference popsaná v předchozí úloze může skutečně nastat pro bílé světlo.
9. 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° zeslabila v odraženém světle červená barva vlnové délky 800 nm? 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?
10. Newtonova skla se skládají z planparalelní desky a plankonvexní čočky poloměru křivosti 200 cm. Poloměr třetího tmavého kroužku je 2.14 mm. (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?
11. V Rayleighově interferometru procházejí paprsky ze dvou koherentních zdrojů uzavřenými skleněnými trubicemi délky 10 cm a pak spojeny čočkou dávají na stínítku interferenční spektrum. Naplníme-li jednu trubici plynem, jehož index lomu je jiný než index lomu vzduchu, který zaplňuje druhou, posune se spektrum o několik řádů. Určete index lomu chloru posunul-li se žlutý proužek spektra o 82 řády.

11. Difrakce

1. Dvojštěrbina je ve vzdálenosti 1 m od zdrojové štěrbině šířky $s = 0.5$ mm. Určete, jak vzdálené mohou být štěrbině ve dvojštěrbině, aby světlo vycházející z obou štěrbin bylo prostorově koherentní. Vlnová délka světla je 500 nm.
2. Dvojštěrbina má vzdálenost štěrbin $d = 1$ mm, zdrojová štěrbině má šířku $s = 0.1$ mm. Určete, do jaké vzdálenosti od štěrbině umístit dvojštěrbinu, aby bylo světlo vycházející z obou štěrbin prostorově koherentní. Vlnová délka světla je 500 nm.
3. Dvojštěrbina se vzdáleností štěrbin 1 mm je ve vzdálenosti 2 m od zdrojové štěrbině šířky. Určete, jak široká může být zdrojová štěrbině, aby světlo vycházející z obou štěrbin bylo prostorově koherentní. Vlnová délka světla je 500 nm.
4. Určete, kam dopadne N-té maximum pro červené světlo na mřížce, která má 4 vrypy na 1 mm. Stínítko je vzdáleno $L = 1$ m od mřížky.
5. Kolik vrypu na 1 cm má optická mřížka, jestliže světlo vlnové délky 589.6 nm se ve druhém maximu odchyluje od směru kolmého na rovinu mřížky o úhel $43^\circ 15'$?
6. Na ohybovou mřížku 500 vrypu na 1 mm dopadá kolmo bílé světlo. Jaký je rozdíl mezi odchylkami pro konec prvního a začátek druhého spektra? ($\lambda_c = 760$ nm, $\lambda_f = 400$ nm)
7. Jaký nejvyšší řád můžeme pozorovat při dopadu sodíkového světla na mřížku s 500 vrypy na 1 mm?
8. 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 589 nm. Nakreslete schéma spektroskopu a určete rozdíl drah dvou paprsků vycházejících z libovolných dvou sousedních štěrbin pod úhlem.
9. Vypočítejte šířku spektra v prvním maximu vytvořeném mřížkou o 200 vrypech na 1 cm, je-li obraz zdrojové štěrbině vytvořen pomocí čočky na stínítku vzdáleném 2.5 m od mřížky ($\lambda_c = 760$ nm, $\lambda_f = 400$ nm).
10. Odhadněte rozlišovací schopnost lidského oka.
11. Do jaké vzdálenosti dokážeme rozlišit dva body vzdálené od sebe 1 m, je-li rozlišovací schopnost lidského oka 1'.
12. Ve vzdálenosti 1 km od pozorovatele jede osobní automobil. Odhadnete, je-li pozorovatel schopen poznat, svítí-li autu oba reflektory.

12. Polarizace

1. Polarizační úhel pro vodu je 53° . Určete index lomu vody vzhledem ke vzduchu.
2. Úhel úplné polarizace pro nepruhledný email je 58° . Jaký je index lomu emailu?
3. Určete Brewsterův úhel pro rozhraní vzduch a a) voda o indexu lomu $n=1.33$ b) sklo s indexem lomu $n=1.6$ c) diamant s indexem lomu $n=2.4$. Určete pro tato rozhraní i úhel lomeného paprsku. Spočítejte pro tato rozhraní i mezní úhly. Nakreslete obrázky, které znázorňují chod paprsku při dopadu pod mezním a pod Brewsterovým úhlem.
4. Kolmo na optickou osu krystalu islandského vápence dopadá paprsek o vlnové délce $\lambda = 0.55 \mu\text{m}$. Vypočtete délku vlny řádného a mimořádného paprsku, je-li index lomu $n_o = 1.66$ pro řádný paprsek a $n_e = 1.49$ pro mimořádný paprsek. Jakou rychlostí se šíří v krystalu paprsek řádný a jakou mimořádný?
5. Jaký úhel má svírat optická osa polyethylenové folie s analyzátozem a polarizátorem, aby interference v bílém světle byla nejlépe viditelná? Nechť je analyzátor rovnoběžný s polarizátorem a folie s ním svírá onen optimální úhel. Jaká je tloušťka folie, jeví-li se nám modrá ($\lambda = 400 \text{ nm}$) a je-li rozdíl indexu lomu řádného a mimořádného paprsku v polyethylenové folii 0.001 ? Jakou barvu bude mít tato folie, je-li analyzátor kolmý na polarizátor a směr optické osy fólie vůči polarizátoru se nezmění?