

Fyzika 2 - rámcové příklady vlnová optika, úvod do kvantové fyziky

1. Vysvětlíte pojmy kulová a rovinná vlnoplocha.
2. Pomocí Hyugensova principu vysvětlíte konstrukci tvaru vlnoplochy v libovolném budoucím čase pro vlnoplochy a) kulové, b) rovinné.
3. Jak se projeví Hyugensův princip, jestliže rovinná vlna dorazí na kolmou překážku s malým otvorem? Jak se bude vlnění šířit za otvorem?
4. Pomocí Hyugensova principu ukažte, že na rozhraní dvou optických prostředí platí Snellův zákon odrazu a lomu (využijte princip rekonstrukce rovinné vlny).
5. Stanovte absolutní index lomu prostředí, jestliže rychlost elektromagnetických vln v daném prostředí dosahuje hodnoty $0,65c$. Jaký je rozdíl optických drah paprsků ve vzduchu a v daném prostředí, jestliže doba šíření paprsku ve vakuu je 1 s ?
6. Určete rychlost elektromagnetických vln ve vodě ($n = 1,33$) a ve skle ($n = 1,5$).
7. Jakou geometrickou a jakou optickou dráhu urazí světelný paprsek šířící se nádobou akvária naplněného vodou, jestliže podélný rozměr nádrže je 80 cm a tloušťka skla 4 mm ? Hodnoty indexů lomu obou prostředí naleznete v úkolu č. 6.
8. Jaká je geometrická a optická dráha paprsku šířícího se nádobou akvária (zadání jako v úkolu č. 7), jestliže úhel dopadu paprsku na první rozhraní je a) 5° , b) 10° , c) 30° ? Výška stěny akvária je dostatečná k tomu, aby paprsek dopadl na protější stěnu akvária.
9. Který výrok je pravdivý?
 - a) Vlna odražená na opticky řidším prostředí změní fázi o π .
 - b) Vlna odražená na opticky hustším prostředí změní fázi o π .
 - c) Vlna lomená do opticky řidšího prostředí změní fázi o π .
 - d) Vlna lomená do opticky hustšího prostředí změní fázi o π .
10. Nalezněte vztah mezi dráhovým a fázovým rozdílem vlnění.
11. Který výrok je pravdivý?
 - a) Vlna odražená na opticky řidším prostředí je dráhově posunuta o $\frac{\lambda}{2}$.
 - b) Vlna odražená na opticky hustším prostředí je dráhově posunuta o $\frac{\lambda}{2}$.
 - c) Vlna lomená do opticky řidšího prostředí je dráhově posunuta o $\frac{\lambda}{2}$.
 - d) Vlna lomená do opticky hustšího prostředí je dráhově posunuta o $\frac{\lambda}{2}$.

12. Jaký je dráhový a fázový rozdíl dvou paprsků, jestliže jeden z paprsků prochází skleněnou deskou o tloušťce 5 mm, zatímco druhý se šíří pouze vzduchem? Počáteční dráhový rozdíl před vstupem paprsku do skla uvažujte nulový.
13. Využijte výsledků z úkolů č. 7 a 8 a stanovte dráhový a fázový posuv mezi paprskem, který na stěnu akvária dopadá kolmo, a paprskem, který na stěnu dopadá pod úhlem dle zadání 8a).
14. K úplné polarizaci odraženého paprsku dojde v případě, že odražený a lomený paprsek svírají vzájemně úhel 90° . Stanovte úhel dopadu paprsku dopadajícího ze vzduchu na vodní hladinu ($n = 1,33$), při kterém k polarizaci dojde.
15. Lze jev úplné polarizace odražené složky pozorovat i při dopadu paprsku z opticky hustšího na opticky řidší prostředí?
16. Ukažte, že poloha 1. maxima v Youngově pokusu závisí na vzdálenosti štěrbin, vlnové délce zdroje a poloze stínítka, kde proužky zobrazujeme.
17. Je vzájemná rozteč proužků ve dvouštěrbinovém experimentu konstantní, nebo se mění?
18. Jaký interferenční obrazec budeme pozorovat, použijeme-li jako zdroj dvě žluté čáry sodíkové výbojky, jejichž vlnové délky jsou 589,0 nm a 589,6 nm? Charakterizujte tento obrazec (intenzita proužků, počet proužků, fázová maxima, atp.)
19. Jaký je fázový a dráhový rozdíl paprsků interferujících ve 2. maximu při Youngově pokusu, jestliže použitý zdroj má jednu vlnovou délku $\lambda = 546$ nm?
20. Monochromatické zelené světlo o vlnové délce 550 nm osvětluje dvě rovnoběžné úzké štěrbin, mezi jejichž středy je vzdálenost 7,70 mm. Vypočtěte úhlovou odchylku světlého proužku třetího řádu v radiánech a ve stupních.
21. Jestliže se rozteč mezi štěrbinami v Youngově experimentu dvakrát zvětší, jak se musí změnit vzdálenost stínítka od štěrbin, aby vzdálenost mezi proužky zůstala stejná?
22. Do kruhového rámečku o průměru 100 mm natáhneme mýdlovou blánu ($n = 1,33$). Určete tloušťku vrstvy, jestliže odražená složka bílého světla interferuje v maximu při vlnové délce 450 nm.
23. Jak se změní barevný vjem blány z úkolu č. 22, jestliže budeme jev pozorovat z druhé strany blány?
24. Světlo o vlnové délce 624 nm dopadá na mýdlovou blánu ($n = 1,33$) ve vzduchu. Pro které dvě nejmenší tloušťky této blány dochází při odrazu ke konstruktivní interferenci?
25. Tenká vrstva ve vzduchu o tloušťce 0,410 mm je osvětlena bílým světlem, které dopadá kolmo na její povrch. Index lomu vrstvy je 1,50. Pro jaké vlnové délky viditelného světla odraženého od obou rozhraní dochází ke konstruktivní interferenci?

26. Uvažujte zadání dle úkolu č. 25. Nalezněte všechny vlnové délky viditelného spektra, které nebudou po odrazu viditelné.
27. Odraz kolmo dopadajícího bílého světla od mýdlové blány ve vzduchu má interferenční maximum při 600 nm a minimum při 450 nm, přitom mezi těmito hodnotami neexistuje žádné další minimum. Jaká je tloušťka vrstvy, jestliže její index lomu je $n = 1,33$?
28. Na klidné hladině rybníka ($n_2 = 1,32$) se objevila olejová skvrna ($n_1 = 1,58$), která se při kolmém pozorování jeví jako červená (630 nm). Určete nejmenší tloušťku vrstvy oleje na vodě.
29. Tenká vrstva hliníku byla napařena na skleněnou destičku, přičemž v určité oblasti byla depozice odstíněna. Tímto postupem vznikl jasně viditelný přechod mezi povrchem hliníkové vrstvičky a povrchem skleněného substrátu. Pomocí Michelsonova interferometru sledujeme posuv proužků způsobený delší dráhou paprsků odražených od povrchu skla. Zmíněný posuv činí 1,5 násobek rozteče proužků pro žlutozelené světlo zdroje (555 nm). Určete výšku schodu, tj. tloušťku hliníkové vrstvy.
30. Široký svazek světla o vlnové délce 630 nm dopadá kolmo na tenkou klínovou vrstvu s indexem lomu 1,50. V procházejícím světle vidí pozorovatel podél celé délky vrstvy 10 světlých proužků a 9 tmavých proužků. O kolik se na této délce změnila tloušťka vrstvy? Jaký je vrcholový úhel klínu?
31. Posuneme-li zrcadlo v Michelsonově interferometru o 0,233 mm, posune se interferenční obrazec o 792 proužků. Jaká je vlnová délka světla vytvářejícího strukturu proužků?
32. Skloníme-li zrcadlo v měřicí větvi interferometru, bude v zorném poli interferometru pozorovatelných právě 10 interferenčních proužků. Určete úhel sklonu zrcadla, jestliže zdrojem světla je He-Ne laser.
33. O jakou vzdálenost je nutné posunout zrcadlo v měřicí větvi interferometru, aby zorným polem prošlo právě 200 proužků? Zdrojem světla je He-Ne laser.
34. Použitím sodíkového dubletu (dvě blízké vlnové délky 589,59 nm a 589,10 nm) v Michelsonově interferometru získáme v zorném poli dvě překrývající se sady interferenčních proužků s mírně odlišnou roztečí proužků. Určete, o jakou vzdálenost je nutné posunout zrcadlo v měřicí větvi interferometru, abychom z jednoho maxima kontrastu sad proužků přešli do následujícího maxima kontrastu.
35. Zrcadlo v měřicí větvi interferometru je skloněno tak, aby v zorném poli byl pozorovatelný systém proužků. Skloněné zrcadlo se posouvá určitou rychlostí v podélném směru vůči dopadajícím paprskům. Určete rychlost posuvu zrcadla, jestliže středem zorného pole prochází právě 5 proužků za čas 15 s. Zdrojem světla je žlutá čára sodíkové výbojky o vlnové délce 589 nm.

36. Vzduchotěsná komora 5,0 cm dlouhá se skleněnými okénky je umístěna v jedné větvi Michelsonova interferometru. Je použito světlo o vlnové délce $\lambda = 500$ nm. Jestliže je vzduch z komory zcela vyčerpán, dojde k posunutí o 60 proužků. Z těchto údajů nalezněte index lomu vzduchu při atmosférickém tlaku.
37. Optická difrakční mřížka má 800 vrypů na milimetr. Délka mřížky je 5 cm. Kolmo na ni dopadá monochromatické světlo o vlnové délce 500 nm. Jaké řády difrakce můžeme pozorovat?
38. Na optickou mřížku s mřížkovou konstantou 0,01 mm dopadá kolmo bílé světlo, jehož vlnové délky jsou od 390 nm do 790 nm. Jaká je šířka spojitého spektra prvního řádu, které se vytváří na stínítku umístěném ve vzdálenosti 3 m za mřížkou? Jaké úhlové šířce toto odpovídá?
39. Položíme-li DVD disk na vodorovnou plochu a kolmo jej osvětlíme světlem laserového ukazovátka o vlnové délce 650 nm, vytvoří se na stěně ve vzdálenosti 130 cm stopa maxima prvního řádu ve výšce 70 cm nad rovinou disku. Jaká je vzdálenost dvou sousedních záznamových stop na DVD disku?
40. Difrakční mřížka má $1,26 \cdot 10^4$ vrypů rovnoměrně rozmístěných v šířce 25,4 mm. Kolmo na ní dopadá modré světlo o vlnové délce 450 nm. Jaké úhly svírají s centrální osou maxima druhého řádu?
41. Mřížka má 315 vrypů/mm. Pro kterou vlnovou délku viditelného spektra lze pozorovat difrakci pátého řádu?
42. Světlo o vlnové délce 600 nm dopadá kolmo na difrakční mřížku. Úhly dvou sousedních maxim jsou určeny podmínkami $\sin \theta = 0,2$ a $\sin \theta = 0,3$. Maximum čtvrtého řádu chybí. Stanovte mřížkovou konstantu a určete úhlový rozsah viditelného spektra (pro vlnové délky 400 nm do 700 nm) ve všech pozorovatelných maximech.
43. Na mřížku kolmo dopadá bílé světlo (sestavající z vlnových délek od 400 nm do 700 nm). Ukažte, že druhý řád se překrývá s třetím řádem, a to nezávisle na hodnotě mřížkové konstanty d .
44. Stanovte energii fotonů pro vlnovou délku 632,8 nm.
45. Zelená čára rtuťové výbojky má vlnovou délku 546,1 nm. Určete frekvenci vlnění a energii fotonů pro danou vlnovou délku.
46. Monochromatický světelný zdroj o vlnové délce 589 nm má světelný výkon 100 W. Uvažujme, že zdroj je umístěn ve středu kulové plochy, jejíž povrch absorbuje veškeré záření, které na ni dopadá. Určete počet fotonů, které dopadnou na povrch plochy za 1 s.
47. Stanovte energii a velikost hybnosti fotonu, příslušející záření s vlnovou délkou $\lambda = 1 \cdot 10^{-12}$ m (záření γ).

48. Monochromatické světlo dopadá na fotografický film. Jednotlivý foton se zaznamená, pokud má energii alespoň 0,6 eV, aby disocioval molekulu AgBr ve filmu. Jaká je největší vlnová délka světla, kterou můžeme zaznamenat? V jaké oblasti spektra se tato hodnota nachází?
49. Jak rychle se musí pohybovat elektrony, aby měly stejnou energii jako fotony sodíkového světla ($\lambda = 589 \text{ nm}$)?
50. Speciální zdroj vyzařuje monochromatické světlo o vlnové délce 630 nm. Jeho příkon je 60W a účinnost převodu elektrické energie na světlo je 93 %. Kolik fotonů vyzáří zdroj za svou dobu života 730 h?
51. Jaká je hybnost fotonu, jehož energie se rovná klidové energii elektronu? Jaká je vlnová délka a frekvence příslušného záření?
52. Projektil o hmotnosti 40 g má rychlost $1 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$. Jakou vlnovou délku můžeme projektilu přiřadit?
53. Určete vlnovou délku a) 1,00 keV elektronu, b) 1,00 keV fotonu a c) 1,00 keV neutronu.
54. Elektron a foton mají každý vlnovou délku 0,20 nm. Určete jejich energii a velikost hybnosti.
55. Jedenkrát nabité ionty uhlíku jsou urychleny napětím 300 V. Jakou hybnost získá takový iont? Jakou má de Broglieho vlnovou délku?
56. Mezní vlnová délka záření vyvolávající fotoelektrický jev u draslíku je 577 nm. Jaká je minimální energie světelného kvanta, při níž na draslíku dochází k fotoemisi? Určete maximální energii fotoelektronů, které byly z draslíku uvolněny světlem o vlnové délce 400 nm. Dále určete, jaké brzdné napětí je třeba použít k zastavení fotoelektrického jevu.
57. Při ozáření fotokatody ultrafialovým zářením o kmitočtu $2,2 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ je třeba k zastavení fotoelektrického proudu působit na emitované elektrony brzdným napětím 6,6 V. Určete výstupní práci kovu, ze kterého je zhotovena fotokatoda.
58. Měděná koule dostatečně vzdálená od okolních těles je osvětlována elektromagnetickým zářením vlnové délky 200 nm. Na jaký maximální potenciál se koule nabije působením tohoto záření? Výstupní práce mědi $\Phi = 4,47 \text{ eV}$.
59. Ultrafialové záření o vlnové délce 200 nm dopadá na povrch hliníku. Hliník má výstupní práci 4,2 eV. Jaká je kinetická energie emitovaných elektronů? Jaký je v tomto případě brzdný potenciál? Jaká je prahová vlnová délka pro hliník?
60. Nalezněte závislost velikosti brzdného napětí na frekvenci dopadajících fotonů pro zvolený materiál terče.