

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího  posudek oponenta  
 bakalářské práce  diplomové práce

Autor/ka: Kateřina Barotová  
Název práce: Optická odrazivost periodických struktur  
Studijní program a obor: FP  
Rok odevzdání: 2024

Jméno a tituly oponenta: RNDr. Eva Schmoranzarová, Ph.D.  
Pracoviště: Katedra chemické fyziky a optiky, MFF UK  
Kontaktní e-mail: eva.schmoranzarova@matfyz.cuni.cz

## Odborná úroveň práce:

- vynikající  velmi dobrá  průměrná  podprůměrná  nevyhovující

## Věcné chyby:

- téměř žádné  vzhledem k rozsahu přiměřený počet  méně podstatné četné  závažné

## Výsledky:

- originální  původní i převzaté  netriviální kompilace  citované z literatury  opsané

## Rozsah práce:

- veliký  standardní  dostatečný  nedostatečný

## Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající  velmi dobrá  průměrná  podprůměrná  nevyhovující

## Tiskové chyby:

- téměř žádné  vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet  četné

## Celková úroveň práce:

- vynikající  velmi dobrá  průměrná  podprůměrná  nevyhovující

### **Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/oponenta:**

Navržená práce Kateřiny Barotové se zabývá výpočtem spektrální závislosti odrazivosti tenkých vrstev a multivrstev. Cílem je nalézt metodu, která by umožnila co nejpřesněji popsat komplexní problém odrazivosti biologických tkání složených z částečně uspořádaných mikrokrystallů v matici o odlišném indexu lomu, které mají za následek výrazné zbarvení některých živočichů (tzv. strukturální barvy).

Na příkladech jednoduchých systémů (vrstvy, dvojevrstvy) je srovnáno několik analytických metod výpočtu reflexního spektra. Jako přesná, referenční metoda je brána matice přenosu (MatP). Další, nově zavedené metody, jsou aproximativní. Z Fresnelových vzorců je odvozena metoda „Born“, která je jistou analogií Bornovy aproximace, jelikož zahrnuje odraz pouze jeden odraz od rozhraní. Hlavním cílem práce je pak ukázat přesnost výpočtu spektra založeného na Fourierově transformaci indexu lomu (FTn), což je způsob běžně využívaný pro popis spekter strukturálních barev. V práci je navržena modifikace této metody v podobě Fourierovy transformace derivace indexu lomu (FTdn). Spektra počítaná pomocí FTdn vykazují ve všech studovaných modelových systémech lepší shodu s teorií než běžná metoda FTn.

Práce je rozdělena na tři části podle složitosti modelového systému. První část ukazuje řešení jednoduché tenké vrstvy, kde je možné srovnávat i konkrétní, analytické tvary spekter. Odsud je zjevné, že metoda FTn je, až na škálovací faktor, identická s metodou BornT, tedy aproximací uvažující pouze odraz na jednom rozhraní. Vzhledem k tomu, že ani jedna z metod neuvažuje průchod tenkou vrstvou (pouze odraz na rozhraní), nemůže realisticky popisovat velikost odrazivosti, ale pouze její spektrální průběh.

V druhé části práce jsou metody zobecněny na použití ve dvojevrstvě, skládající se z dvou tenkých vrstev o odlišné tloušťce a indexu lomu. Zde je patrné, že dobrou proměnnou pro Fourierovu transformaci již nemůže být dráha (jako v jedné vrstvě). Tu nahrazuje lokální optická dráha. Tento postup je však obtížně zobecnitelný do složitých 2D struktur, proto je navržen alternativní způsob. Místo „lokální“ optické dráhy je brána „efektivní“, kde je uvažován průměrný index lomu obou vrstev, vážený jejich tloušťkou (metody FTnN, FTdnN). Zde je detailně kvantifikována i odchylka jednotlivých metod od modelové (MatP) v závislosti na parametrech dvojevrstvy.

Všechny výše popsané metody jsou v poslední části aplikovány na, do určité míry realistický případ jednodimenzionální multivrstvy, v níž se střídá 20 vrstev o náhodných tloušťkách a dvou indexech lomu. Zde už je problém řešen numericky. Diskutována je přesnost zejména metod FTnN, FTdnN pro různé parametry multivrstvy, jelikož je v principu možné je aplikovat i na neuspořádané 2D struktury, podobné tkáním živočichů. Metody fungují do jisté míry správně pro popis reflexních spekter, selhávají však pro struktury s velkým kontrastem indexů lomu sousedních vrstev. Jejich případná použitelnost je tedy vázaná konkrétním tvarem biologické tkáně.

Celkově předkládaná práce ukazuje na perspektivní matematické metody umožňující výpočet spekter odrazivosti komplikovaných biologických tkání. Studentka prokázala schopnost orientovat se ve velkém množství matematických metod, a nejen je správně aplikovat, ale i realisticky zhodnotit jejich přesnost a limity použitelnosti.

V některých částech by si práce zasloužila trochu více rozpracovat – zejména „Appendixy“, ve kterých jsou jednotlivé metody vysvětleny, jsou obtížněji čitelné (chybí značení některých veličin, souvislost mezi jednotlivými vzorci není zjevná). Pro neteoretiky je tato záchranná část podstatná...

Jde však o malý problém, práce je velice zdařilá a doporučuji ji hodnotit jako výbornou.

### Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

- 1) V diskuzi ke kapitole věnující se jedné tenké vrstvě je uvedeno, že metoda FTn typicky preferuje modrou část spektra kvůli tvaru funkce  $\text{sinc}$  (viz str. 9). Obrázek 1.2 ale jasně ukazuje opačnou preferenci pro tuto metodu, část spektra pro vlnové délky nad cca 700 nm je zesílena. Můžete okomentovat důvod?
- 2) Není mi zcela zjevná definice argumentu pro Fourierovu transformaci u metod FTn a FTdn. Proč je nutné srovnání s Bornovou aproximací, aby se určil konkrétní tvar parametru  $\xi$ ? Není již z definice zjevné, že musí jít o vlnový vektor?
- 3) V práci je zmíněno, že metody založené na Fourierově transformaci indexu lomu nepopisují správně absolutní velikost odrazivosti, jelikož neuvažují průchod danými vrstvami. Existuje způsob, jak do metody transmisi zahrnout?  
A je možné odhadnout, jestli by byl popis přesnější, pokud by index lomu neměl skokový průběh (jako v modelovém případě), ale například gradientní?
- 4) V kapitole 3.1.2 je řečeno, že použití optické dráhy a lokálního přeškalování indexu lomu v dvoudimenzionální struktuře není možné, jelikož struktura nezachovává návaznost vrstev a celkový charakter. Toto není běžný předpoklad u 2D vrstvy. Jak by taková struktura musela vypadat?

### Práci

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako diplomovou/bakalářskou.

### Navrhuji hodnocení stupněm:

výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/oponenta:

Praha, 12.6.2024

