

## Úloha č. 8

## Interference na tenké vrstvě

### Úkoly měření:

1. Pomocí metody interference na tenké klínové vrstvě stanovte tloušťku vybraného vlákna nebo vašeho vlasu.
2. Pomocí metody, viz bod 1, stanovte index lomu destilované vody.
3. Získané výsledky, viz bod 1 a 2, porovnejte s výsledky získanými pomocí měření na mikrometru (tloušťka) a Abbeho refraktometru (index lomu).

### Použité přístroje a pomůcky:

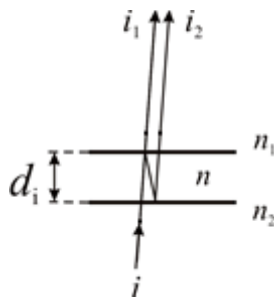
1. Podstavec se zdrojem monochromatického světla (*nízkotlaká sodíková výbojka  $\lambda = 589 \text{ nm}$* ).
2. Digitální mikroskop, polopropustná skla (zrcadla), mikrometr, Abbeho refraktometr.

### Základní pojmy, teoretický úvod:

Interference na tenké vrstvě je důsledkem skládání vlnění odraženého od přední a zadní průhledné, tenké vrstvy (plochy), viz obr. 1. Podmínkou pro vznik interferenčních proužků je koherence záření a tloušťka vrstvy v řádech vlnových délek použitého monochromatického světla.

Další podmínkou pro vznik interferenčních proužků je fázový rozdíl (posunutí) mezi dvěma vlnami, k němuž může dojít těmito způsoby:

- odrazem,
- šířením vln po různě dlouhých drahách,
- šířením vln prostředím s různým indexem lomu.



**Obr. 1:** Schéma interferující vlny v daném místě, kde  $d_i$  je tloušťka vrstvy v daném místě,  $i$  je dopadající vlna,  $i_1$  je prošlá vlna a  $i_2$  je prošlá vlna po odrazu od spodní a horní plochy,  $n$  je index lomu prostředí (vzduch nebo voda) a  $n_1, n_2$  jsou indexy lomu skla.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

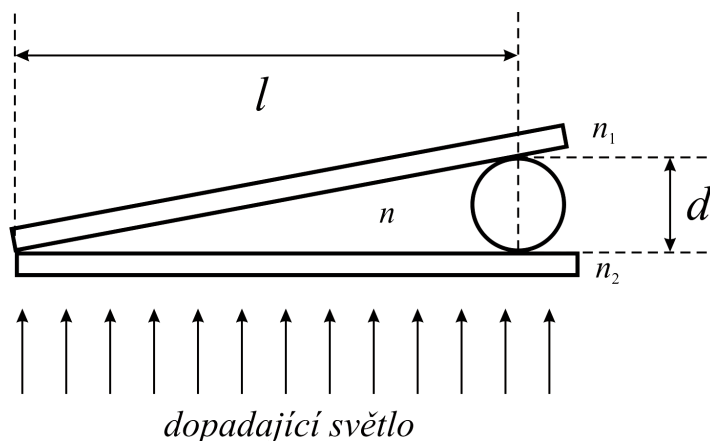


OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

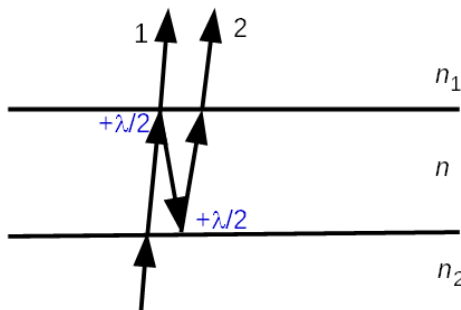
Rozebíraný případ na obr. 1 poskytuje všechny tři uvedené způsoby vzniku fázového rozdílu. To znamená, že při odrazu vlnění na:

- **opticky hustším prostředí** (vyšší index lomu) dochází k fázovému posunu oproti dopadající vlně o polovinu vlnové délky,
- **opticky řidším prostředí** (nižší index lomu) k fázovému posunu nedochází.



**Obr. 2:** Schéma tenké klínové vrstvy s měřeným vzorkem.

V našem experimentálním uspořádání, viz obr. 2, je tenká, klínová interferenční vrstva (0-100  $\mu\text{m}$ ) tvořena dvěma polopropustnými skly s indexem lomu cca 1,5. Takto omezený prostor je vyplněn prostředím s nižším indexem lomu (vzduchem nebo vodou), tj. platí  $n_1 > n < n_2$ . Světlo se šíří zdola nahoru.



**Obr. 3:** Změna fáze při průchodu světla tenkou klínovou vrstvou.

Z toho plyne (obr. 3), že fázové posunutí pro vlnu 1 je 0 a pro vlnu 2, která se dvakrát odráží na opticky hustším rozhraní je  $+\lambda$ , viz obr. 3.

Na základě těchto předpokladů můžeme odvodit následující vztahy pro:

A) konstruktivní interferenci – **vznik maxim**:

$$\begin{aligned} 2nd_i + \lambda &= m\lambda \\ 2nd_i &= (m-1)\lambda \end{aligned} \quad (1)$$

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

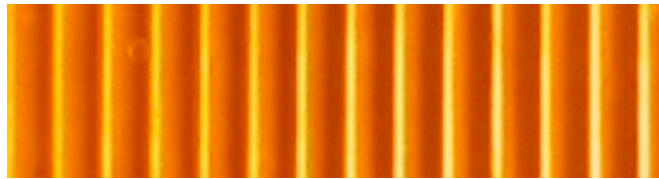
B) destruktivní interferenci – vznik **minim**:

$$2nd_i + \lambda = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$$

$$2nd_i = (2m - 1) \frac{\lambda}{2} \quad (2)$$

kde  $d_i$  je tloušťka klínové vrstvy v místě proužku,  $\lambda$  je vlnová délka dopadajícího záření (*v našem případě  $\lambda = 589 \text{ nm}$* ),  $n$  je index lomu prostředí (*v našem případě vzduchu = 1,0003 nebo vody = 1,33*).

V důsledku interference na tenké klínové vrstvě, vyobrazené na obr. 3 vznikají světlé a tmavé proužky, jež spojují místa se stejnou tloušťkou, viz obr. 4.



**Obr. 4:** Příklad interferenčních proužků vznikajících na tenké klínové vrstvě.

Je-li  $m$  počet maxim nebo minim po celé délce klínové vrstvy  $l$ , je  $d$  tloušťka klínové vrstvy v místě vlasu, tedy tloušťka vlasu.

**Spočítáním maxim nebo minim na jednotku délky, viz obr. 3, a znalostí celé délky  $l$ , viz obr. 2, můžeme s využitím (1) nebo (2) vypočítat tloušťku studovaného vzorku nebo také zpětně index lomu prostředí.**

*Poznámka - základní pojmy:*

## Interference

Interference je konstruktivní (vznik maxim – světlé proužky) nebo destruktivní (vznik minim – tmavé proužky) skládání koherentního vlnění (viz kapitola skript Elektromagnetické vlny – ufmi.ft.utb.cz).

## Koherence záření

Koherentní vlny mají stejný fázový rozdíl v čase i prostoru (tj. za koherentní můžeme považovat záření, jehož vlny vytvářejí pozorovatelný interferenční obrazec a s časem se nemění jejich fázový rozdíl).

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

## Tenká vrstva

Za tenkou vrstvu lze v našem případě považovat vrstvu, jenž je řádově rovna jednotkám vlnových délek obsažených ve viditelném světle.

## Klínová vrstva

Klínová vrstva je zvláštním případem tenké vrstvy s proměnnou tloušťkou, na níž vznikají interferenční proužky stejné tloušťky.

## Postupy měření a pokyny k úloze:

### 1. Měření tloušťky studovaného vlákna

- Zapněte sodíkovou výbojku a nechte ji cca 5 min. žhavit.
- Mezi dvě polopropustná skla vložte měřený předmět (vlas, vlákno), tak aby reflexní vrstvy skla směřovaly směrem k měřenému předmětu (dovnitř klínové vrstvy).
- Umístění měřeného předmětu volte tak, aby úhel klínové vrstvy byl co nejmenší, tj. aby interferenční proužky byly co nejširší.

***Poznámka:** S rostoucí šířkou klínové vrstvy se zvyšuje počet interferenčních proužků na jednotku délky, tj. klesá jejich šířka a zhoršuje se možnost jejich odečítání.*

- Při dané vzdálenosti  $l$ , viz obr. 2, spočítejte počet proužků na 1 až 5 mm délky, v závislosti na použitém zvětšení digitálního mikroskopu.
- Měření opakujte pro 5 různých míst při jedné vzdálenosti  $l$ .
- Celý postup opakujte pro tři různé vzdálenosti  $l$  (tj. proveďte celkem 15 měření)
- Pro každé měření vypočítejte počet proužků v klínové vrstvě délky  $l$  a následně stanovte tloušťku  $d$  měřeného předmětu.
- Získané výsledky (z předešlých kroků) porovnejte s měřením tloušťky pomocí mikrometru (měření pomocí mikrometru opakujte 10x na různých místech daného předmětu).

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



## 2. Stanovení indexu lomu destilované vody

- Postupy uvedené v předešlém bodě opakujte s kapkou destilované vody mezi polopropustnými skly tak, abyste na základě znalosti tloušťky předmětu  $d$  (zjištěné měřením v předešlém kroku) mohli zpětně stanovit index lomu této kapaliny.
- Vypočtený index lomu destilované vody porovnejte s výsledkem získaným na Abbeho refraktometru.

### Seznam použité a doporučené literatury:

- [1] Halliday D., Resnick R., Walker J.: Fyzika, VUT v Brně, Nakladatelství VUTIUM, (2000).

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem  
a státním rozpočtem České republiky.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická