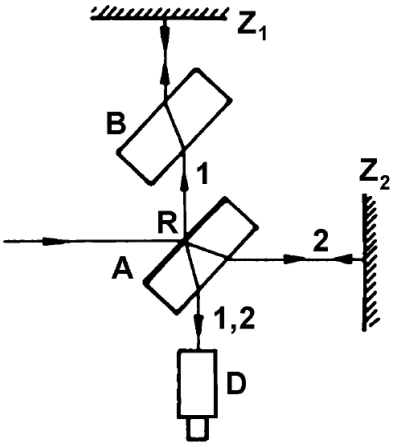
Měření vlnových délek světla Michelsonovým interferometrem

Interferometry jsou přístroje využívající jevu interference světla k měření vlnových délek světla (*interferenční komparátory*) či některých dalších veličin (jako je rychlost světla nebo relativní rychlosti světla). Tímto způsobem lze také určit index lomu plynů nebo kapalin. Tyto přístroje pak nazýváme *interferenční refraktometry*. K určení jemné struktury spektrálních čar používáme tzv. *interferenční spektroskopy*.

V této úloze pracujeme s Michelsonovým interferometrem, jehož uspořádání vidíme na obr. 1.

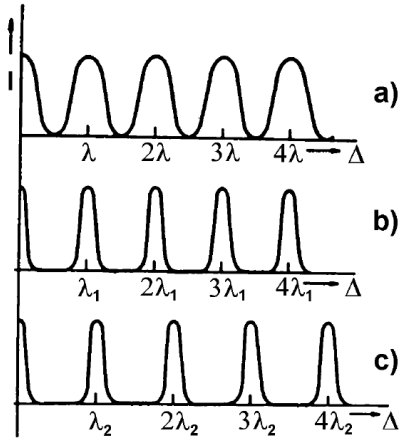


Obr. 1 Michelsonův interferometr

Paprsek ze zdroje dopadá v bodě (*R*) pod úhlem 45° na rovinnou stěnu planparalelní skleněné destičky (*A*), kde se dělí paprsek odražený (*1*) a procházející (*2*). Stěna destičky je slabě pokovena tak, aby oba paprsky měly přibližně stejnou intenzitu ($I_1 = I_2$). Odražený paprsek (*1*) dopadá kolmo na zrcadlo (Z_1), odráží se zpět a po průchodu deskou (*A*) vstupuje do dalekohledu (*D*) či přímo do oka. Procházející paprsek (*2*) se odráží zpět na zrcadle (Z_2), odráží se dále od polopropustné vrstvy na destičce (*A*) a interferuje s paprskem (*1*). Paprsek (*2*) přitom ovšem projde destičkou (*A*) celkem třikrát, zatímco paprsek (*1*) pouze jednou. Proto se do cesty paprsku (*1*) staví kompenzační planparalelní destička (*B*) stejná jako (*A*) (ovšem nepokovená), čímž se dosáhne ekvivalence obou drah. (Někdy bývá pokovena druhá strana destičky (*A*). Pak se ovšem paprsek dělí až na této stěně a kompenzační destičku je třeba umístit do dráhy paprsku (*2*)). Jedno ze zrcadel (např. (Z_1)) je umístěno na saních s mikrometrickým posuvem, jímž lze měnit vzdálenost zrcadla od destičky (*A*). Jsou-li vzdálenosti zrcadel (Z_1), (Z_2) od bodu (*R*) stejné, je dráhový rozdíl paprsků (*1*), (*2*) nulový a dostáváme interferenční maximum. Jestliže posuneme zrcadlo (Z_1) o l, získají paprsky dráhový rozdíl $\Delta = 2l$. V závislosti na dráhovém rozdílu pak dostáváme interferenční maxima pro $\Delta = k\lambda$ (kde k je celé číslo) a minima pro $\Delta = (2k + 1)\ \lambda / 2$. Průběh výsledné intenzity v závislosti na Δ lze popsat vztahem

$$I = 2\, I_0 \left(1 + \cos\frac{2\pi\Delta}{\lambda}\right) \ , \qquad (1)$$

který ihned vyplývá z výrazu (4.1) ve studijním textu k úloze pro $I_1 = I_2 = I_0$. Tento průběh je znázorněn na obr. 2 a).



Obr. 2 Interferenční obrazce v Michelsonově interferometru (a)
a pro srovnání ve Fabryho-Perotově interferometru (b, c)

Postup měření vlnových délek Michelsonovým interferometrem

Interferometr osvětlíme zkoumaným světlem a při pomalém otáčení mikrometrickým šroubem sledujeme kroužky stejného sklonu (viz studijní text kap. 4, odst. 4.4), objevující se (nebo mizící) ve středu zorného pole. Odpočítáme určitý počet *k* prošlých kroužků a na mikrometrickém šroubu odečteme příslušný posuv zrcadla *l*. Vlnová délka je pak dle (1)

$$\lambda = \frac{2\,l}{k} \quad . \tag{2}$$

Při praktickém provedení odpočítáme určitý počet (např. 50) kroužků několikrát (např. 10 krát) za sebou a výsledky zpracujeme metodou lineární regrese.

Seřizování interferometru

Před měřením ověřte či (se souhlasem dozírajícího učitele) seřiďte Michelsonův interferometr. K seřízení je vhodné umístit před interferometr ze strany světelného zdroje malý, ostře ohraničený předmět (špendlík), jehož obrazy, vytvořené paprsky *(1), (2)* (viz obr. 1), pozorujeme. Nejprve je třeba nastavit mikrometrický posuv do místa, kdy se relativní poloha obrazu vůči sobě nemění, vychýlíme-li do strany oko (tj. pozorujeme-li obrazy „z různých stran“). Potom je vzdálenost zrcadel od bodu *(R)* na obr. 1 stejná. Když nyní otáčením nastavovacími šrouby zrcadel oba obrazy spolu dostatečně přesně ztotožníme, objeví se při osvětlení interferometru monochromatickým zdrojem interferenční proužky stejné tloušťky. Užitím proužků již pak snadno nastavíme rovnoběžnost desek u interferometru tak, že se objeví kroužky stejného sklonu. Konečné nastavení rovnoběžnosti provedeme tak, aby se průměry kroužků neměnily, pohybujeme-li okem do stran nebo nahoru a dolů.

Pákový převod

Posuv zrcadla je převáděn pákovým převodem z posuvu mikrometrického šroubu. Poměr posuvů zrcadla a šroubu se pohybuje v intervalu 1 : 5 až 1 : 5,2 v závislosti na výchozí poloze mikrometrického šroubu. Proto je třeba pákový převod nejdříve v určité poloze šroubu zkalibrovat (najít konkrétní poměr) a se stejnou polohou šroubu pak provádět měření vlnové délky.