

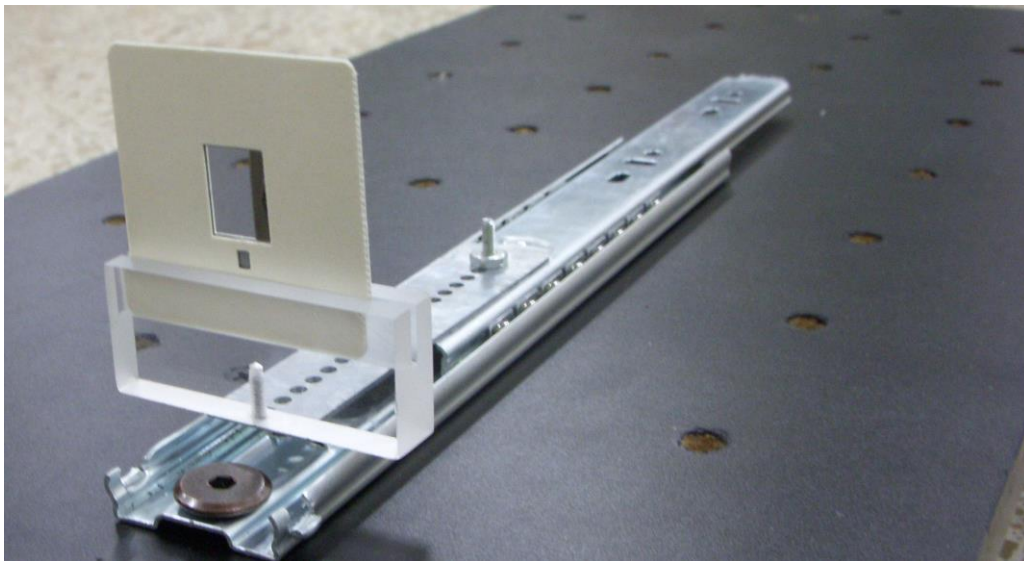
EXPERIMENTÁLNÍ ÚLOHA 1

URČENÍ VLNOVÉ DÉLKY DIODOVÉHO LASERU

POMŮCKY

Mimo položek 1), 2) a 3) budete potřebovat:

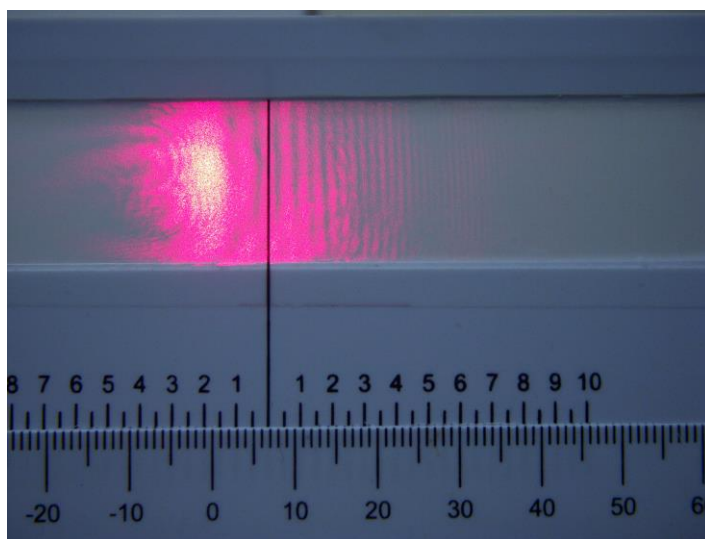
- 4) čočku upevněnou do hranolku se čtvercovým průřezem (označení LABEL C)
- 5) žiletku v rámečku pro diapozitiv, který leze umístit do akrylátového (plexi) držáku (LABEL D1) připevněného na pohyblivou část kolejničky (LABEL D2). Pokud to bude potřeba, přitáhněte držák šroubovákem. Sestavená aparatura je na fotografii
- 6) stínítko s délkovým měřidlem, fungujícím podobně jako posuvné měřidlo s noniem (1/20 mm) (LABEL E)
- 7) zvětšovací sklo (LABEL F)
- 8) 30 cm pravítko (LABEL G)
- 9) posuvné měřidlo (LABEL H)
- 10) svinovací metr (délkové měřidlo) (LABEL I)
- 11) kalkulačka
- 12) bílé papírové kartičky, lepicí páska, samolepkový papír, nůžky, pravoúhlé trojúhelníky
- 13) tužky, papír, grafický papír



Žiletka v rámečku umístěném v akrylátovém držáku (LABEL D1) připevněném na pohyblivé části kolejničky (LABEL D2)

POPIS EXPERIMENTU

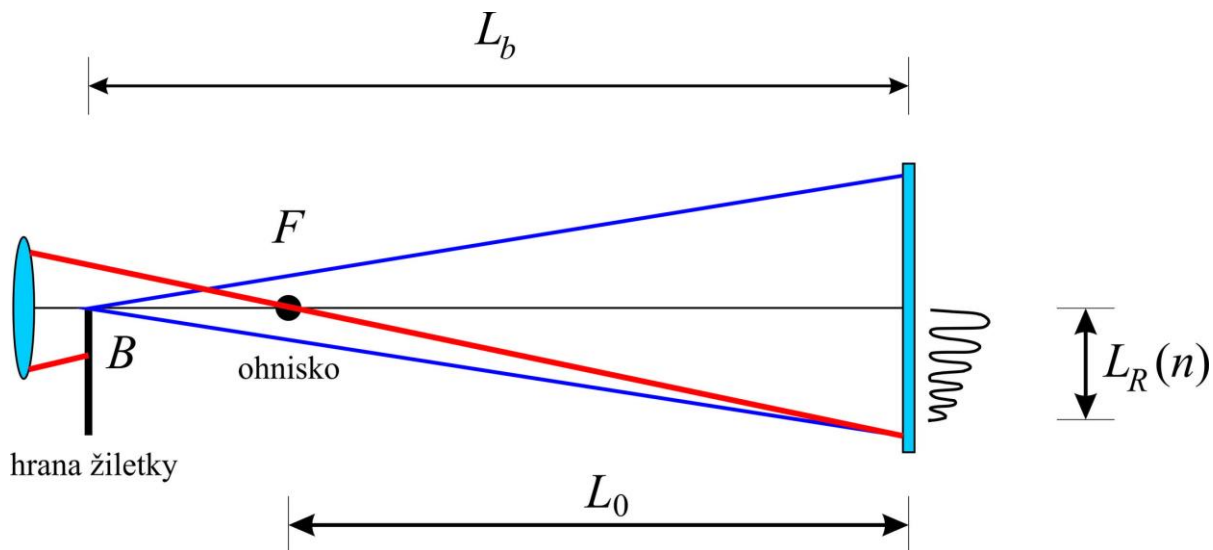
Máte za úkol určit vlnovou délku diodového laseru. Zvláštností tohoto měření je, že nebudete používat žádné pomůcky s mikrometrickými škálami (jako například difrakční mřížku s danou mřížkovou konstantou). Nejmenší vzdálenosti, které budete měřit, jsou v řádu milimetrů. Vlnová délka bude určena pomocí difrakce (ohybu) světla na ostré hraně žiletky.



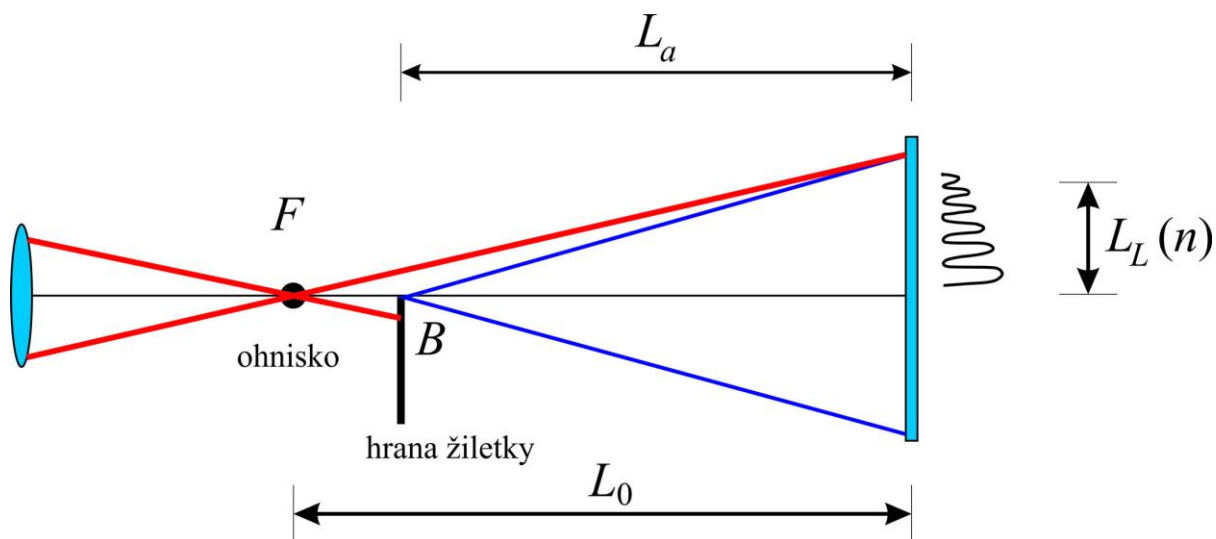
Obr. 1.1: Typický obrazec interferenčních proužků

Laserový paprsek (A) se odráží na zrcátku (B) tak, že prochází čočkou (C), jejíž ohnisková vzdálenost je *několik centimetrů*. Můžeme předpokládat, že ohnisko je bodový zdroj světla, který emituje sférické vlny. Za čočkou dopadá laserový paprsek na překážku – ostrou hranu žiletky. Tuto hranu lze opět považovat za zdroj světla emitující vlnové vlny. Zmíněná vlnění spolu interferují a vytváří difrakční obrazec, který lze pozorovat na stínítku. Na obr. 1.1 je fotografie s typickým difrakčním obrazcem.

Rozlišme dva důležité případy - viz obr. 1.2 a 1.3.



Obr. 1.2: Příklad (I). Žiletka je umístěna *před* ohniskem čočky. Obrázek není v měřítku. B v tomto obrázku značí hranu žiletky a F je ohnisko čočky.



Obr. 1.3: Příklad (II). Žiletka je umístěna *za* ohniskem čočky. Obrázek není v měřítku. B v tomto obrázku značí hranu žiletky a F je ohnisko čočky.

EXPERIMENTÁLNÍ USPOŘÁDÁNÍ

Úkol 1.1 Experimentální uspořádání (1,0 bodu). Navrhněte experimentální uspořádání tak, abyste dostali právě zmíněné interferenční obrazce. Vzdálenost L_0 ohniska od stínítka by měla být mnohem větší než ohnisková vzdálenost.

- Načrtněte schematicky vaše experimentální uspořádání do nákresu optické stolku, který jste dostali. Zařízení v náčrtku výrazně označte velkými písmeny (LABEL) tak jako na obr. 0 v instrukcích. Můžete nakreslit dodatečné pomocné obrázky, abyste objasnili váš návrh.
- Laserový paprsek můžete správně nasměrovat pomocí jedné z bílých papírových kartiček, použité jako pohyblivé stínítko.
- Načrtněte laserový paprsek do nákresu optického stolku a запиšte výšku h paprsku naměřenou od optického stolku i s její chybou.

UPOZORNĚNÍ: Nevšímejte si většího kruhového obrazce, který se může objevit. Jde o efekt vznikající přímo v laserové diodě.

Věnujte nějaký čas tomu, abyste se zacvičili s experimentálním uspořádáním a správně ho nastavili. Měli byste na stínítku pozorovat 10 nebo i více svislých rovných proužků. Odečítat budete polohy **tmavých** proužků. Abyste lépe odečetli polohy proužků, použijte zvětšovací sklo. **Nejlépe se vám budou proužky pozorovat, když budete sledovat zadní stranu osvětleného stínítka (E).** Tedy, stupnice na stínítku by měla mířit ven z optického stolku. Při správném nastavení optických přístrojů byste měli pozorovat oba obrazce (odpovídající případům I a II) jednoduše tak, že posunete podstavec se žiletkou (D1) po kolejnici (D2).

TEORETICKÉ ÚVAHY

Na obr. 1.2 a 1.3 výše je pět základních délek:

L_0 : vzdálenost ohniska od stínítka

L_b : vzdálenost žiletky od stínítka, Příklad I

L_a : vzdálenost žiletky od stínítka, Příklad II

$L_R(n)$: poloha n -tého **tmavého** proužku v Případě I

$L_L(n)$: poloha n -tého **tmavého** proužku v Případě II

První tmavý proužek, pro oba případy I a II je nejširší a odpovídá stavu $n = 0$.

Vaše experimentální uspořádání musí splňovat podmínku $L_R(n) \ll L_0, L_b$ pro Příklad I a $L_L(n) \ll L_0, L_a$ pro Příklad II.

Jev vlnové interference nastane díky rozdílu optických drah dvou vln vycházejících z jednoho bodu. V závislosti na jejich vzájemném fázovém posunu se obě vlny mohou buď vyrušit (interferenční zeslabení), což má za následek vznik tmavého proužku, nebo se jejich výsledná amplituda zvětší (interferenční zesílení), což vede ke světlým proužkům.

Podrobná analýza interference těchto vln dává následující podmínku pro **tmavý proužek**, pro Případ I:

$$\Delta_I(n) = \left(n + \frac{5}{8}\right)\lambda \quad \text{pro } n = 0, 1, 2, \dots \quad (1.1)$$

a pro Případ II:

$$\Delta_{II}(n) = \left(n + \frac{7}{8}\right)\lambda \quad \text{pro } n = 0, 1, 2, \dots \quad (1.2)$$

kde λ je vlnová délka laserového paprsku, Δ_I a Δ_{II} jsou rozdíly optických drah v obou případech.

Rozdíl optických drah v Případě I je

$$\Delta_I(n) = (BF + FP) - BP \quad \text{pro každé } n = 0, 1, 2, \dots \quad (1.3)$$

zatímco v Případě II

$$\Delta_{II}(n) = (FB + BP) - FP \quad \text{pro každé } n = 0, 1, 2, \dots \quad (1.4)$$

Úkol 1.2 Výrazy pro rozdíly optických drah (0,5 bodu). Za předpokladu $L_R(n) \ll L_0, L_b$ pro Případ I a $L_L(n) \ll L_0, L_a$ pro Případ II v rovnicích (1.3) a (1.4) (ujistěte se, že vaše uspořádání splňuje tyto podmínky) najděte přibližné výrazy pro $\Delta_I(n)$ a $\Delta_{II}(n)$ závisející na $L_0, L_b, L_a, L_R(n)$ a $L_L(n)$. Použijte přitom aproximaci $(1+x)^r \approx 1+rx$ pokud je $x \ll 1$.

Experimentální problémy týkající se výše uvedených rovnic jsou, že $L_0, L_R(n)$ a $L_L(n)$ nelze přesně změřit. První vzdálenost se špatně měří proto, že není snadné nalézt polohu ohniska čočky, a zbylé dvě vzdálenosti proto, že počátek, od kterého jsou definovány, se velmi obtížně hledá vzhledem k nemožnosti zcela přesného nastavení optických přístrojů.

Abyste odstranili problémy s měřením $L_R(n)$ a $L_L(n)$, zvolte nejprve nulu (0) na stupnici stínítka (LABEL E) jako počátek pro všechna vaše měření proužků. Necht' l_{0R} a l_{0L} jsou (neznámé) polohy, od kterých jsou definovány $L_R(n)$ a $L_L(n)$. Necht' dále $l_R(n)$ a $l_L(n)$ jsou polohy proužků od zvoleného počátku (0 na stupnici stínítka). Máme tedy

$$L_R(n) = l_R(n) - l_{0R} \quad \text{a} \quad L_L(n) = l_L(n) - l_{0L} \quad (1.5)$$

VLASTNÍ MĚŘENÍ A ANALÝZA NAMĚŘENÝCH DAT

Úkol 1.3 Měření poloh tmavých proužků a umístění žiletky (3,25 bodu)

- Pro oba případy I a II změřte polohy tmavých proužků $l_R(n)$ a $l_L(n)$ jako funkci pořadí proužku n . Zapište svá měření do tabulky 1. Pro oba případy byste měli udělat alespoň 8 měření.
- Zapište také polohy žiletky L_b a L_a , a pomocí velkých písmen (LABEL) udejte, které měřidlo jste použili.
- **DŮLEŽITÝ POKYN:** Z důvodu zjednodušení analýzy a lepší přesnosti měření, změřte *přímo* vzdálenost $d = L_b - L_a$, což lze provést s větší přesností než měření samotných hodnot L_b a L_a . Označte velkým písmenem (LABEL) měřidlo, které jste použili.

Ujistěte se, že jste při měření zahrnuli i chyby měření dané rozlišením (resp. přesností) použitého měřidla.

Úkol 1.4 Statistická analýza naměřených dat (3,25 bodu). Ze všech předchozích informací byste měli být schopni nalézt hodnoty l_{0R} a l_{0L} , a samozřejmě vlnovou délku λ .

- Vymyslete postup určení požadovaných hodnot. Zapište potřebné výrazy anebo rovnice.
- Proved'te a doložte analýzu chyb. Proved'te standardní analýzu chyb měření. Můžete použít tabulku I. nebo nakreslete a vyplňte jinou tabulku, abyste poreferovali o všech vašich výsledcích. Ujistěte se, že jste jasně a úplně označili všechny sloupce vašich tabulek.
- Nakreslete grafy závislosti zkoumaných proměnných veličin. Použijte grafický papír, který jste dostali.
- Napište správně vypočtené hodnoty l_{0R} a l_{0L} včetně jejich chyb.

Úkol 1.5 Výpočet λ . Napište vypočtenou hodnotu λ . Nezapomeňte uvést chybu jejího měření a celý její výpočet. **POKYN:** Ve vašem výsledném vzorci pro λ používejte $L_a \cdot d$ místo rozdílu $(L_b - L_a)$ a používejte měřenou hodnotu d tohoto rozdílu. **(2 body).**