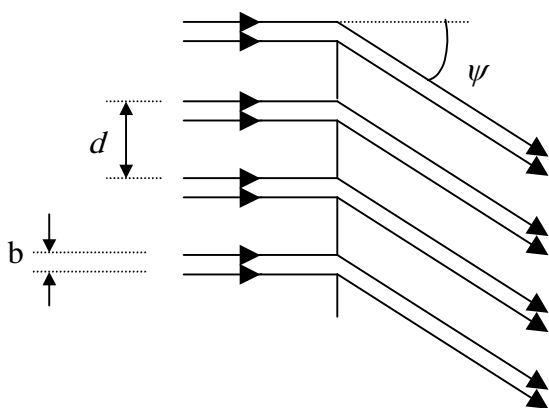


Difrakcia svetla na optickej mriežke

Teoretický rozbor

Difrakčná optická mriežka je optický prvok, ktorý vyvoláva periodické zmeny amplitúdy (tzv. amplitúdové mriežky) alebo fázy (fázové mriežky) dopadajúcej svetelnej vlny. Jednoduchú optickú mriežku tvorí sústava vyrytých rovnobežných ťrbín so šírkou b a vzdialenosťou stredov dvoch susedných ťrbín d , ktorá sa nazýva mriežková konštanta. Prevrátená hodnota mriežkovej konštanty predstavuje počet ťar na jednotku dĺžky (napr. počet ťar na 1 mm).

Ak na mriežku dopadá kolmo rovinná monochromatická vlna s vlnovou dĺžkou λ , pozorujeme za mriežkou difrakčný obraz.



Obrázok 1 – Prechod svetelných vln optickou mriežkou

Intenzita svetla v difrakčnom obraze je určená difrakciou na ťrbinách mriežky a interferenciou sekundárnych vlnení. V relatívne veľkej vzdialenosti za mriežkou je možné intenzitu svetla v difrakčnom obraze vyjadriť vzťahom

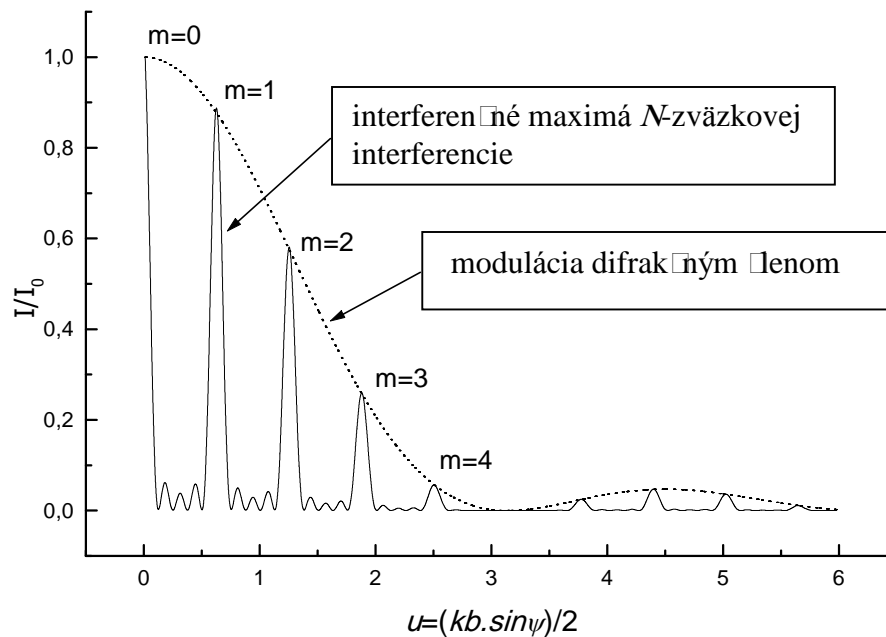
$$I = I_0 \frac{\sin^2 u}{u^2} \frac{\sin^2 N \frac{ud}{b}}{\sin^2 \frac{ud}{b}}, \quad (1)$$

kde N je počet interferujúcich svetelných vln, ktorý sa rovná celkovému počtu vrypov mriežky, ψ je tzv. difrakčný uhol. I_0 je intenzita pre $\psi = 0$. Parameter u je definovaný vzťahom

$$u = (kb \sin \psi) / 2 \quad (2)$$

kde $k = 2\pi/\lambda$ je vlnové číslo.

Priebeh intenzity svetelnej vlny v difrakčnom obraze závisí teda od mriežkovej konštanty d , šírky vrypu b a od počtu vrypov mriežky N . Na obrázku 2 je znázornený priebeh relatívnej intenzity I/I_0 svetla v difrakčnom obraze mriežky. Na tomto priebehu sú výrazné hlavné interferenčné maximá pri N -zvážkovej interferencii a sústava menej výrazných vedľajších maxim. Veľkosť týchto interferenčných maxim je modulovaná difrakčným členom $\left(\frac{\sin^2 u}{u^2}\right)$ v rovnici (1).



Obrázok 2 - Difrakčný obraz pri difrakcii na optickej mriežke

Poloha hlavných interferenčných maxim m -tého rádu (m je tzv. rád difrakčného maxima) vyhovuje podmienke

$$d \sin \psi_m = m\lambda, \quad (3)$$

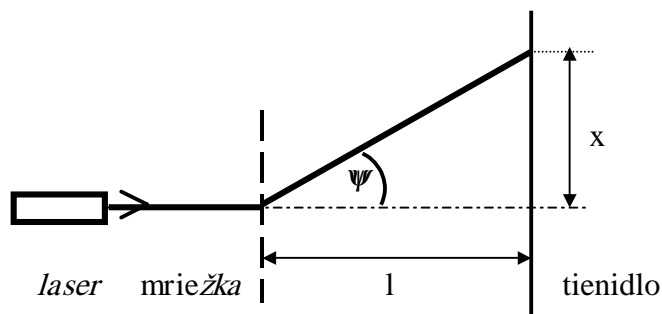
kde $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$. Maximá prvého, druhého, tretieho a ďalších rádoov sú rozložené symetricky na oboch stranách od centrálného maxima nultého rádu.

Úlohy

1. Určte vlnovú dĺžku laserového žiarenia pomocou difrakcie na optickej mriežke.
2. Určte chybu merania λ .

Postup

Experiment usporiadame podľa obrázka (3). Zdrojom žiarenia je zväzok diódového lasera s malou rozbiehavosťou. Difrakčný obraz pozorujeme na tienidle vo veľkej vzdialenosti l od mriežky. Polohu difrakčného maxima x určíme pre každý difrakčný rád.



Obrázok 3 - Usporiadanie experimentu

Pri určovaní λ využijeme maximum prvého ($m = 1$) a druhého ($m = 2$) rádu. Postupujeme tak, že meníme vzdialenosť l tienidla od mriežky a meriame polohu prvého a druhého hlavného maxima x od optickej osi. Vzdialenosť x možno určovať buď vizuálne z mierky na tienidle alebo pomocou detektora. Urobíme minimálne desať meraní pre rôzne vzdialenosti l . Vlnovú dĺžku laserového žiarenia vypočítame po vyjadrení hodnoty $\sin\Psi$ podľa obrázka 3 pomocou vzťahu

$$\lambda = \frac{d}{m} \frac{x}{\sqrt{x^2 + l^2}} \quad (4)$$

kde použijeme $m = 1$ pre prvý rád, a $m = 2$ pre druhé hlavné difrakčné maximum .

Výslednú hodnotu vlnovej dĺžky určíme ako strednú hodnotu vlnovej dĺžky vo všetkých meraniach a určíme štandardnú odchýlku strednej hodnoty. Hodnota mriežkovej konštanty je 100 mm^{-1} .

Literatúra

1. ŠTRBA, A.: *Všeobecná fyzika 3. Optika*. Bratislava : Alfa, 1979.