

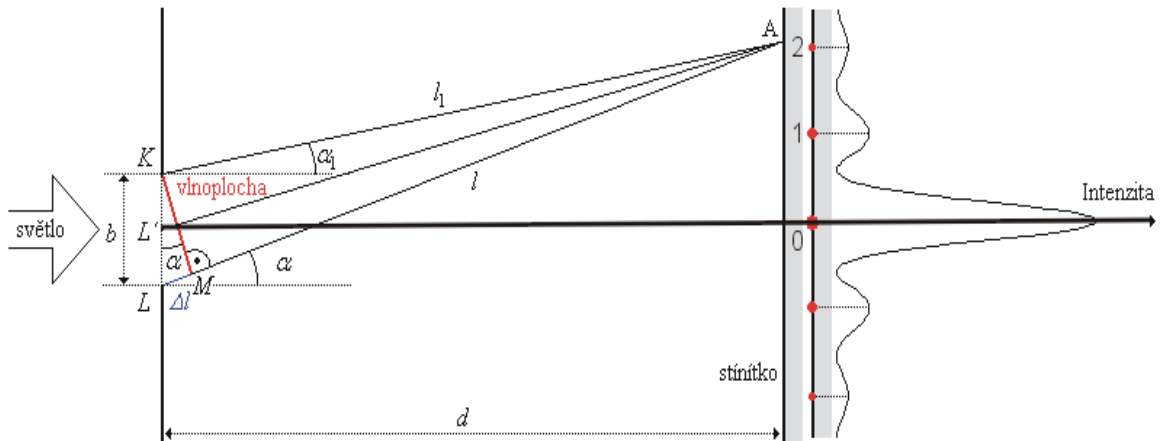
Pracovní list – vzdáleně ovládaný experiment

Optika (SŠ)

 Ohyb elektromagnetického záření
na štěrbině

Fyzikální princip

Ohyb neboli difrakce světla je jev podmíněný vlnovými vlastnostmi světla. Dopadá-li světlo z laseru (monofrekvenční světlo) na štěrbinu, bude se za štěrbinou šířit pomocí Huygensova principu. Na obr. 1 jsou zobrazeny 2 vlny (paprsky), které vycházejí z krajních bodů štěrbiny (K, L) a dopadají do stejného bodu na stínítku (bod A). V bodě A, pak dochází k interferenci obou vln. Výsledkem interference je zesílení světla na stínítku (interferenční maximum = světlé proužky) nebo zeslabení světla (interferenční minimum = tmavé proužky).



Obr. 1: Ohyb světla na štěrbině, převzato z [2].

Poloha interferenčních minim je dána vztahem

$$b \sin \alpha_k = k \lambda, \quad (1)$$

kde b je šířka štěrbiny, λ vlnová délka a $k = 1, 2, \dots$ je řád interferenčního minima.

Poloha interferenčních maxim je dána vztahem

$$b \sin \alpha_k = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad (2)$$

kde $k = 0, 1, 2, \dots$ je řád interferenčních maxim.

Pokud známe vzdálenost mezi nultým a prvním maximem |01| (viz obr. 1 čísla 0 a 1), vlnovou délku λ , a vzdálenost mezi štěrbinou a stínítkem d , pak můžeme vypočítat šířku štěrbiny b . Je důležité si uvědomit, že šířka štěrbiny je výrazně menší než vzdálenost mezi štěrbinou a stínítkem, $b \ll d$. Úsečky l, l_1 (viz obr. 1) lze tedy považovat za rovnoběžky. Pro pravoúhlý trojúhelník L'01 (viz obr. 1) platí vztah:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{|01|}{d}. \quad (3)$$

Z tohoto vztahu vypočítáme hodnotu úhlu α_1 a dosadíme ji do vztahu (2), z něhož pak dopočítáme hledanou hodnotu šířky štěrbiny b .

Cíl

1. Seznámit se s vzdáleně ovládaným experimentem "Ohyb elektromagnetického záření na štěrbině".
2. Z grafu změřit šířku nultého maxima.
3. Vypočítat šířku štěrbiny.
4. Vypracovat protokol o měření.

Pomůcky

Počítač s připojením na internet.

Schéma

Na webové stránce <http://kdt-13.karlov.mff.cuni.cz/sterbina.html> (viz obr. 2) se v levé části nachází obraz z webové kamery, která sleduje aktuální změny na skutečném, reálném experimentu (číslo 1). Pod tímto oknem se nachází přepínací panel (číslo 2), kde můžete nastavit buď zelený nebo červený laser a užší nebo širší štěrbinu. Pod těmito tlačítky naleznete základní parametry úlohy (vzdálenost čidla od štěrbiny d a vlnové délky laserů λ_1 a λ_2).

V pravé části stránky, je tlačítko s názvem "Začátek záznamu hodnot", kterým zapnete záznam měřených hodnot a pod ním tlačítko "Konec záznamu hodnot", které ukončí zaznamenávání měřených hodnot (číslo 3). Při samotném měření můžete buď manuálně posunovat čidlem pomocí posuvníku na webové stránce, nebo spustit automatický posuv čidla. Ohybový obrazec se zobrazí v grafu na webové stránce (číslo 4), kde osa x odpovídá souřadnicím (v mm; 1 "malý" dílek je 1 mm) a osa y odpovídá rozložení intenzity světla. Pokud jste měření zaznamenávali, pak si naměřené hodnoty můžete stáhnout do svého počítače např. do Excelu pomocí tlačítka "Hodnoty do *.xls" (číslo 5).



Obr. 2: Webová stránka, z které lze experiment vzdáleně ovládat.

Postup měření

- Jedná se o vzdáleně (přes internet) ovládaný experiment, je tedy potřeba zapnout počítač a připojit se na internet. Experiment je umístěn na webové stránce <http://kdt-13.karlov.mff.cuni.cz/sterbina.html> (viz obr. 2).
- Pokud by se na této webové stránce vyskytly chyby, vyzkoušejte tento experiment v jiném webovém prohlížeči a zkontrolujte, zda máte nainstalovanu nejnovější verzi programu JAVA, která je zdarma dostupná např. na stránce <http://java.com/>.
- Pokud je vše v pořádku lze přejít k měření. Nejprve se seznámte s ovládáním experimentu a proveďte jedno zkušební měření, kde se seznámíte s funkcemi jednotlivých tlačítek (širší x užší štěrbinu, červený x zelený laser, automatický posuv, začátek x konec záznamu hodnot apod.).
- Z webové stránky si do tabulky opište hodnotu vzdálenosti štěrbinu od stínítka d , vlnovou délku červeného laseru λ_1 a vlnovou délku zeleného laseru λ_2 .

Tab. 1

	$d =$	mm		
červený laser	$\lambda_1 =$	nm	=	mm
zelený laser	$\lambda_2 =$	nm	=	mm

- Nejprve zvolte užší štěrbinu a červený laser (pokud chcete naměřená data exportovat např. do Excelu a dále s nimi pracovat zmáčkněte tlačítko "Začátek záznamu hodnot").
- Nyní zmáčkněte tlačítko "Automatický posuv" a sledujte, jak se vykresluje ohybový obrazec v grafu. Pokud by byl vykreslený obrazec málo zřetelný, nechte jej překreslit ještě jednou. Pokud jste v předchozím kroku zmáčkli tlačítko "Začátek záznamu hodnot", tak nyní zmáčkněte tlačítko "Konec záznamu hodnot", tlačítko "Hodnoty do *.xls" vám umožní stáhnout si naměřené hodnoty do Excelu. Pokud vám stačí pouze graf na webové stránce, použijte klávesu "Print Screen" (Prt Sc) a zkopírujte celou obrazovku. Klávesovou zkratkou "Ctrl+V" pak vložíte zkopírovaný obrázek např. do programu Malování.
- Smažte graf na webové stránce, změňte laser na zelený a celé měření opakujte. Stejně postupujte i pro širší štěrbinu.
- Z důvodu přesnosti všechna měření ještě jednou zopakujte a výsledky si uložte. Celkově proměřte 8 grafů. 4 pro červený laser (2x s užší štěrbinou, 2x se širší štěrbinou) a 4 pro zelený laser.
- Pro každý graf zvlášť určete šířku nultého maxima Δx a zapište si tuto hodnotu do tabulky. V grafu s ohybovým obrazcem odpovídá osa x souřadnicím (v mm; 1 "malý" dílek je 1 mm) a osa y odpovídá rozložení intenzity světla.

Tab. 2

	graf 1	graf 2	graf 3	graf 4	graf 5	graf 6	graf 7	graf 8
Δx [mm]								

- Pro každý graf zvlášť určete co nejpřesněji vzdálenost mezi nultým a prvním maximem $|01|$ a zapište si tento údaj do tabulky.

Tab. 3

	graf 1	graf 2	graf 3	graf 4	graf 5	graf 6	graf 7	graf 8
01 [mm]								

11. Nyní z naměřených grafů určete šířku štěrbinu b . Vztah pro výpočet šířky štěrbinu je dán rovnicí (3), z které se vypočítá hodnota úhlu α_1 . Z rovnice (2) lze poté vypočítat hodnotu šířky štěrbinu b . Při výpočtech si dejte pozor na použití vhodných jednotek!

Tab. 4

	graf 1	graf 2	graf 3	graf 4	graf 5	graf 6	graf 7	graf 8
b [mm]								

12. Závěr a shrnutí celého měření. Několika větami shrňte průběh celého měření a okomentujte výsledky měření.

Doplňující otázky

1. Jaký vliv má šířka štěrbinu na ohybový obrazec?
2. Jaký zdroj světla byl v experimentu použit? Popište jeho vlastnosti.
3. Pro který laser (červený, zelený) pozorujeme větší intenzitu v nultém maximu (při stejné šířce štěrbinu)?
4. Pokuste se provést podobný experiment v laboratoři nebo ve třídě. Jaké pomůcky budete k tomuto pokusu potřebovat?

Použitá literatura

- [1] Lepil, O.: *Fyzika pro gymnázia. Optika*. Prometheus, Praha, 2002.
- [2] Reichl, J.: *Encyklopedie fyziky*. [on-line] [cit. 2010-7-30]. Dostupné z <http://fyzika.jreichl.com/>.
- [3] <http://www.ises.info/>. [on-line] [cit. 2010-7-30].
- [4] <http://kdt-13.karlov.mff.cuni.cz/sterbina.html>. [on-line] [cit. 2010-7-30].
- [5] Halliday, D., Resnick, R., Walker, J.: *Fyzika. Část 4. Elektromagnetické vlny – Optika – Relativita*. VUTIUM, Brno, 2006.