

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

PRAKTIKUM III

Úloha č.: VI

Název: Studium ohybových jevů v laserovém svazku

Vypracovala: stud. sk. dne: 10/2004.....

Odevzdal dne: vráceno:

Odevzdal dne: vráceno:

Odevzdal dne:

Posuzoval: dne výsledek klasifikace

Připomínky:

I. Pracovní úkol

- I. Pomocí aparatury proměřte ohybové obrazce na mřížce, štěrbinách a a dvojštěrbínách.
- II. Okalibrujte mikroskopový okulár, odhadněte chybu kalibrace. Proměřte mřížkovou konstantu použité mřížky a pomocí ohybového obrazce stanovte vlnovou délku laseru, porovnejte s tabelovanou hodnotou. Proměřte mikroskopem geometrické parametry štěrbin a dvojštěrbín, odhadněte chyby.
- III. Pomocí ohybového obrazce dvojštěrbín a štěrbin a tabelované hodnoty vlnové délky laseru stanovte šířky štěrbin i jejich vzdálenosti u dvojštěrbín. Porovnejte s hodnotami, které jste naměřili mikroskopem.
- IV. K referátu přiložte grafické průběhy ohybových obrazců.

II. Teorie

A. Ohyb na štěrbině

Pokud lze zanedbat rozměry štěrbin a považovat je za přímkové zdroje záření, budeme pozorovat Fraunhoferův ohyb. Pro intenzitu světla při ohybu na štěrbině platí:

$$I = I_0 \frac{\sin^2\left(\frac{\pi b \sin \Theta}{\lambda}\right)}{\left(\frac{\pi b \sin \Theta}{\lambda}\right)^2} \quad (1)$$

I_0 intenzita původního záření

b šířka štěrbin

λ vlnová délka světla

Θ úhel dopadu paprsku

Hlavní maximum nastává pro $\Theta = 0$. Podmínka pro minima je dána vzorcem:

$$\Theta \doteq \sin \Theta = \frac{n\lambda}{b} \quad (2)$$

n řád minima

B. Ohyb na dvojštěrbíně

Pro intenzitu světla při interferenci na dvojštěrbíně platí vzorec:

$$I = I_0 \frac{\sin^2\left(\frac{\pi b \sin \Theta}{\lambda}\right)}{\left(\frac{\pi b \sin \Theta}{\lambda}\right)^2} \cos^2\left(\frac{\pi a}{\lambda} \sin \Theta\right) \quad (3)$$

a vzdálenost štěrbin

Tím nám k ohybovým minimum přibudou minima interferenční, daná podmínkou:

$$\Theta = \frac{(2n + 1)\lambda}{2a} \quad (4)$$

C. Interference na mřížce

Pro interferenci světla na mřížce platí:

$$I = I_0 \left(\frac{\sin\left(N\frac{\pi a}{\lambda} \sin \Theta\right)}{\sin\left(\frac{\pi a}{\lambda} \sin \Theta\right)} \right)^2 \cdot \left(\frac{\sin\left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin \Theta\right)}{\frac{\pi b}{\lambda} \sin \Theta} \right)^2 \quad (5)$$

N počet vrypů na mřížce

První člen je členem interferenčním, zatímco druhý ohybovým. Ostrá maxima intenzity nastávají pro úhly:

$$\Theta_{\max} \doteq \sin \Theta = n \frac{\lambda}{a} \quad (6)$$

III. Výsledky měření

tab. 1 – kalibrace mikroskopu											
skutečná délka [mm]	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
díčky stupnice	měření č. 1	1,59	2,19	2,82	3,43	4,07	4,68	5,31	5,93	6,57	7,19
	měření č. 2	1,45	2,08	2,66	3,34	3,98	4,57	5,22	5,80	6,45	7,04
	měření č. 3	0,59	1,21	1,81	2,44	3,06	3,68	4,31	4,93	5,54	6,15

$$\text{Nejmenší dílek stupnice} = (1,61 \pm 0,08) \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

tab. 2 – parametry optických soustav						
mřížka a [díčky]	štěrbina A b [díčky]	štěrbina B b [díčky]	dvojštěrbina A b [díčky]	dvojštěrbina A a [díčky]	dvojštěrbina B b [díčky]	dvojštěrbina B a [díčky]
31	76	130	74	371	129	374
31	76	129	69	366	124	369
31	77	129	72	370	126	369
31	75	131	70	368	131	374
31	76	129	73	373	130	373

$$\text{Mřížka } a = (50 \pm 2) \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\text{Štěrbina A } b = (1,22 \pm 0,07) \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\text{Štěrbina B } b = (2,1 \pm 0,1) \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\text{Dvojštěrbina A } b = (1,15 \pm 0,07) \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\text{Dvojštěrbina A } a = (5,9 \pm 0,3) \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\text{Dvojštěrbina B } b = (2,0 \pm 0,1) \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

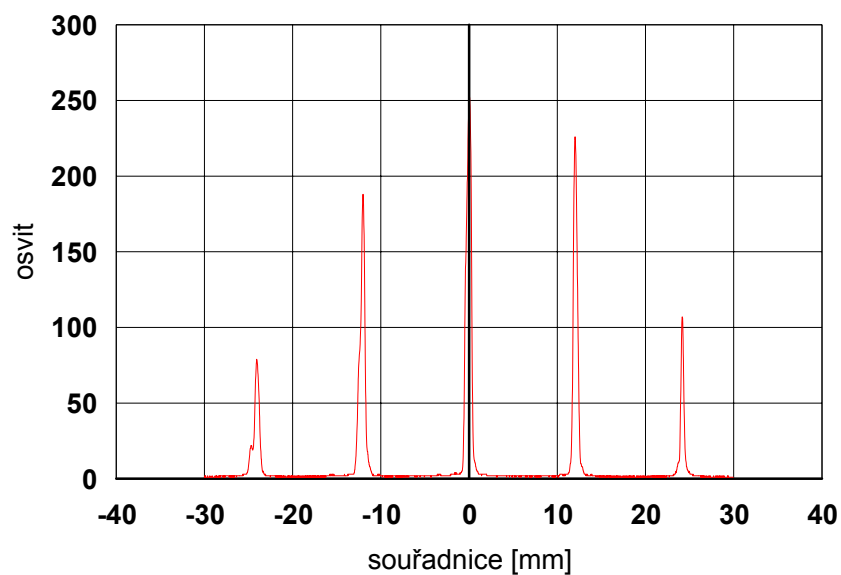
$$\text{Dvojštěrbina B } a = (6,0 \pm 0,3) \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

Z poloh maxim na milimetrovém papíře jsme podle vzorce (6) zjistili vlnovou délku světla:

$$l = 75 \text{ cm}$$

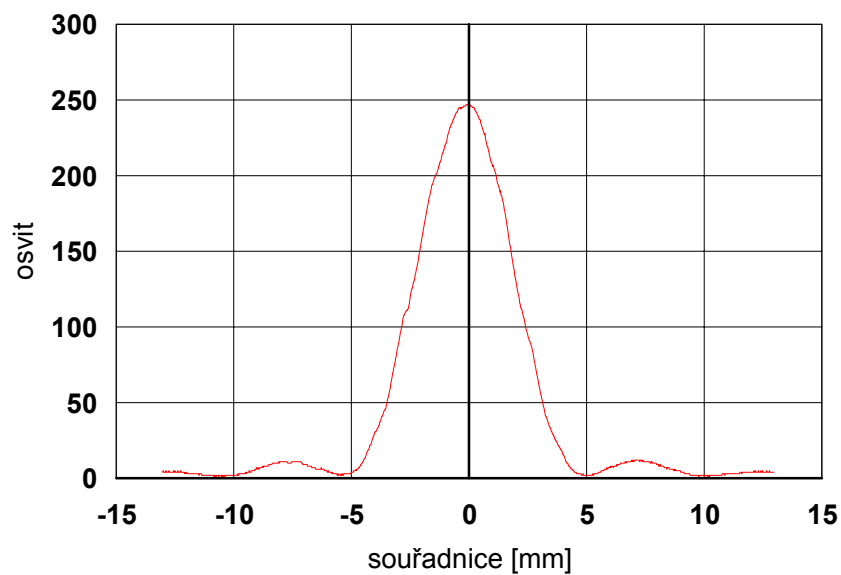
$$\lambda = (640 \pm 30) \text{ nm}$$

Interference na mřížce



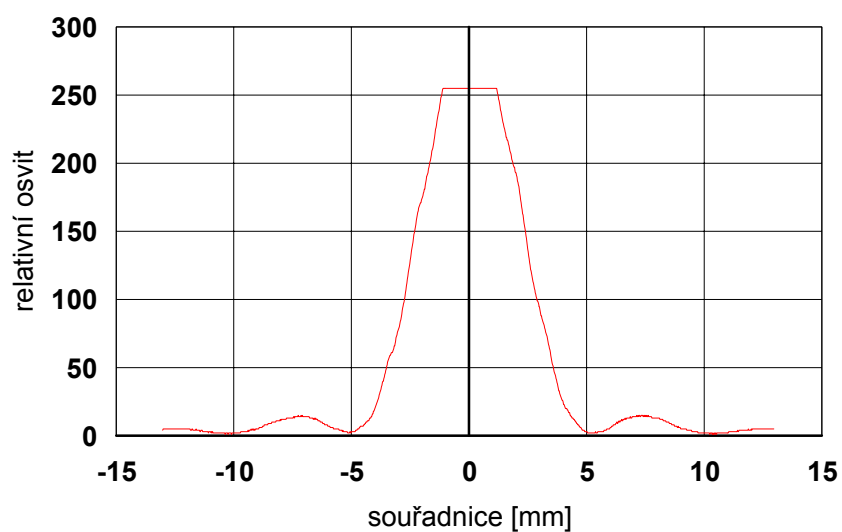
graf 1

Ohyb na štěrbíně A



graf 2

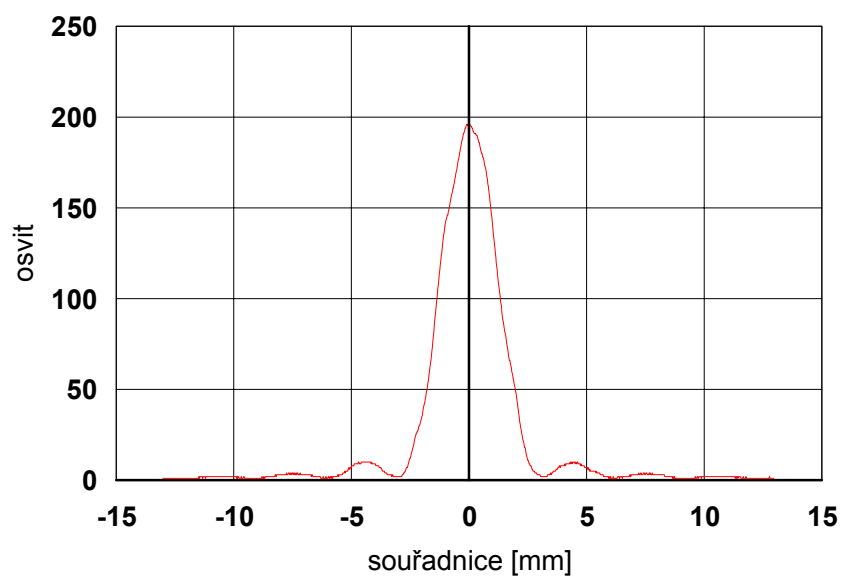
Ohyb na štěrbině A pro odečet minim



graf 3

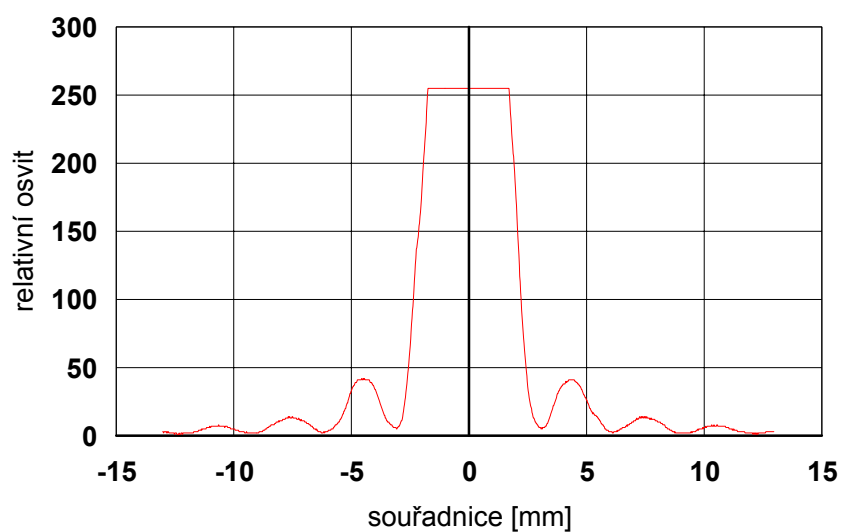
$$b = (1,1 \pm 1) \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

Ohyb na štěrbině B



graf 4

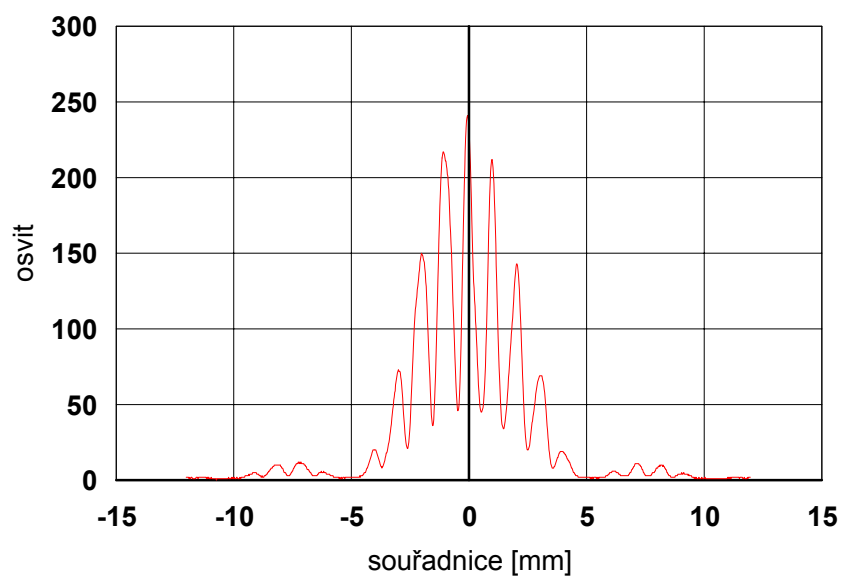
Ohyb na štěrbíně B pro odečet minim



graf 5

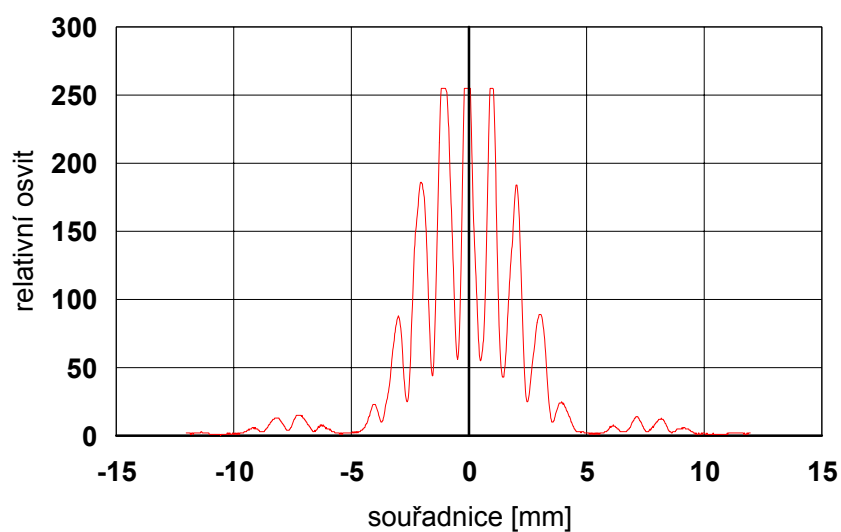
$$b = (1,9 \pm 1) \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

Ohyb na dvouštěrbíně A



graf 6

Ohyb na dvouštěrbině A pro odečet minim

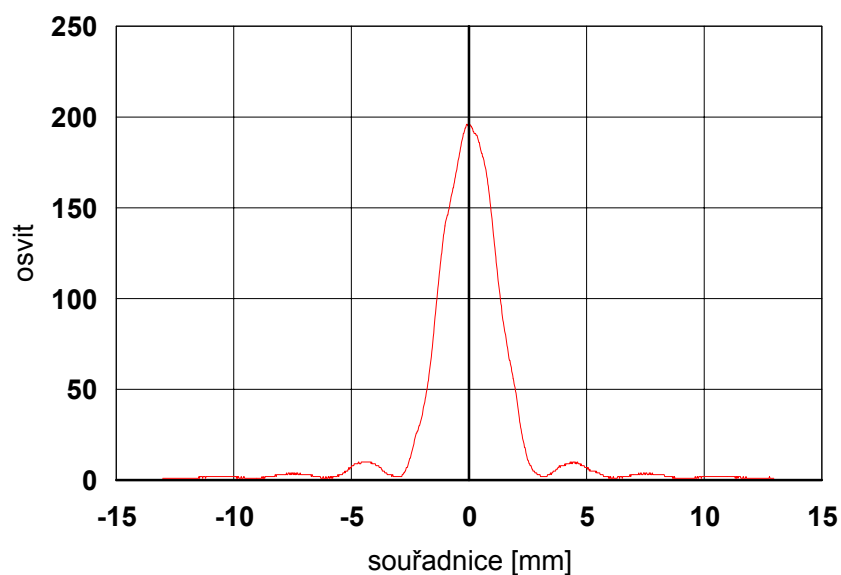


graf 7

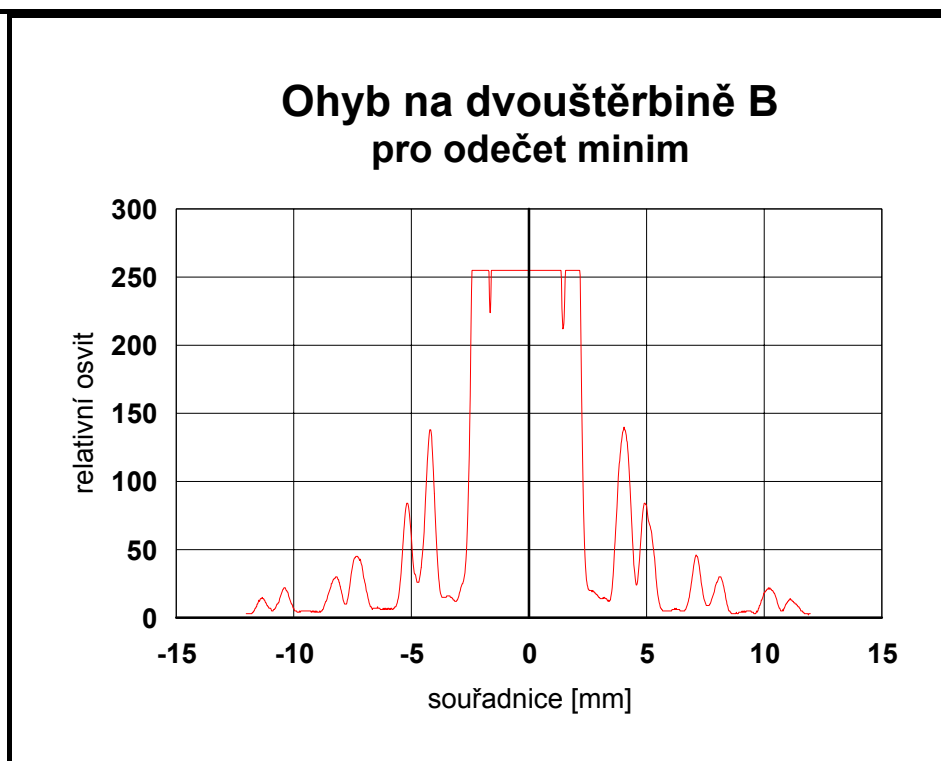
$$a = (5,9 \pm 0,6) \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$b = (1,1 \pm 0,1) \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

Ohyb na dvouštěrbině B



graf 8



$$a = (5,8 \pm 0,6) \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$b = (1,9 \pm 0,2) \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

IV. Diskuse

Chyba kalibrace nám vychází zhruba 5%, počítali jsme jí jako chybu dílčích měření a chybu průměru.

Hodnota vlnové délky se nám v rámci mezní chyby shoduje s tabelovanou hodnotou. Geometricky změřené parametry štěrbin a dvouštěrbin se nám v rámci chyb shodují s hodnotami určenými pomocí měření interferenčních obrazců. Při odečítání z grafů dochází k chybám při odečtu minim, dále mohlo dojít k nepřesnému měření štěrbin tím, že nebyla měřena nejkratší vzdálenost (štěrbina byla položena šikmo).

V. Závěr

A. Hodnoty zjištěné pomocí mikroskopu

$$\text{Nejmenší dílek stupnice} = (1,61 \pm 0,08) \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

Mřížka $a = (50 \pm 2) \cdot 10^{-6} \text{ m}$

Štěrba A $b = (1,22 \pm 0,07) \cdot 10^{-4} \text{ m}$

Štěrba B $b = (2,1 \pm 0,1) \cdot 10^{-4} \text{ m}$

Dvojštěrba A $b = (1,15 \pm 0,07) \cdot 10^{-4} \text{ m}$

Dvojštěrba A $a = (5,9 \pm 0,3) \cdot 10^{-4} \text{ m}$

Dvojštěrba B $b = (2,0 \pm 0,1) \cdot 10^{-4} \text{ m}$

Dvojštěrba B $a = (6,0 \pm 0,3) \cdot 10^{-4} \text{ m}$

Vlnovou délku světla $\lambda = (640 \pm 30) \text{ nm}$

Tabelovaná hodnota $\lambda = 632 \text{ nm}$

B. Hodnoty zjištěné z interferenčních obrazců

Štěrba A $b = (1,1 \pm 1) \cdot 10^{-4} \text{ m}$

Štěrba B $b = (1,9 \pm 1) \cdot 10^{-4} \text{ m}$

Dvojštěrba A $a = (5,9 \pm 0,6) \cdot 10^{-4} \text{ m}$

Dvojštěrba A $b = (1,1 \pm 0,1) \cdot 10^{-4} \text{ m}$

Dvojštěrba B $a = (5,8 \pm 0,6) \cdot 10^{-4} \text{ m}$

Dvojštěrba B $b = (1,9 \pm 0,2) \cdot 10^{-4} \text{ m}$

VI. Použitá literatura

Fyzikální praktikum III – texty z internetu