

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

PRAKTIKUM III

Úloha č.: 3

Název: Studium mřížkového spektrometru

Vypracoval: Vít MAREK stud. sk. F12 dne 5.4.2001

Odevzdal dne: vráceno:

Odevzdal dne: vráceno:

Odevzdal dne:

Posuzoval: dne výsledek klasifikace

Připomínky:

Pracovní úkol:

1. Seřídte spektrometr pro kolmý dopad světla pomocí bočního osvětlení nitkového kříže.
2. Změřte mřížkovou konstantu použité mřížky. K měření použijte sodíkového dubletu proměřeného v 1. a v 2. řádu. Odhadněte chybu d , diskutujte původ této chyby.
3. Odhadněte rozlišovací schopnost spektrometru ze zobrazení sodíkového dubletu ve spektru 1. a 2. řádu.
4. Proměřte vlnové délky viditelných čar ve spektru rtuti. K měření užíjte spektra 1. řádu. Vyneste kalibrační křivku spektrometru.
5. Pomocí vámi stanovené mřížkové konstanty z úkolu 2) spočtěte vlnové délky rtuťového spektra a porovnejte s tabulkovými hodnotami.
6. Určete úhlovou disperzi mřížky ve žluté oblasti spektra rtuti v 1. a 2. řádu.

Teorie:

Na mřížce dochází k ohybu světla. V důsledku interference světla pak můžeme pozorovat maxima intenzit světla pod úhly φ_k :

$$\sin \varphi_k = \frac{k\lambda}{d} \quad (1) \text{ kde } k \text{ je řád spektra, } \lambda \text{ vlnová délka, } d \text{ mřížková konstanta}$$

Úhel φ_k určíme z odečtení obou krajních poloh pozorovaných čar na mřížkovém spektrometru:

$$\varphi = |\varphi_1 - \varphi_2|/2 \quad (2)$$

Mřížku také charakterizujeme rozlišovací schopností:

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda} \quad (3) \text{ kde } \lambda \text{ je vlnová délka dvou blízkých čar, které lze ještě rozlišit; } \delta\lambda \text{ jejich vzdálenost}$$

Její maximální hodnotu R_m určíme ze vztahu:

$$R_m = n k = 0.82 k \frac{D}{d} \quad (4) \text{ kde } n \text{ je počet interferujících svazků, } D \text{ je průměr výstupní pupily kolimátoru}$$

Úhlová disperze D_a je definovaná:

$$D_a = \frac{d\varphi}{d\lambda} \quad (5)$$

Diferenciací tohoto vztahu získáme:

$$D_a = \frac{k}{d \cos \varphi_k} \quad (6)$$

Výsledky měření:

1, Spektrometr jsem seřídil podle návodu (viz [1] str. 148).

2, K určení mřížkové konstanty jsem použil *vztah (1)*. Změřil jsem na spektrometru pro známé vlnové délky dubletu sodíku úhel φ_k pro první i druhý řád spektra. V prvním řádu šel dublet jen těžce rozeznat, ale ve druhém řádu již zřetelně. Dosazením do *vztahů (1) a (2)* jsem určil mřížkovou konstantu. Chybu jsem odhadl na základě nastavení nitkového kříže k jedné z čar zprava a zleva na 2' a u druhého řádu na 3'. Výsledky měření jsou zaznamenány v *tabulce 1*.

Tabulka 1 – Na duplet

Měření	k						d [m]	er d [m]		
1	1	20,30	340,95	19,68	0,03	589,0	1,749E-06	3E-09	571,6	0,8
2	2	43,00	318,42	42,29	0,05	589,0	1,751E-06	2E-09	571,2	0,5
3	2	43,05	318,37	42,34	0,05	589,6	1,751E-06	2E-09	571,2	0,5
							1,750E-06	2E-09	571,3	0,7

kde k je řád spektra, φ_1, φ_2 jsou změřené krajní polohy, φ_k výsledná hodnota, $er \varphi_k$ její chyba, λ vlnová délka světla, d mřížková konstanta, $er d$ její chyba, d^{-1} počet vrypů na 1 mm, $er d^{-1}$ jeho chyba

3, Dosazením do *vztahu (3)* jsem určil maximální rozlišovací schopnost spektrometru v prvním a druhém řádu (poloměr výstupní pupily kolimátoru byla $D = 18 \text{ mm}$):

$$R_{m1} = (8430 \pm 10)$$

$$R_{m2} = (16870 \pm 20)$$

4, 5, Stejným způsobem jsem proměřil čáry rtuti v prvním řádu spektra. Z již známé velikosti mřížkové konstanty jsem určil dosazením do *vztahu (2)* odpovídající vlnové délky světla. Do *grafu 1* jsem pak vynesl kalibrační spektrum spektrometru (zpracováno v programu *ORIGIN*). Tabeľované hodnoty jsem použil z [2] str. 137.

Závislost φ na λ jsem proložil přímkou:

$$\sin(\varphi) = a \cdot \lambda + b \quad (7) \quad a = (571 \pm 1) \cdot 10^3 \text{ m}^{-1}$$

$$b = (-1 \pm 5) \cdot 10^{-4}$$

Výsledné hodnoty jsou zapsány v *tabulce 2*.

Tabulka 2 – Spektrum Hg

Měření							
1	14,00	347,22	13,39	0,03	405,4	1,0	404,7
2	14,07	347,15	13,46	0,03	407,4	1,0	407,8
3	15,05	346,22	14,42	0,03	435,8	1,0	435,8
4	16,93	344,30	16,32	0,03	491,7	1,1	491,6
5	17,07	344,15	16,46	0,03	495,9	1,1	
6	18,80	342,47	18,17	0,03	545,7	1,1	546,1
7	19,87	341,37	19,25	0,03	577,0	1,1	577,0
8	19,97	341,30	19,33	0,03	579,5	1,1	579,0
9	20,95	340,32	20,32	0,03	607,7	1,1	607,2
10	21,07	340,17	20,45	0,03	611,5	1,1	
11	21,48	339,75	20,87	0,03	623,4	1,1	623,4

kde φ_1, φ_2 jsou změřené krajní polohy, φ_k výsledná hodnota, $er \varphi_k$ její chyba, λ vlnová délka světla, $er \lambda$ její chyba, $TAB \lambda$ tabulková hodnota

6, Pro určení úhlové disperze pro žlutou oblast jsem proměřil ještě úhly pro druhý řád spektra. Dosazením naměřených hodnot do *vztahu (6)* jsem pak určil úhlovou disperzi mřížky. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v *tabulce 3*.

Tabulka 3 – Úhlová disperze mřížky pro žlutou oblast spektra

Měření	k					D [m .]	er D [m .]
1	1	19,87	341,37	19,25	0,03	605000	1000
2	1	19,97	341,30	19,33	0,03	605000	1000
3	2	41,85	319,42	41,22	0,03	1519000	2000
4	2	42,05	319,22	41,42	0,03	1524000	2000

kde k je řád spektra, φ_1, φ_2 jsou změřené krajní polohy, φ_k výsledná hodnota, $er \varphi_k$ její chyba, D úhlová disperze mřížky, $er D$ její chyba

Diskuse:

K velikosti chyby měření úhlů přispěla nejvíce přesnost, s jakou jsem schopen nastavit nitkový kříž na spektrální čáru (kříž byl stejně tlustý jako čáry), a přesnost, s jakou jsem byl schopen odečíst správnou hodnotu z nonia. A právě tato chyba úhlu mi udává, s jakou přesností určím chybu mřížkové konstanty.

Rozlišovací schopnost spektrometru je o řád menší, než vypočtená maximální hodnota (odpovídá rozlišení asi 0,06nm, avšak i 0,6nm šlo rozlišit jen těžko). Je to asi způsobeno použitím neideálních zobrazovacích prvků.

U měření spektra rtuti se mi nepodařilo rozlišit triplet v oblasti modrého spektra a v oblasti červeného spektra jsem zaznamenal jen čáry do vlnové délky 623 nm. Při měření jsem však zaznamenal 2 čáry (495,9 nm a 611,5 nm), které se nevyskytují v tabulkách (viz [2] str.137 nebo podrobněji [3]). Tyto čáry pravděpodobně vznikly posuvem (vlivem nečistot na zobrazovací soustavě) čar s menší vlnovou délkou.

Kalibrační křivka odpovídá teoretickému předpokladu průběhu – přímce (viz. *vztah (1)*). Hodnota konstanty a ve *vztahu (7)* představuje počet vrypů na metr (viz *tabulka 1*).

Závěr:

- 2, Mřížková konstanta použité mřížky je $d = (1,750 \pm 0,002) \cdot 10^{-6} \text{ m}$
- 3, Maximální rozlišovací schopnost použitého mřížkového spektrometru je pro spektrum 1. řádu $R_{m1} = (8430 \pm 10)$ a pro spektrum 2. řádu $R_{m2} = (16870 \pm 20)$
- 4, Kalibrační křivka spektrometru je vynesena v *grafu 1*.
- 5, Vlnové délky rtuťového spektra jsou uvedeny v *tabulce 2*.
- 6, Úhlová disperze mřížky pro žlutou oblast spektra je $D_{a1} = (605 \pm 1) \cdot 10^3 \text{ m}^{-1}$ pro první řád spektra a $D_{a2} = (1,522 \pm 0,004) \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$ pro druhý řád spektra.

Použitá literatura:

- [1] Fyzikální praktikum III. Optika, *I. Pelant, J. Fiala, J. Pospíšil, J. Fährnich* Praha 1993
- [2] Fyzikální a matematické tabulky *J. Brož, V. Roskovec, M. Valouch* SNTL Praha 1980
- [3] <http://nautilus.fis.uc.pt/st2.5/scenes-e/elem/e08094.html>