

1 Úkol

1. Seřídte spektrometr pro kolmý dopad světla pomocí bočního osvětlení nitkového kříže (rovina optické mřížky je kolmá k ose kolimátoru).
2. Stanovte mřížkovou konstantu použité mřížky. K měření užíjte čar sodíkového dubletu v 1. a 2. řádu.
3. Odhadněte rozlišovací schopnost spektrometru ze zobrazení sodíkového dubletu ve spektru 1. a 2. řádu. Vypočtěte teoreticky maximální dosažitelnou rozlišovací schopnost a oba výsledky porovnejte.
4. Proměřte viditelné čáry ve spektru rtuti v 1. řádu. S pomocí vámi stanovené mřížkové konstanty z úkolu 2. spočtěte vlnové délky rtuťového spektra a porovnejte je s tabelovanými hodnotami.
5. Vytvořte kalibrační křivku spektrometru jako závislost úhlu na vlnové délce.
6. Určete úhlovou disperzi mřížky ve žluté oblasti spektra 1. a 2. řádu. Vypočtěte teoretické hodnoty a porovnejte s experimentálními hodnotami.
7. Spočtěte relativní chyby výsledků.

2 Teorie

2.1 Difrakční mřížka

Rovnice difrakční mřížky je

$$\sin \varphi_k = \frac{k\lambda}{a}, \quad (1)$$

kde φ_k je úhel, pod kterým se ohne světlo dané vlnové délky λ a a je mřížkové konstanta, z čehož snadno získáme rovnici pro mřížkovou konstantu

$$a = \frac{k\lambda}{\sin \varphi_k}. \quad (2)$$

Vzhledem k neznalosti přesné nulové pozice díky symetrii ohybu měříme úhel na obou stranách a výsledný úhel získáme z jejich průměru.

Rozlišovací schopnost R je definovaná

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda}. \quad (3)$$

Pro mezní rozlišovací schopnost potom platí

$$R_{max} = 0.82 \frac{Dk}{a}, \quad (4)$$

φ	45°57'	45°57'	45°59'	45°58'	45°57'	45°59'	46°0'	45°59'	46°0'	45°57'
-----------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------	--------	-------	--------

Tabulka 1: Naměřené hodnoty pro první čáru druhého řádu spektra sodíkové výbojky.

n	ψ_+	$-\psi_-$	$ \psi_+ - \psi_- /2$
1	21°31' ± 2'	19°57' ± 2'	20°44' ± 4'
2	21°36' ± 2'	20°4' ± 2'	20°50' ± 4'

Tabulka 2: Naměřené hodnoty pro spektrální čáry sodíkové výbojky prvního řádu.

kde D je průměr výstupní pupily kolimátoru.

Úhlová disperze D je definovaná

$$D = \frac{d\varphi_k}{d\lambda}, \quad (5)$$

což se pro náš případ dá upravit na

$$D = \frac{k}{a \cos \varphi_k}. \quad (6)$$

3 Měření

3.1 Seřízení spektrometru

Nejprve jsem seřídil spektrometr. Konkrétně jsem za pomoci lampičky v okuláru zaotřil dalekohled na nekonečno, tzn. nitkové kříže byly ostré. Následně jsem vypnul lampičku a zaostřoval vstupní světlo, tak aby proužek nultého řádu sodíkové výbojky byl ostrý.

3.2 Sodíková výbojka

Ve spektru sodíkové výbojky byly měřitelné pouze dvě vlnové délky. Pro vyhodnocení chyby dalších měření jsem z časových důvodů a po konzultaci s dozorem zvolil metodu vícenásobného naměření jedné hodnoty za stejných podmínek a následné použití této chyby pro ostatní měření. Neměřené hodnoty pro první spektrální čáru druhého řádu jsou v tabulce 1

Chyba vpočtená z těchto hodnot spolu se započtením chyby měřidla je 2'.

Následně jsem naměřil hodnoty pro zbylé spektrální čáry prvního i druhého řádu sodíkové výbojky na obě strany od nultého řádu z důvodu neznalosti přesné polohy nuly. Výsledek je průměr těchto dvou hodnot. Naměřené hodnoty jsou shrnuty v tabulkách 2 a 3.

Z těchto hodnot a znalosti vlnových délek spektra sodíkové výbojky jsem stanovil dle vzorce 2 mřížkovou konstantu použité optické mřížky. Jednotlivé hodnoty jsem statisticky

n	ψ_+	$-\psi_-$	$ \psi_+ - \psi_- /2$
1	$45^\circ 58' \pm 2'$	$45^\circ 31' \pm 2'$	$45^\circ 44' \pm 4'$
2	$46^\circ 6' \pm 2'$	$45^\circ 37' \pm 2'$	$45^\circ 51' \pm 4'$

Tabulka 3: Naměřené hodnoty pro spektrální čáry sodíkové výbojky druhého řádu.

n	barva	ψ_+	$-\psi_-$	$ \psi_+ - \psi_- /2$	λ/nm	λ_t/nm
1	F	$14^\circ 52' \pm 2'$	$13^\circ 25' \pm 2'$	$14^\circ 9' \pm 4'$	404 ± 2	404.7
2	F	$15^\circ 1' \pm 2'$	$13^\circ 32' \pm 2'$	$14^\circ 17' \pm 4'$	407 ± 2	407.8
3	M	$16^\circ 2' \pm 2'$	$14^\circ 29' \pm 2'$	$15^\circ 16' \pm 4'$	435 ± 2	433.9
4	MZ	$18^\circ 2' \pm 2'$	$16^\circ 26' \pm 2'$	$17^\circ 14' \pm 4'$	490 ± 3	491.6
5	MZ	$18^\circ 8' \pm 2'$	$16^\circ 35' \pm 2'$	$17^\circ 22' \pm 4'$	493 ± 3	
6	Z	$20^\circ 0' \pm 2'$	$18^\circ 29' \pm 2'$	$19^\circ 15' \pm 4'$	545 ± 3	546.1
7	Ž	$21^\circ 4' \pm 2'$	$19^\circ 40' \pm 2'$	$20^\circ 22' \pm 4'$	575 ± 3	577.0
8	Ž	$21^\circ 9' \pm 2'$	$19^\circ 42' \pm 2'$	$20^\circ 26' \pm 4'$	577 ± 3	579.1
9	O	$21^\circ 26' \pm 2'$	$20^\circ 4' \pm 2'$	$20^\circ 45' \pm 4'$	585 ± 3	
10	Č	$22^\circ 11' \pm 2'$	$20^\circ 45' \pm 2'$	$21^\circ 28' \pm 4'$	605 ± 3	607.3
11	Č	$22^\circ 25' \pm 2'$	$20^\circ 57' \pm 2'$	$21^\circ 41' \pm 4'$	611 ± 3	612.3
12	Č	$22^\circ 53' \pm 2'$	$21^\circ 18' \pm 2'$	$22^\circ 6' \pm 4'$	621 ± 3	623.4
13	Č	$24^\circ 42' \pm 2'$	$23^\circ 10' \pm 2'$	$23^\circ 56' \pm 4'$	670 ± 3	671.6
14	Č	$25^\circ 26' \pm 2'$	$23^\circ 53' \pm 2'$	$24^\circ 40' \pm 4'$	689 ± 3	690.7

Tabulka 4: Naměřené hodnoty pro spektrální čáry rtuťové výbojky prvního řádu.

zpracoval a výsledek je

$$a = 1650 \pm 10\text{nm}, \quad (7)$$

což odpovídá údaji na tabulce, který byl 1666 nm.

Na spektrometru bylo možné rozlišit sodíkový dublet. Pokud však dosadíme do rovnice 4, získáme rozlišovací schopnost spektrometru pro 1. a 2. řád

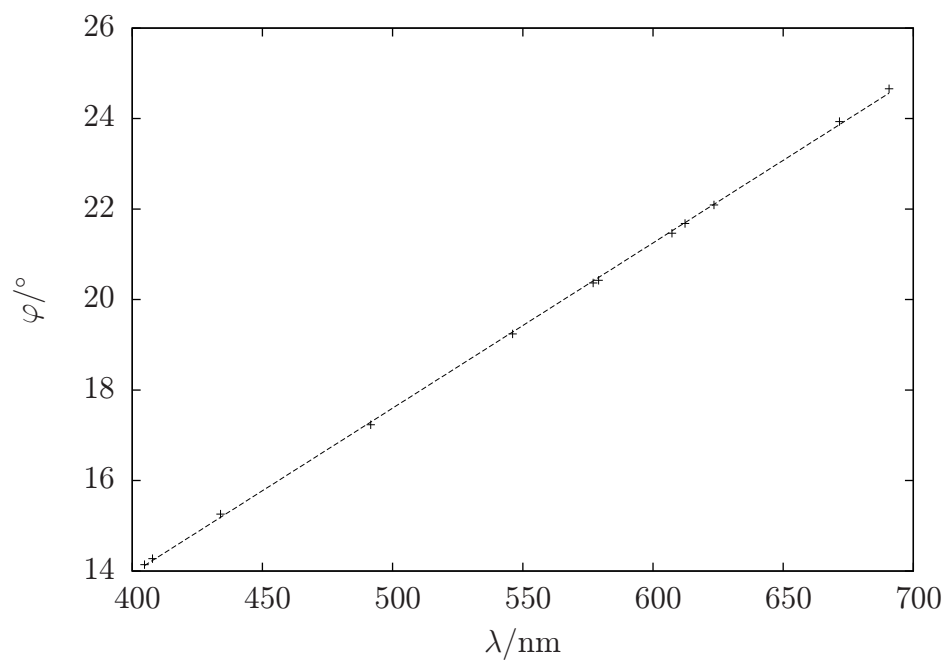
$$R_{m1} \approx 8900 \quad (8)$$

$$R_{m2} \approx 17900 \quad (9)$$

3.3 Rtuťová výbojka

Dále jsem proměřoval spektrální čáry rtuťové výbojky. V tomto případě pouze v prvním řádu, ale opět na obě strany od osy. Naměřené hodnoty jsou v tabulce 4 spolu s vypočtenou vlnovou délkou a odpovídající tabulkovou hodnotou.

Z tabulkových hodnot a naměřených úhlů jsem vytvořil kalinrační křivku spektrometru. Výsledek je obrázek 1.



Obrázek 1: Kalibrační křivka spektrometru

n	ψ_+	$-\psi_-$	$ \psi_+ - \psi_- /2$	λ/nm
1	$44^\circ 45'$	$43^\circ 19'$	$44^\circ 2'$	574 ± 3
2	$45^\circ 2'$	$43^\circ 32'$	$44^\circ 17'$	577 ± 3

Tabulka 5: Hodnoty žlutých spektrálních čar druhého řádu.

Pro další úkol jsem ještě doměřil hodnoty pro žlutou část spektra v druhém řádu. Hodnoty jsou v tabulce 5.

Dle vztahu 6 a z definice jsem vypočetl úhlovou disperzi mřížky ve žluté části spektra. Experimentální hodnoty jsou

$$R_1 = 1.68 \pm 0.05 \mu\text{m}^{-1} \quad (10)$$

$$R_2 = 0.655 \pm 0.002 \mu\text{m}^{-1} \quad (11)$$

Teoretické hodnoty jsou

$$R_{t1} = 1.69 \pm 0.05 \mu\text{m}^{-1} \quad (12)$$

$$R_{t2} = 0.656 \pm 0.002 \mu\text{m}^{-1} \quad (13)$$

4 Diskuze

N největší chyba celého měření vznikla při odečítání ze stupnice spektrometru. I při použití lupy byla velmi drobná, a proto se z ní velmi špatně odečítalo. Horší osvětlení stupnice tento efekt ještě umocnilo. I přes tuto chybu se celková relativní chyba pohybuje kolem jednoho procenta. Tabulkové hodnoty taktéž odpovídají naměřeným hodnotám.

5 Závěr

Seřídil jsem spektrometr.
Stanovil jsem mřížkovou konstantu

$$a = 1650 \pm 10 \text{nm} \quad (14)$$

Odhadl jsem rozlišovací schopnost spektrometru

$$R_{m1} \approx 8900 \quad (15)$$

$$R_{m2} \approx 17900 \quad (16)$$

Proměřil jsem spektrum rtuťové výbojky. Výsledky jsou v tabulce 4.

Vytvořil jsem kalibrační křivku dle zadání. Výsledek je obrázek 1.

Určil jsem úhlovou disperzi ve žluté části spektra rtuťové výbojky a dopočetl teoretické hodnoty. Výsledky jsou

$$R_1 = 1.68 \pm 0.05 \mu\text{m}^{-1} \quad (17)$$

$$R_2 = 0.655 \pm 0.002 \mu\text{m}^{-1} \quad (18)$$

$$R_{t1} = 1.69 \pm 0.05 \mu\text{m}^{-1} \quad (19)$$

$$R_{t2} = 0.656 \pm 0.002 \mu\text{m}^{-1} \quad (20)$$