

## Vaja 63: Meritev spektra z uklonsko mrežico

Matevž Demšar

22. april 2024

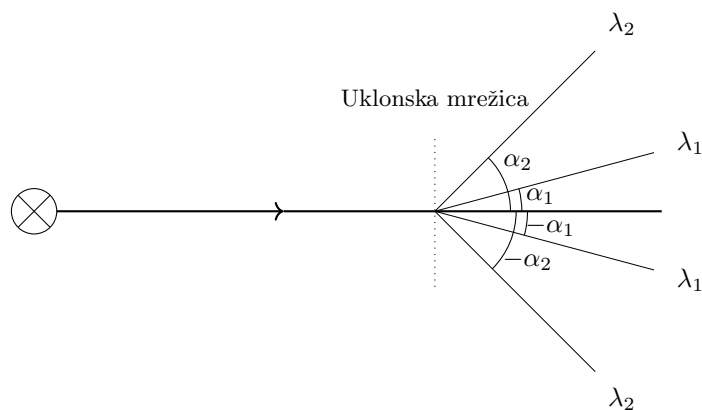
**Opis.** Pri vaji z opazovanjem uklona izmerimo spekter živosrebrne pare.

**Uvod.** Pri prehodu skozi tanko rezo se svetloba ukloni. Pri prehodu skozi večje število rež pride do interference, tako da se uklonjeni žarki razen pri nekaterih kotih med seboj izničijo, pri nekaterih kotih pa ojačajo. Kote  $\alpha$ , pri katerih pride do ojačitve, izračunamo z enačbo:

$$d \sin(\alpha) = n\lambda$$

v kateri je  $d$  razdalja med sosednjima režama,  $\lambda$  valovna dolžina svetlobe,  $n$  pa red spektralne črte. Zanj velja, da je  $n \in \mathbb{Z}$  in  $|n| < d/\lambda$ .

Če je svetloba sestavljena iz več različnih valovnih dolžin, jih lahko poiščemo tako, da jo spustimo skozi uklonsko mrežico in izmerimo, pri katerih kotih se pojavijo slike, kakor kaže Skica 1.



Skica 1: Uklon žarkov različnih valovnih dolžin

Pri zgornji meritvi snop svetlobe pada pravokotno na uklonsko mrežico, zato so tudi uklonski koti na eni strani ničelne lege enaki uklonskim kotom na drugi strani. Pri poševnem vpadu žarkov, ko uklonsko mrežico zasukamo za kot  $\varphi$ , se premaknejo tudi uklonjeni žarki, in sicer velja:

$$\lambda = d \frac{\sin(\vartheta' + \varphi) - \sin(\varphi)}{n}$$

$$\lambda = d \frac{\sin(\varphi) + \sin(\vartheta - \varphi)}{n}$$

Pri čemer so  $\vartheta'$  uklonski koti na eni strani ničelne lege,  $\vartheta$  pa na drugi.

**Meritve.** Izmerimo kote za spektralne črte prvega reda, če je mogoče, pa tudi za spektralne črt višjih redov. Meritev izvedemo pri kotih  $\varphi_0 = 0^\circ$  in  $\varphi_1 = 18^\circ$ . Uporabimo uklonsko mrežico z razdaljo med režama  $d = \frac{1}{600}$  mm.

$\varphi = 0^\circ$			$\varphi = 18^\circ$		
$n$	$\alpha$	Barva	$n$	$\angle$	Barva
1	$20^\circ$	oranžna	1	$\vartheta' = 22^\circ$	oranžna
1	$20^\circ$	oranžna	1	$\vartheta' = 22^\circ$	oranžna
1	$19^\circ$	zelena	1	$\vartheta' = 21^\circ$	zelena
1	$15^\circ$	vijolična	1	$\vartheta = 16^\circ$	vijolična
0	$0^\circ$	bela	0	$\vartheta = 0^\circ$	bela
-1	$-15^\circ$	vijolična	-1	$\vartheta = -17^\circ$	vijolična
-1	$-19^\circ$	zelena	-1	$\vartheta = -21^\circ$	zelena
-1	$-20^\circ$	oranžna	-1	$\vartheta = -22^\circ$	oranžna
-1	$-20^\circ$	oranžna	-1	$\vartheta = -22^\circ$	oranžna
			-2	$\vartheta = -40^\circ$	zelena
			-2	$\vartheta = -43^\circ$	oranžna
			-2	$\vartheta = -43^\circ$	oranžna
			-3	$\vartheta = -63^\circ$	zelena

**Izračuni.** Pri merjenju smo opazili štiri različne črte, zato izračunamo vrednosti  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  in  $\lambda_4$  za spektralne črte prvega reda.  $\lambda_1$  in  $\lambda_2$  predstavljata oranžni črti,  $\lambda_3$  zeleno,  $\lambda_4$  pa vijolično.

$$\varphi = 0^\circ :$$

$$\lambda = \frac{d \sin(\alpha)}{n}$$

$$\lambda_1 = 5,7 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_2 = 5,7 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_3 = 5,4 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_4 = 4,3 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\varphi = 18^\circ$$

$$\lambda = d \frac{\sin(\vartheta' + \varphi) - \sin(\varphi)}{n}$$

$$\lambda_1 = 5,6 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_2 = 5,6 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_3 = 5,3 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_4 = 4,2 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = d \frac{\sin(\varphi) - \sin(\vartheta + \varphi)}{n}$$

$$\lambda_1 = 6,3 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_2 = 6,3 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_3 = 6,0 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_4 = 4,9 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Kjer je to mogoče, izračunamo še valovne dolžine za črte drugega reda.

$$\lambda_1 = 9,9 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_2 = 9,9 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_3 = 9,6 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_3 = 7,2 \times 10^{-7} \text{ m}$$

**Ocena napake.** Do napak je lahko prihajalo pri meritvah kotov  $\alpha$ ,  $\vartheta$ ,  $\vartheta'$  in  $\varphi$ . Napaka pri kotu  $\varphi$  je bila še posebej velika, saj se je uklonska mrežica med merjenjem nekajkrat nenadzorovano zasukala. Najmanjše napake pričakujemo pri meritvam, opravljenih pri kotu  $\varphi = 0^\circ$ .

$$\Delta\alpha = \pm 1^\circ$$

$$\Delta\vartheta = \pm 1^\circ$$

$$\Delta\vartheta' = \pm 1^\circ$$

$$\Delta\varphi = \pm 5^\circ$$

$$\frac{\Delta\lambda_1}{\lambda_1} = \pm 0,05$$

$$\frac{\Delta\lambda_2}{\lambda_2} = \pm 0,05$$

$$\frac{\Delta\lambda_2}{\lambda_3} = \pm 0,05$$

$$\frac{\Delta\lambda_4}{\lambda_4} = \pm 0,07$$

$$\lambda_1 = 5,7 \times 10^{-7} \text{ m} \pm 0,3 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_2 = 5,7 \times 10^{-7} \text{ m} \pm 0,3 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_3 = 5,4 \times 10^{-7} \text{ m} \pm 0,3 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda_4 = 4,3 \times 10^{-7} \text{ m} \pm 0,3 \times 10^{-7} \text{ m}$$

**Primerjava z znanimi vrednostmi.** Zanima nas, koliko se izmerjene vrednosti valovnih dolžin razlikujejo od teoretičnih.

$$\text{Oranžna: } \lambda = 5,9 - 6,2 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\text{Zelena: } \lambda = 5,0 - 5,7 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\text{Vijolična: } \lambda = 3,8 - 4,5 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Kot vidimo, se vrednosti  $\lambda$ , izračunane za črte prvega reda kar dobro ujemajo z znanimi vrednostmi, vrednosti  $\lambda$ , izračunane za črte višjih redov, pa se od njih močno razlikujejo.

**Zaključek.** Pri kotu  $\varphi = 0^\circ$  smo natančno in z majhnim odstopanjem od znanih vrednosti izmerili valovne dolžine svetlobe, ki jo oddaja živosrebrna svetilka. Pri večji vrednosti kota so rezultati merjenja močno odstopali od teoretičnih vrednosti, zaradi morebitnega nenadzorovanega sukanja mrežice pa so bili tudi manj natančni.