

DIFRACTIA LUMINII - DETERMINAREA LUNGIMII DE UNDĂ A RADIAȚIEI LUMINOASE UTILIZÂND REȚEAUA DE DIFRACTIE

1. Scopul lucrării

1.A. Scop calitativ: se evidențiază fenomenul de difracție suportat de un fascicul de lumină la traversarea printr-o rețea de difracție.

1.B. Scop cantitativ: se determină experimental lungimea de undă a radiației luminoase.

2. Teoria lucrării

Difracția: un fenomen complex, de compunere coerentă a radiației provenită de la mai multe surse din spațiu. În esență ea reprezintă ansamblul fenomenelor datorate naturii ondulatorii a luminii, fenomene care apar la propagarea ei într-un mediu cu caracteristici eterogene foarte pronunțate. În sens restrâns, difracția constă în fenomenul de ecare aparentă a obiectelor de mici dimensiuni de către lumină, sau altfel spus, în devierea de la legile opticii geometrice.

Rețea de difracție: un sistem de fante paralele, egale și echidistante.

O $\xrightarrow{\quad\quad\quad}$ x

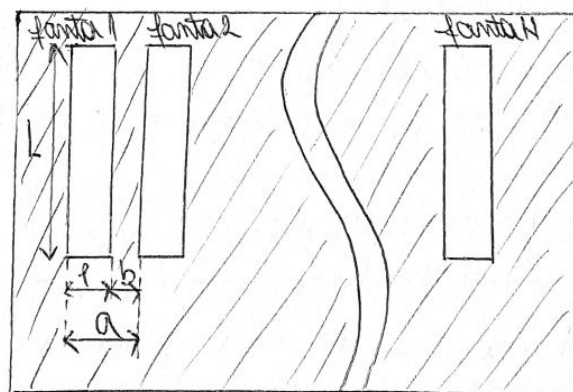


Fig. 1.

Fanta: o porțiune transparentă pentru lumină, de formă dreptunghiulară, cu lățimea mult mai mică decât lungimea $l \ll L$. Direcția de-a lungul căreia este sensibil fenomenul de difracție este una singură, anume Ox; din acest motiv, rețeaua este o rețea unidimensională.

Periada (perioada)/rețea: distanța dintre două fante succesive: $a = l + b$, (1) unde b este mărimea porțiunii opace, luată, de asemenea, de-a lungul direcției Ox.

Dacă pe o rețea de difracție este incidentă o undă monocromatică, are loc un fenomen complex: difracția luminii produsă de fiecare fantă și interferența luminii provenite de la toate fantele. La o distanță suficient de mare, se poate observa o imagine caracterizată prin maxime și minime succesive.

Intensitatea luminii difractate este dată de relația

$$I(\alpha) \cong I_0 \cdot \frac{\sin^2(\frac{1}{2} K l \sin \alpha)}{(\frac{1}{2} K l \sin \alpha)^2} \frac{\sin^2(\frac{1}{2} N K a \sin \alpha)}{\sin^2(\frac{1}{2} K a \sin \alpha)} \quad (2)$$

unde:

I_0 - intensitatea luminii incidente

α - unghiul sub care se observă lumina difractată, față de normala la rețea

N - numărul total de fante ale rețelei

K - numărul de unde, $K = 2\pi/\lambda$, lungimea de undă fiind λ

Ordinul unui maximum este numărul de ordine al maximumului respectiv, ținând cont că maximumul de ordin zero se formează pe axa de simetrie.

Relația de bază. Pornind de la relația (2) se poate arăta că, dacă poziția unghiulară a unui maximum de ordin m este α_m , atunci există relația

$$\lambda = \frac{a}{m} \sin \alpha_m,$$

care constituie relația de bază a acestei lucrări de laborator, permițând determinarea experimentală a lungimii de undă, dacă se măsoară pozițiile unghiulare ale maximumelor observate, și dacă se cunoaște constanta rețelei.

3. Descrierea instalației experimentale

Dispozitivul experimental cuprinde un goniometru prevăzut cu un colimator și o lămpă. În centrul goniometrului, pe o măsură rotundă se găsește fixată rețeaua de difracție.

Sursa de lumină este fie o lampă cu vapori de mercur, fie un bec electric; în ultimul caz, în colimator se găsește fixat un filtru monocromatic. Lumina intră în colimator printr-o fantă F de formă dreptunghiulară, verticală, paralelă cu fantele rețelei. Observația se realizează în planul focal al lentilei oculare al lămpii, unde maximumele principale de interferență apar sub forma unor linii luminoase, imagini ale fantei F .

SUBGRUPA 3

Tabel 1.

n	Linie spectrală (culoare)	α_n^d (°)	α_n^s (°)	$\alpha_n = \frac{1}{2} \alpha_n^d - \alpha_n^s $ (°)	$\sin \alpha_n$	λ_n (nm)
1	Violet	29,3	24,3	2,5	0,04361	436,1
	Verde	30,1	23,6	3,25	0,05669	566,9
	Galben	30,3	23,5	3,4	0,05930	593
2	Violet	31,7	21,7	5	0,08415	435,45
	Verde	33	20,6	6,2	0,10499	539,95
	Galben	33,4	20,3	6,55	0,11404	540,35
3	Violet	34,3	19,4	7,45	0,12966	432,2
	Verde	36,2	17,5	9,35	0,16246	541,53
	Galben	37,1	17	10,05	0,14450	581,66

Diferența $\alpha_m^d - \alpha_m^s$ reprezintă dublul unghiului α_m , adică:

$$2\alpha_m = |\alpha_m^d - \alpha_m^s| \Rightarrow \alpha_m = \frac{1}{2} |\alpha_m^d - \alpha_m^s|$$

$$\lambda = \frac{a}{m} \sin \alpha_m$$

Constanta rețelei de difracție este $a = 0,01 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{a}{m} \sin \alpha_m = \frac{0,01 \text{ mm}}{1} \cdot 0,04361 = 10^{-5} \text{ m} \cdot 0,04361 = 10^{-9} \cdot 10^4 \cdot 0,04361 \text{ m} \\ &= 436,1 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 436,1 \text{ nm} \end{aligned}$$

$$\lambda_1 = \frac{a}{m} \sin \alpha_m = \frac{0,01 \text{ mm}}{1} \cdot 0,05669 = 10^{-5} \text{ m} \cdot 0,05669 = 566,9 \text{ nm}$$

$$\lambda_1 = \frac{a}{m} \sin \alpha_m = \frac{0,01 \text{ mm}}{1} \cdot 0,05930 = 10^{-5} \text{ m} \cdot 0,05930 = 593 \text{ nm}$$

IORDACHE MĂDALINA GABRIELA 313CA

$$\lambda_2 = \frac{a}{m} \sin \alpha_m = \frac{0,01 \text{ mm}}{2} \cdot 0,08415 = \frac{1}{2} \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot 0,08415 = \frac{1}{2} \cdot 841,5 \text{ nm} = 435,75 \text{ nm}$$

$$\lambda_2 = \frac{a}{m} \sin \alpha_m = \frac{0,01 \text{ mm}}{2} \cdot 0,10499 = \frac{1}{2} \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot 0,10499 = \frac{1}{2} \cdot 1049,9 \text{ nm} = 539,95 \text{ nm}$$

$$\lambda_2 = \frac{a}{m} \sin \alpha_m = \frac{0,01 \text{ mm}}{2} \cdot 0,11404 = \frac{1}{2} \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot 0,11404 = \frac{1}{2} \cdot 1140,4 \text{ nm} = 570,35 \text{ nm}$$

$$\lambda_3 = \frac{a}{m} \sin \alpha_m = \frac{0,01 \text{ mm}}{3} \cdot 0,12966 = \frac{1}{3} \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot 0,12966 = \frac{1}{3} \cdot 1296,6 \text{ nm} = 432,2 \text{ nm}$$

$$\lambda_3 = \frac{a}{m} \sin \alpha_m = \frac{0,01 \text{ mm}}{3} \cdot 0,16246 = \frac{1}{3} \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot 0,16246 = \frac{1}{3} \cdot 1624,6 \text{ nm} = 541,53 \text{ nm}$$

$$\lambda_3 = \frac{a}{m} \sin \alpha_m = \frac{0,01 \text{ mm}}{3} \cdot 0,14450 = \frac{1}{3} \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot 0,14450 = \frac{1}{3} \cdot 1445 \text{ nm} = 581,66 \text{ nm}$$

Tabel 2.

n= 2, culoarea galben

Nr. crt i	$\alpha_{2i}^d (^\circ)$	$\alpha_{2i}^s (^\circ)$	$\alpha_{2i} = \frac{1}{2} \alpha_{2i}^d - \alpha_{2i}^s (^\circ)$	$\bar{\alpha}_2 (^\circ)$	$\sigma_{\bar{\alpha}_2} (^\circ)$	$\bar{\lambda} (nm)$	$\sigma_{\bar{\lambda}} (nm)$
1	33,6	20	6,8				
2	33,7	20,2	6,75				
3	33,6	20,2	6,4				
4	33,6	20,1	6,45				
5	33,6	20,2	6,4	6,44	0,01	586,8	49,654
6	33,7	20,2	6,45				
7	33,5	20,1	6,4				
8	33,5	20	6,45				
9	33,6	20,1	6,45				
10	33,7	20,2	6,45				

$$\bar{\alpha}_2 = \frac{\sum_{i=1}^{10} (\alpha_{2i})}{10}$$

$$\Rightarrow \bar{\alpha}_2 = \frac{6,8 + 6,45 \cdot 6 + 6,4 \cdot 3}{10} = \frac{67,4}{10} = 6,44$$

$$\sigma_{\bar{\alpha}_2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} [(\alpha_{2i}) - \bar{\alpha}_2]^2}{10(10-1)}}$$

$$\Rightarrow \sigma_{\bar{\alpha}_2} = \sqrt{\frac{(6,8 - 6,44)^2 + 6 \cdot (6,45 - 6,44)^2 + 3 \cdot (6,4 - 6,44)^2}{10 \cdot 9}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,06^2 + 6 \cdot 0,01^2 + 3 \cdot 0,04^2}{90}} = \sqrt{\frac{0,009}{90}} = \sqrt{\frac{0,001}{10}} =$$

$$= \sqrt{10^{-4}} = 10^{-2} = 0,01$$

$$\bullet \quad \bar{\lambda} = \frac{a}{n} \sin \bar{\alpha}_2 = \frac{0,01 \text{ mm}}{2} \sin(6,44^\circ) = \frac{10^{-5} \text{ m}}{2} \cdot 0,11436 = \\ = \frac{1}{2} \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot 1143,6 = 586,8 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 586,8 \text{ nm}$$

$$\bullet \quad \sigma_{\bar{\lambda}} = \sqrt{\left[\left(\frac{\partial \lambda}{\partial \alpha} \right) \Big|_{\alpha = \bar{\alpha}_2} \right]^2 \cdot (\sigma_{\bar{\alpha}_2})^2}$$

$$\sigma_{\lambda} = \sqrt{\left(\frac{a \cdot \cos \bar{\alpha}_2}{n} \right)^2 \cdot (\sigma_{\bar{\alpha}_2})^2} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{0,01 \text{ mm} \cdot \cos(6,44^\circ)}{2} \right)^2 \cdot (10^{-2})^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{10^{-5} \text{ m} \cdot 0,99308}{2} \right)^2 \cdot 10^{-4}} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{9930,8 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{2} \right)^2 \cdot 10^{-4}} =$$

$$= \sqrt{(4965,4 \text{ nm})^2 \cdot 10^{-4}} =$$

$$= \sqrt{(4,9654 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \text{ m})^2 \cdot 10^{-4}}$$

$$= \sqrt{24,65519 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$= \sqrt{24,65519 \cdot 10^{-16} \text{ m}^2}$$

$$= 4,9654 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

$$= 49,654 \text{ nm}$$

$$\lambda \in (\bar{\lambda} - \sigma_{\bar{\lambda}}; \bar{\lambda} + \sigma_{\bar{\lambda}}) \Rightarrow \lambda \in (586,8 \text{ nm} - 49,654 \text{ nm}; 586,8 \text{ nm} + 49,654 \text{ nm})$$

$$\Rightarrow \lambda \in (537,146 \text{ nm}; 636,454 \text{ nm})$$