

Olimpiada Națională de Fizică
6-11.04.2014 Cluj-Napoca
Proba practică
Barem

clasa a
XII^a

subiectul A		punctaj	
1.a)	- Indicarea modului de lucru: - se măsoară dimensiunile interne (L_1, L_2) ale cuvei (se pot obține rezultate între 7,3 cm și 7,5 cm) - se calculează grosimea stratului de lichid în cuvă, pentru diferite volume V (probabil multiplii de 10ml), cu relația: $d_i = \frac{V_i}{L_1 \cdot L_2}$, - se măsoară I_0 pentru diferite grosimi ale stratului de apă (se obține aproximativ aceeași valoare) - se măsoară I pentru aceleași grosimi ale stratului de soluție 1, - se calculează absorbanta soluției: $A = \ln \frac{I_0}{I}$		0,5
	Datele experimentale indicate mai sus (măsurate/determinate corect) se trec în tabel (d; I_0; I; A)		0,5
	Reprezentarea grafică $A=f(d)$ -dreaptă care trece prin originea sistemului de axe		0,5
	Surse de erori (minim 3)		0,5
1.b)	Din relația de dependență liniară a absorbantei în funcție de grosimea probei: $A=\mu \cdot d$, se obține: $\mu = \frac{\ln \frac{I_0}{I}}{d}$		0,25
	Semnificația fizică a coeficientului de absorbție μ: inversul grosimii probei pentru care intensitatea luminii la ieșirea din probă este de e ori mai mică decât intensitatea luminii incidente pe probă.		0,25
1.c)	- Din grafic: $\mu = \tan \alpha = \frac{\Delta A}{\Delta d} \cong 14,73 \text{ (m}^{-1}\text{)}$ sau: - Din prelucrarea datelor experimentale: -se completează tabelul anterior cu încă 4 coloane: $(\mu; \bar{\mu}; \Delta\mu; \sigma)$, unde: σ = abaterea pătratică medie, pentru N măsurători $\left(\sigma = \sqrt{\frac{1}{N \cdot (N-1)} \cdot \sum_{i=1}^N (\bar{\mu} - \mu_i)^2} \right)$ -se obține: $\mu \cong 14,76 \pm 0,03 \text{ (m}^{-1}\text{)}$		0,5
2.a)	- Indicarea modului de lucru: - pentru aceeași grosime a stratului de lichid, se măsoară intensitatea curentului electric generat de fotocelulă, pe rând pentru: apă (I_0),		0,5

- Fiecare dintre subiectele A, respectiv B se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
- Durata probei este de 2 ore pentru efectuarea măsurătorilor și 1 oră pentru redactarea lucrării.
- Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
- Fiecare subiect se punctează de la 1 (punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora

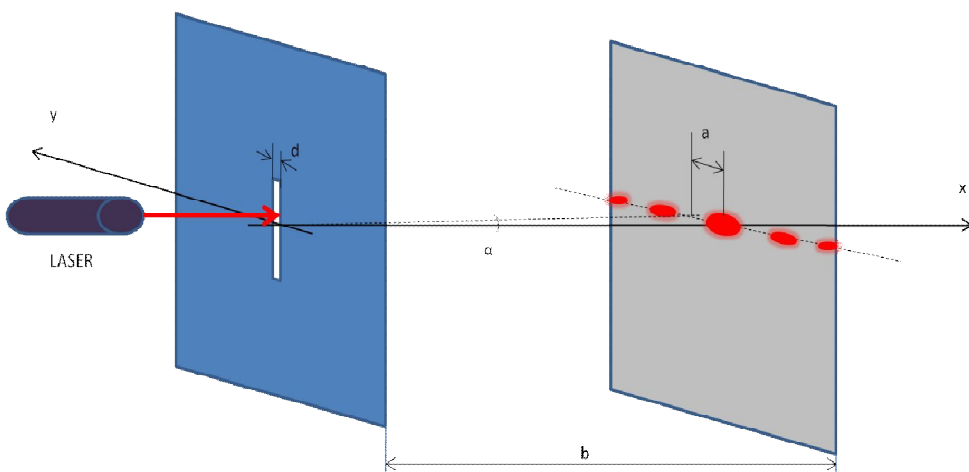
	soluția 1, iar apoi pentru încă cel puțin 3 soluții de concentrații diferite		
	• Datele experimentale (măsurate/determinate corect) se trec în tabel ($c; I_0; I; A$)		0,5
	• Reprezentarea grafică $A=f(c)$ -dreaptă care trece prin origine; I_0 considerat pentru soluție cu concentrația egală cu zero (apă)		0,5
	• surse de erori (minim 3, din care cel puțin una diferită de cele de la punctul precedent)		0,5
2.b)	• relația de dependență liniară a absorbantei de concentrația probei: $A = \text{const} \cdot c$		0,25
3.	• Din: $\ln \frac{I_0}{I} = k \cdot d \cdot c$, obținem: $I = I_0 \cdot e^{-kcd}$, unde: $k = \text{const.}$ - k este o constantă caracteristică fiecărei substanțe și depinde de lungimea de undă a radiației folosite.		0,5 0,5
4.a)	$I = \frac{I_0}{2}, \mu = k \cdot c$ -din legea absorbției: $d_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu}$		0,25 0,25
4.b)	• $d_{1/2} \cong 4,7 \text{ cm}$		0,25
4.c)	• Din legea absorbției, sau din grafic: $c_x = c \cdot \frac{A_x}{A}$ • $c_x \cong (5 + 0,15) \cdot 10^{-3} \text{ g/l}$		0,5 0,5
5.	• Importanța filtrului: absorbanta unei soluții depinde de lungimea de undă a radiației utilizate • Alegerea filtrului: în domeniul spectral îngust în care filtrul transmite, absorbanta soluției trebuie să fie maximă (o soluție de culoare albastră absoarbe în domeniul culorii roșii, iar filtru roșu transmite lumina roșie)		0,5 0,5
din oficiu			1 punct
total			10 puncte

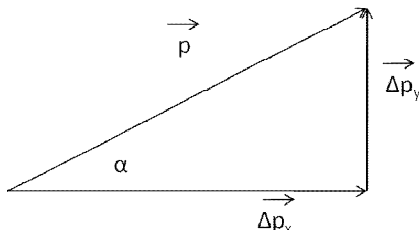
Subiect propus de:

Prof. univ. dr. Simion Aștilean, Universitatea “Babeș-Bolyai” Cluj-Napoca
Prof. Felicia Vălean, Liceul de Informatică “Tiberiu Popoviciu” Cluj-Napoca
Prof. dr. Dumitru Georgescu, Colegiul Național “Mihai Viteazul” Turda

1. Fiecare dintre subiectele A, respectiv B se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. Durata probei este de 2 ore pentru efectuarea măsurătorilor și 1 oră pentru redactarea lucrării.
3. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
4. Fiecare subiect se punctează de la (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora

Barem proba experimentală B

1	Descrierea procedurii experimentale.  Fig. 1 Reprezentarea difracției pe o fantă dreptunghiulară îngustă Din condiția de minim pentru $I(\alpha)$, deducem că: $d \cdot \sin \alpha = n\lambda$, unde $n = \pm 1, \pm 2$, corespunzător minimelor de ordinul I, ordinul al II-lea etc. Deoarece $a \ll b$, unde a este distanța de la maximul central la minimul de ordinul I, iar b este distanța fantă-ecran, putem aproxima $\sin \alpha \cong \tan \alpha = a/b$. Vom avea: $d = \frac{nb\lambda}{a}$ Completăm tabelul 1, corespunzător minimelor de ordinul I, II și III. Tabelul 1. Determinarea lărgimii fantei din condiția de minim de difracție <table><tr><th>n</th><th>a (mm)</th><th>λ (nm)</th><th>b (mm)</th><th>d (mm)</th><th>$\bar{d}$ (mm)</th></tr><tr><td>1</td><td>4,25</td><td rowspan="3">635</td><td rowspan="3">1200</td><td>0,179</td><td rowspan="3">0,183</td></tr><tr><td>2</td><td>8,25</td><td>0,184</td></tr><tr><td>3</td><td>12,25</td><td>0,187</td></tr></table>	n	a (mm)	λ (nm)	b (mm)	d (mm)	$\bar{d}$ (mm)	1	4,25	635	1200	0,179	0,183	2	8,25	0,184	3	12,25	0,187	0,25p
n	a (mm)	λ (nm)	b (mm)	d (mm)	$\bar{d}$ (mm)															
1	4,25	635	1200	0,179	0,183															
2	8,25			0,184																
3	12,25			0,187																
2.a	Din punct de vedere teoretic, determinarea maximelor secundare presupune rezolvarea ecuației transcendente $\tan \varphi = \varphi$, ale cărei soluții pot fi găsite pe cale grafică sau numeric. Experimental, poziția unui maxim poate fi obținută prin încadrarea acestuia între minimele ccorespunzătoare. Utilizând expresia lui $I(\alpha)$, corespunzător celor două distanțe, se calculează intensitățile maximelor central, de ordinul I și de ordinul al II-lea și se completează tabelul 2. Deoarece ne aflăm în aceleași condiții ca la punctul 1), putem utiliza aproximația $\sin \alpha \cong \tan \alpha = a/b$.	0,25p																		

	Tabelul 2. Rapoartele între intensitățile maximelor de ordinul I, respectiv al II-lea și maximul central în funcție de distanța până la ecran <table><tr><th>b (mm)</th><th>a_1 (mm)</th><th>a_2 (mm)</th><th>$\frac{a_1}{b}$</th><th>$\frac{a_2}{b}$</th><th>$\frac{I_1}{I_0}$</th><th>$\frac{I_2}{I_0}$</th></tr><tr><td>1000</td><td>5,25</td><td>8,75</td><td>0,00525</td><td>0,00875</td><td>0,044</td><td>0,0158</td></tr><tr><td>1200</td><td>6,25</td><td>10,75</td><td>0,0052</td><td>0,00896</td><td>0,045</td><td>0,0142</td></tr></table> Deoarece plasarea ecranului la distanțe diferite nu afectează fenomenul de difracție în sine, nemodificând parametrii de care depind rapoartele intensităților (n, α, λ), rezultă că din punct de vedere teoretic valorile rapoartelor ar trebui să fie aceleași. Valorile obținute confirmă acest lucru, în limita erorilor experimentale.	b (mm)	a_1 (mm)	a_2 (mm)	$\frac{a_1}{b}$	$\frac{a_2}{b}$	$\frac{I_1}{I_0}$	$\frac{I_2}{I_0}$	1000	5,25	8,75	0,00525	0,00875	0,044	0,0158	1200	6,25	10,75	0,0052	0,00896	0,045	0,0142	0,5p
b (mm)	a_1 (mm)	a_2 (mm)	$\frac{a_1}{b}$	$\frac{a_2}{b}$	$\frac{I_1}{I_0}$	$\frac{I_2}{I_0}$																	
1000	5,25	8,75	0,00525	0,00875	0,044	0,0158																	
1200	6,25	10,75	0,0052	0,00896	0,045	0,0142																	
2.b	Experimental, lărgimea unui maxim de ordinul n se determină prin încadrarea acestuia între minimele de ordinul n și $n+1$ (maximul central fiind încadrat de minimele de ordinele ± 1) și măsurarea distanței între aceste minime. Datele experimentale se trec în tabelul 3. Tabelul 3. Lărgimile maximelor central, de ordinul I și de ordinul al II-lea și rapoartele corespunzătoare pentru cele două distanțe date <table><tr><th>Distanța (m)</th><th>Δx_0 (mm)</th><th>Δx_1 (mm)</th><th>Δx_2 (mm)</th><th>$\frac{\Delta x_1}{\Delta x_0}$</th><th>$\frac{\Delta x_2}{\Delta x_0}$</th></tr><tr><td>1</td><td>7</td><td>3,5</td><td>3</td><td>0,5</td><td>0,428</td></tr><tr><td>1,2</td><td>8,5</td><td>4</td><td>4</td><td>0,47</td><td>0,47</td></tr></table> Lărgimile maximelor se schimbă prin modificarea distanței pe care se proiectează figura de difracție, crescând cu distanța. Deoarece energia se conservă, iar prin creșterea distanței energia se « proiectează » pe o suprafață mai mare, rezultă că produsul între intensitate și aria suprafeței pe care se proiectează este constant. Din punct de vedere teoretic, lărgimea unghiulară a maximului central este 2π, iar a oricărui maxim secundar este π. De aceea, teoretic, rapoartele cerute ar trebui să fie 0,5. Valorile experimentale obținute confirmă acest lucru, în limita erorilor de măsură.	Distanța (m)	Δx_0 (mm)	Δx_1 (mm)	Δx_2 (mm)	$\frac{\Delta x_1}{\Delta x_0}$	$\frac{\Delta x_2}{\Delta x_0}$	1	7	3,5	3	0,5	0,428	1,2	8,5	4	4	0,47	0,47	0,25p			
Distanța (m)	Δx_0 (mm)	Δx_1 (mm)	Δx_2 (mm)	$\frac{\Delta x_1}{\Delta x_0}$	$\frac{\Delta x_2}{\Delta x_0}$																		
1	7	3,5	3	0,5	0,428																		
1,2	8,5	4	4	0,47	0,47																		
	Surse de erori	0,5p																					
3	Relațiile de nedeterminare ale lui Heisenberg $\Delta y \cdot \Delta p_y \geq \hbar/2$, unde y și p_y sunt mărimi canonic conjugate. Dacă d este lărgimea fantei, atunci nedeterminarea poziției fotonilor coincide cu lărgimea fantei: $\Delta y = d$	0,5p																					
	$\Delta p_y = p \cdot \sin \alpha$ 	0,25p																					

	Condiția de minim de difracție: $d \cdot \sin \alpha = n\lambda$, unde $n = \pm 1, \pm 2, \dots$ În cazul minimului de ordinul I, aplicând relația lui de Broglie: $\lambda = \frac{h}{p}$, obținem: $d \cdot \Delta p_y = h$	1p																																		
	Din geometria sistemului $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$, deci $\Delta p_y = p \cdot \sin \left[\arctg \left(\frac{a}{b} \right) \right]$, de unde $\frac{d}{\lambda} \sin \left[\arctg \left(\frac{a}{b} \right) \right] = 1$	0,5p																																		
	Descrierea procedurii experimentale, care se bazează pe verificarea relației de mai sus. Datele experimentale se trec în tabelul 4.	0,25p																																		
	Tabelul 4. <table><tr><th>Nr. crt.</th><th>d (mm)</th><th>λ (nm)</th><th>b (cm)</th><th>a (cm)</th><th>$\arctg \left(\frac{a}{b} \right)$ (°)</th><th>$\frac{d}{\lambda} \sin \left[\arctg \left(\frac{a}{b} \right) \right]$</th></tr><tr><td>1</td><td rowspan="5">0,183</td><td rowspan="5">635</td><td>80</td><td>0,25</td><td>0,179</td><td>0,9</td></tr><tr><td>2</td><td>90</td><td>0,275</td><td>0,175</td><td>0,88</td></tr><tr><td>3</td><td>100</td><td>0,3</td><td>0,172</td><td>0,86</td></tr><tr><td>4</td><td>110</td><td>0,35</td><td>0,182</td><td>0,92</td></tr><tr><td>5</td><td>120</td><td>0,4</td><td>0,191</td><td>0,96</td></tr></table> Fenomenul de difracție a luminii pe o fantă dreptunghiulară îngustă poate fi analizat din perspectivă cuantică, produsul nedeterminărilor fiind de ordinul de mărime al constantei lui Planck.	Nr. crt.	d (mm)	λ (nm)	b (cm)	a (cm)	$\arctg \left(\frac{a}{b} \right)$ (°)	$\frac{d}{\lambda} \sin \left[\arctg \left(\frac{a}{b} \right) \right]$	1	0,183	635	80	0,25	0,179	0,9	2	90	0,275	0,175	0,88	3	100	0,3	0,172	0,86	4	110	0,35	0,182	0,92	5	120	0,4	0,191	0,96	1p
Nr. crt.	d (mm)	λ (nm)	b (cm)	a (cm)	$\arctg \left(\frac{a}{b} \right)$ (°)	$\frac{d}{\lambda} \sin \left[\arctg \left(\frac{a}{b} \right) \right]$																														
1	0,183	635	80	0,25	0,179	0,9																														
2			90	0,275	0,175	0,88																														
3			100	0,3	0,172	0,86																														
4			110	0,35	0,182	0,92																														
5			120	0,4	0,191	0,96																														
	Surse de erori	0,5p																																		
4	Dacă $\lambda \ll d$, atunci $\frac{\lambda}{d} \rightarrow 0$, adică $\alpha \rightarrow 0$. Cu alte cuvinte, nu se produce difracție, apare doar umbra geometrică. Dacă se folosește principiul de nedeterminare, atunci $\frac{a}{b} = \operatorname{tg} 0$, adică $a = 0$.	0,5p																																		
	Dacă $\lambda = d$, atunci $\alpha = \arcsin 1$, adică $\alpha = \frac{\pi}{2}$. Cu alte cuvinte, maximum principal se extinde peste tot câmpul. La același rezultat se ajunge și prin aplicarea principiului de nedeterminare al lui Heisenberg.	0,5p																																		
	Dacă $\lambda > d$, atunci difracția nu se mai produce, deoarece nu există nici un unghi real pentru care sinusul să fie supraunitar. Dacă se aplică principiul de nedeterminare, atunci: $\sin \left[\arctg \left(\frac{a}{b} \right) \right] = \frac{\lambda}{d} > 1$	0,5p																																		
	Oficiu	1p																																		