INSPECTORATUL ȘCOLAR JUDEȚEAN VASLUI

Olimpiada locală de fizică
VASLUI
18 ianuarie 2020

XII

BAREM
CLASA a XII-a

<table>
<tr><th>Subiectul I</th><th>Parțial</th><th>Punctaj</th></tr>
<tr><td>

a) Dacă notăm cu D distanța de la planul fantelor la ecran și cu a distanța dintre cele două fante, poziția maximelor de ordin k în absența lamei vor fi date de relația:

$$x_k = \frac{D}{a}k\lambda_0$$ **(0,25 puncte)**

iar interfranja $i_0 = \frac{D}{a}\lambda_0$.**(0,25 puncte)**

Dacă se pune în cale unuia dintre fascicule o lamă de grosime e și indice de refracție n, aceasta introduce un drum optic suplimentar

$$e(n-1)$$ **(0,25 puncte)**

și atunci poziția maximului de ordin k în prezența lamei va fi

$$x'_k = \frac{D}{a}k\lambda_0 + \frac{D}{a}e(n-1)$$ **(0,5 puncte)**.

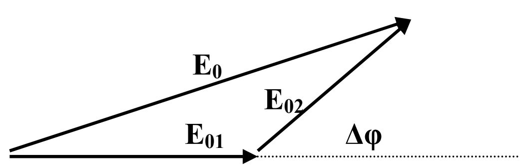
Deplasarea maximelor va fi: $\Delta x_k = \frac{D}{a}e(n-1)$ **(0,5 puncte)**, independentă de ordinul k, fapt care arată că toate maximele se deplasează cu aceeași valoare, de partea sursei a cărui fascicul străbate lama, sau:

$$\Delta x_k = \frac{i_0}{\lambda_0}e(n-1)$$.**(0,25 puncte)**

Rezultă: $n = \frac{\lambda_0 \Delta x_k}{e \cdot i_0} + 1 = 1{,}5$.**(0,25 puncte)**

</td><td>2.25</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>

b) Amplitudinile undelor luminoase care interferează în acest caz pe ecran vor fi diferite E_{01} și E_{02}. Adunarea celor două mărimi sinusoidale se poate face fazorial:



$$E_0^2 = E_{01}^2 + E_{02}^2 + 2E_{01}E_{02}\cos\Delta\varphi$$ **(0,5 puncte)**,

unde $\Delta\varphi$ este defazajul în punctul de suprapunere a undelor.

Intensitatea luminoasă este o mărime direct proporțională cu pătratul amplitudinii undei luminoase:

$I = \alpha \cdot E_0^2$ **(0,25 puncte)** și atunci:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 \cdot I_2} \cdot \cos\Delta\varphi$$ **(0,5 puncte)**

Conform indicației, introducerea lamei cu transmitanța T face ca

$I_1 = T \cdot I_0$ și $I_2 = I_0$ **(0,5 puncte)**,

unde I_0 este intensitatea în absența lamei, deci:

$$I = T \cdot I_0 + I_0 + 2I_0\sqrt{T} \cdot \cos\Delta\varphi = I_0\left(T + 1 + 2\sqrt{T}\cos\Delta\varphi\right)$$ **(0,5 puncte)**

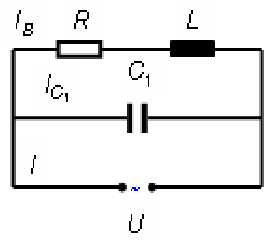
</td><td>3</td></tr>
</table>

În maxim $cos\,\Delta\varphi = 1$ deci $I_{max} = I_0\left(T + 1 + 2\sqrt{T}\right)$ **(0,25 puncte)** În minim $cos\,\Delta\varphi = -1$ deci $I_{min} = I_0\left(T + 1 - 2\sqrt{T}\right)$**(0,25 puncte)** Raportul cerut va fi: $\frac{I_{min}}{I_{max}} = \frac{T + 1 - 2\sqrt{T}}{T + 1 + 2\sqrt{T}} = \frac{1}{9}$. **(0,25 puncte)**		
c) Pe ecran se va obţine suprapunerea sistemului de franje corespunzătoare tuturor radiaţiilor din spectrul luminii albe. Se observă că maximul de ordinul 0 se obţine la $x_0 = 0$, indiferent de valoarea lungimii de undă. Deci în centrul sistemului de franje se va obţine o franjă centrală albă. **(0,5 puncte)** Franjele de ordinul 1 se obţin faţă de acesta la o distanţă egală cu interfranja, care este direct proporţională cu lungimea de undă, deci pe ecran apare spectrul luminii albe începând de la violet spre roşu. Spectrele de ordin superior se suprapun, astfel încât pe ecran apare o tentă albă numită alb de ordin superior. Într-adevăr $x_{k+1,violet} < x_{k,rosu}$, conduce la $\frac{D}{a}(k+1)\lambda_{violet} < \frac{D}{a}k\lambda_{rosu}$, de unde $k > \frac{\lambda_{violet}}{\lambda_{rosu} - \lambda_{violet}} = \frac{400}{380}$, deci de la ordinul $k = 2$ spectrele nu se mai obţin distinct. **(0,5 puncte)**	**1**	**9**
d) Din spectrul observat vor lipsi acele radiaţii care realizează minim în acel punct, deci: $x = \frac{D}{a}(2k+1)\frac{\lambda}{2} = \frac{i_0}{\lambda_0}(k + 0,5)\cdot\lambda$ **(0,5 puncte)**, de unde: $\lambda = \frac{x \cdot \lambda_0}{i_0(k + 0,5)}$. **(0,25 puncte)** Punem condiţia $\lambda_{violet} \le \frac{x \cdot \lambda_0}{i_0(k + 0,5)} \le \lambda_{rosu}$ **(0,5 puncte)**, de unde: $\frac{x \cdot \lambda_0}{i_0 \cdot \lambda_{rosu}} - 0,5 \le k \le \frac{x \cdot \lambda_0}{i_0 \cdot \lambda_{violet}} - 0,5$ **(0,5 puncte)**, adică: $2,06 \le k \le 4,5$, deci k=3; 4 **(0,5 puncte)** şi corespunzător: $\lambda_1 = 571,4nm$ şi $\lambda_2 = 444,4nm$ **(0,5 puncte)**.	**2.75**	
Oficiu		**1**
Total subiectul I		**10**

Subiectul II	Parţial	Punctaj

Fie R şi X_L rezistenţa şi reactanţa inductivă ale bobinei.

La conectarea condensatorului de capacitate C_1 în paralel cu bobina reală se realizează circuitul de curent alternativ din figură.



Făcând bilanţul puterii active pe circuit, putem scrie:

$$UI\cos\varphi_1 = RI_B^2 \quad \textbf{(0,5puncte)}$$

Făcând bilanţul puterii reactive, considerând circuitul inductiv, avem: $UI\sin\phi_1 = X_L I_B^2 - X_{C_1} I_{C1}^2$.

(0,5puncte)

Pe de altă parte:

$I_B = \dfrac{U}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$ şi $I_{C_1} = \dfrac{U}{X_{C_1}}$, care înlocuite în cele două relaţii ne conduc la: $I\cos\varphi_1 = U\dfrac{R}{R^2 + X_L^2}$ şi $I\sin\varphi_1 = U\left(\dfrac{X_L}{R^2 + X_L^2} - \dfrac{1}{X_{C_1}}\right)$. **(0,5puncte)**

Dacă ridicăm relaţiile la pătrat şi le adunăm, găsim:

$$I^2 = U^2\left(\frac{1}{R^2 + X_L^2} - \frac{2X_L}{X_{C_1}}\frac{1}{R^2 + X_L^2} + \frac{1}{X_{C_1}}\right) \qquad \textbf{(0,5puncte)}$$

sau:

$$I^2 = U^2\frac{R^2 + \left(X_L - X_{C_1}\right)^2}{X_{C_1}^2\left(R^2 + X_L^2\right)},$$

de unde rezultă impedanţa circuitului:

$$Z_1 = \frac{U}{I} = \frac{X_{C_1}\sqrt{R^2 + X_L^2}}{\sqrt{R^2 + \left(X_L - X_{C_1}\right)^2}}. \quad \textbf{(0,5puncte)}$$

Dacă împărţim cele două relaţii membru cu membru, după efectuarea calculelor, găsim:

$$tg\varphi_1 = \frac{X_L X_{C_1} - \left(R^2 + X_L^2\right)}{RX_{C_1}} \quad \textbf{(0,5puncte)}$$

La conectarea condensatorului de capacitate C_2 în serie cu bobina reală se realizează circuitul de curent alternativ format din elementele R, L şi C_2, conectate în serie:

Pentru acest circuit impedanţa şi unghiul de defazaj dintre tensiune şi intensitate sunt:

$$Z_2 = \sqrt{R^2 + \left(X_L - X_{C_2}\right)^2} \text{ şi } tg\varphi_2 = \frac{X_L - X_{C_2}}{R} \quad \textbf{(1punct)}$$

Două circuite de curent alternativ sunt echivalente dacă, aplicându-le aceeaşi tensiune alternativă la borne $u = U\sqrt{2}\sin\omega\cdot t$, iau acelaşi curent alternativ de la sursă $i = I\sqrt{2}\sin(\omega\cdot t + \varphi)$, ceea ce înseamnă că cele două circuite trebuie să aibă, la aceeaşi pulsaţie, aceeaşi impedanţă şi acelaşi unghi de defazaj între tensiune şi intensitate, în acelaşi sens.

Deci trebuie să avem:

$$Z_1 = Z_2 \text{ şi } tg\varphi_1 = tg\varphi_2. \quad \textbf{(0,5puncte)}$$

Înlocuind, găsim:

$\dfrac{X_{C_1}\sqrt{R^2+X_L^2}}{\sqrt{R^2+\left(X_L-X_{C_1}\right)^2}}=\sqrt{R^2+\left(X_L-X_{C_2}\right)^2}$ **(0,5puncte)** $\dfrac{X_L X_{C_1}-\left(R^2+X_L^2\right)}{RX_{C_1}}=\dfrac{X_L-X_{C_2}}{R}$ **(0,5puncte)** A doua relaţie devine: $R^2=X_{C_1}X_{C_2}-X_L^2$,care înlocuită în prima ridicată la pătrat conduce la: $X_{C_1}^2=\left(X_{C_1}+X_{C_2}-2X_L\right)^2$,de unde: $X_{C_1}=\pm\left(X_{C_1}+X_{C_2}-2X_L\right)$. Găsim soluţiile: $X_L=\dfrac{X_{C_2}}{2}$ şi $R=\sqrt{X_{C_2}\left(X_{C_1}-\dfrac{X_{C_2}}{4}\right)}$ şi: $X_L=X_{C_1}+\dfrac{X_{C_2}}{2}$ şi $R=\sqrt{-\left(X_{C_1}^2+\dfrac{X_{C_2}^2}{4}\right)}$, evident imposibilă. **(0,5puncte)** Rezultă că singurele valori pentru rezistenţa şi reactanţa inductivă ale bobinei sunt: $R=\sqrt{X_{C_2}\left(X_{C_1}-\dfrac{X_{C_2}}{4}\right)}$ şi $X_L=\dfrac{X_{C_2}}{2}$, numai dacă: $X_{C_1}>\dfrac{X_{C_2}}{4}$ sau: $C_1<4C_2$. **(1punct)** Unghiul de defazaj dintre tensiune şi intensitate pentru cele două circuite echivalente este: $tg\varphi_1=tg\varphi_2=\dfrac{X_L-X_{C_2}}{R}=-\sqrt{\dfrac{X_{C_2}}{4X_{C_1}-X_{C_2}}}$ sau: $tg\varphi_1=tg\varphi_2=-\sqrt{\dfrac{C_1}{4C_2-C_1}}$ **(1punct)** ceea ce ne arată că circuitele echivalente sunt capacitive. Dacă cunoaştem şi pulsaţia ω a tensiunii alternative putem calcula impedanţa circuitelor echivalente: $Z_1=Z_2=\sqrt{R^2+\left(X_L-X_{C_2}\right)^2}=$ $=\sqrt{X_{C_1}\left(X_{C_1}-\dfrac{X_{C_2}}{4}\right)+\dfrac{X_{C_2}^2}{4}}$ sau: $Z_1=Z_2=\sqrt{X_{C_1}X_{C_2}}=\dfrac{1}{\omega\sqrt{C_1C_2}}$.**(1punct)**		**9**
Oficiu		**1**
Total subiectul II		**10**

Subiectul III	**Parţial**	**Punctaj**
a) $\beta=\dfrac{v}{c};\gamma=\dfrac{m}{m_0}$ $L_{if}=E_{cf}-E_{ci}=qU-0\Rightarrow E_c=E_{cf}=qU=10^6eV$ $\gamma=\dfrac{m}{m_0}=\dfrac{E}{E_0}=\dfrac{qU+E_0}{E_0}$	**0,5p**	

$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$	**0,5p**	**3p**
$r = \frac{r_0}{\gamma} = r_0 \frac{E_0}{qU + E_0}$		
$\frac{\Delta r}{r_0} = \frac{qU}{qU + E_0}$	**0,5p**	
Pentru electron: $E_{0e} = 9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 9 \cdot 10^{16}\, J = 81{,}9 \cdot 10^{-15}\, J \cong 0{,}5 \cdot 10^{6}\, eV$	**0,5p**	
$\left(\frac{\Delta r}{r_0}\right)_e \cong 67\%$	**0,5p**	
Pentru proton: $E_{0p} = 1.67 \cdot 10^{-27} \cdot 9 \cdot 10^{16}\, J \cong 900 \cdot 10^{6}\, eV$		
$\left(\frac{\Delta r}{r_0}\right)_p \cong 0.11\%$	**0,5p**	
b) $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} \Rightarrow \beta = \sqrt{1 - \frac{1}{\gamma^2}} \Rightarrow v = c\sqrt{1 - \frac{1}{\gamma^2}}$		**2p**
Deci, $v = c\sqrt{1 - \left(\frac{E_0}{qU + E_0}\right)^2}$	**1p**	
$v_e = 0{,}94c$, tratare relativista	**0,5p**	
$v_p = 0{,}14c$, tratare clasica	**0,5p**	
c) Forța Lorentz se comportă ca o forță centripetă, rezultă: $qvB = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{qB}$, raza traiectoriei circulare.	**1p**	**4p**
De aici, $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$	**1p**	
Masa electronului se modifică, din cauza vitezei mari. $m = m_0 + \frac{E_c}{c^2}$	**0,5p**	
$T_e = \frac{2\pi}{qB}\left(m_0 + \frac{E_c}{c^2}\right)$	**0,5p**	
$T_e = 1{,}05 \cdot 10^{-12}\, s$	**0,5p**	
Masa protonului rămâne egală cu cea de repaos, din cauza vitezei mici. $T_p = \frac{2\pi m}{qB}$ $T_p = 6{,}28 \cdot 10^{-8}\, s$	**0,5p**	
Oficiu	**1p**	
Total subiectul III		**10p**