

Efect electro-optic într-o celulă Kerr

Rezolvare și Barem de evaluare

1). În ansamblu3puncte

Alegem axa Ox pe direcția lui \vec{E}_a . Lumina se propagă în sensul pozitiv al axei Oz . Pe fața de intrare în cuvă, câmpul electric al unei incidente este de forma $\vec{E}_1 = (E_{0x} \cos(\omega t))\vec{e}_x + (E_{0y} \cos(\omega t - \varphi_0))\vec{e}_y$ 0,5 puncte

După parcurgerea distanței a , pe fața de ieșire, câmpul electric al unei este $\vec{E}_2 = \left(E_{0x} \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} an_x\right) \right)\vec{e}_x + \left(E_{0y} \cos\left(\omega t - \varphi_0 - \frac{2\pi}{\lambda} an_y\right) \right)\vec{e}_y$. Ne interesează doar defazajul relativ al celor două componente (x și y) și, de aceea, schimbând într-un mod adecvat originea timpului, $\left(t \rightarrow t + \frac{2\pi an_x}{\omega\lambda} \right)$, găsim relația $\vec{E}_2 = (E_{0x} \cos(\omega t))\vec{e}_x + (E_{0y} \cos(\omega t - \varphi_0 - \varphi))\vec{e}_y$, unde

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_y - n_x)a = -\frac{2\pi}{\lambda}a\Delta n \text{0,75 + 0,75 = 1,5 puncte}$$

Pentru ca celula Kerr să se comporte ca o „lamă semi-undă” este necesar ca defazajul datorat anizotropiei să aibă valoarea $\varphi = -\pi$, ceea ce înseamnă $\Delta n = \frac{\lambda}{2a}$ 0,5 puncte

Pe de altă parte, deoarece $\Delta n = K\lambda E_a^2$ (conform enunțului) și $E_a = \frac{U_0}{h}$, găsim imediat că $U_0 = \frac{h}{\sqrt{2aK}} = 1,18kV$0,25 + 0,25 = 0,5 puncte

2). În ansamblu6 puncte

Lumina incidentă fiind naturală (adică „polarizată în toate azimuturile”), legea lui Malus, mediata după unghiuri [cu valori echiprobabile de la 0 la 2π], ne dă, pentru intensitatea luminoasă de după trecerea prin polarizorul P, valoarea $I_0/2$ 0,75 puncte

Rămân astfel doar oscilațiile pe direcția de transmisie a polarizorului P, cu amplitudinea E_0 . La intrarea în cuvă, componentele pe axele x și y ale câmpului electric al unei sunt în fază și sunt egale. Avem câmpul $\vec{E}_{in} = \frac{E_0}{\sqrt{2}}[\vec{e}_x \cos(\omega t) + \vec{e}_y \cos(\omega t)]$ 0,75 puncte

La ieșirea din cuvă câmpul electric al unei are forma

$$\vec{E}_{out} = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \left[\vec{e}_x \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} an_x\right) + \vec{e}_y \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} an_y\right) \right] \text{ 1,25 puncte}$$

Proiectând expresia lui \vec{E}_{out} pe direcția de transmisie a analizorului A (al cărei versor este notat cu \vec{e}_A), obținem câmpul electric emergent: $\vec{E}_{emerg} = \vec{E}_{out} \cdot \vec{e}_A$ 0,5 puncte

În expresia de mai sus a lui \vec{E}_{out} putem face același gen de schimbare a originii timpului.

Obținem $\vec{E}_{out} = \frac{E_0}{\sqrt{2}} [\vec{e}_x \cos(\omega t) + \vec{e}_y \cos(\omega t - \varphi)]$**0,5 puncte**

Cum unghiurile implicate în evaluarea produselor scalare $\vec{e}_x \cdot \vec{e}_A$ și $\vec{e}_y \cdot \vec{e}_A$ sunt $\theta_x = 45^\circ$ și

$\theta_y = 135^\circ$ obținem $\vec{E}_{emerg} = \frac{E_0}{2} [\cos(\omega t) - \cos(\omega t - \varphi)] \vec{e}_A = \left(\frac{E_0}{2}\right) \left[2 \sin\left(\omega t - \frac{\varphi}{2}\right) \sin\left(-\frac{\varphi}{2}\right) \right] \vec{e}_A$,

adică $\vec{E}_{emerg} = E_0 \left[\sin\left(\frac{\pi a}{\lambda} \Delta n\right) \sin\left(\omega t + \frac{\pi a}{\lambda} \Delta n\right) \right] \vec{e}_A$ **1,25 puncte**

Intensitatea luminoasă fiind proporțională cu pătratul amplitudinii unde emergente, identificată sub forma $\left[E_0 \sin\left(\frac{\pi a}{\lambda} \Delta n\right) \right]$, rezultă imediat proporționalitatea

$I \propto E_0^2 \sin^2\left(\frac{\pi}{2} \left(\frac{U}{U_0}\right)^2\right)$. Aici, în locul constantei Kerr (K), am folosit legătura sa cu tensiunea

U_0 (adică rezultatul stabilit la primul punct al problemei)..... **1 punct**

3). Se observă că intensitatea I a luminii emergente poate fi variată prin modificarea tensiunii U de la bornele armăturilor celulei Kerr. Chiar dacă relația dintre I și U nu este una liniară (sau de direct proporționalitate), acest “neajuns” poate fi corectat cu ajutorul unui dispozitiv electronic adecvat. Astfel echipată, celula Kerr poate servi fie ca un foarte bun “modulator optic” fie ca un foarte bun “comutator optic”..... **1punct**

TOTAL GENERAL.....10 puncte

Problemă propusă de:

Prof. univ. dr. Uliu Florea, Departamentul de Fizică, Universitatea din Craiova,

Prof. dr. Sandu Mihail, Liceul Tehnologic de Turism, Călimanești, jud. Vâlcea.