Efect electro-optic într-o celulă Kerr

Rezolvare şi Barem de evaluare

1). În ansamblu 3puncte

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

După parcurgerea distanţei a, pe faţa de ieşire, câmpul electric al undei este $\vec{E}_2 = \left(E_{0x}\cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}an_x)\right)\vec{e}_x + \left(E_{0y}\cos(\omega t - \varphi_0 - \frac{2\pi}{\lambda}an_y)\right)\vec{e}_y$. Ne interesează doar defazajul relativ al celor două componente (x şi y) şi, de aceea, schimbând într-un mod adecvat originea timpului, $\left(t \to t + \frac{2\pi a n_x}{\omega\lambda}\right)$, găsim relaţia $\vec{E}_2 = \left(E_{0x}\cos(\omega t)\right)\vec{e}_x + \left(E_{0y}\cos(\omega t - \varphi_0 - \varphi)\right)\vec{e}_y$, unde $\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_y - n_x) = -\frac{2\pi}{\lambda}a\Delta n$ **..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 enunţului) şi $E_a = \frac{U_0}{h}$, găsim imediat că $U_0 = \frac{h}{\sqrt{2aK}} = 1{,}18 kV$. **..0,25 + 0,25 = 0,5 puncte**

2). În ansamblu ....6 puncte

Lumina incidentă fiind naturală (adică „polarizată în toate azimuturile”), legea lui Malus, mediată 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 oscilaţiile pe direcţia de transmisie a polarizorului P, cu amplitudinea E_0. La intrarea în cuvă, componentele pe axele x şi y ale câmpului electric al undei sunt în fază şi sunt egale. Avem câmpul $\vec{E}_{in} = \frac{E_0}{\sqrt{2}}\left[\vec{e}_x\cos(\omega t) + \vec{e}_y\cos(\omega t)\right]$**.....................................0,75 puncte**

La ieşirea din cuvă câmpul electric al undei are forma

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

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

În expresia de mai sus a lui $\vec{E}_{out}$ putem face acelaşi gen de schimbare a originii timpului. Obţinem $\vec{E}_{out} = \frac{E_0}{\sqrt{2}}\left[\vec{e}_x \cos(\omega t) + \vec{e}_y \cos(\omega t - \varphi)\right]$. ....**0,5 puncte**

Cum unghiurile implicate în evaluarea produselor scalare $\vec{e}_x.\vec{e}_A$ şi $\vec{e}_y.\vec{e}_A$ sunt $\theta_x = 45^0$ şi $\theta_y = 135^0$ obţinem $\vec{E}_{emerg} = \frac{E_0}{2}\left[\cos(\omega t) - \cos(\omega t - \varphi)\right]\vec{e}_A = \left(\frac{E_0}{2}\right)\left[2\sin\left(\omega t - \frac{\varphi}{2}\right)\sin\left(-\frac{\varphi}{2}\right)\right]\vec{e}_A$,

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 proporţională cu pătratul amplitudinii undei emergente, identificată sub forma $\left[E_0 \sin\left(\frac{\pi a}{\lambda}\Delta n\right)\right]$, rezultă imediat proporţionalitatea $I \propto E_0^2 \sin^2\left(\frac{\pi}{2}\left(\frac{U}{U_0}\right)^2\right)$. 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 relaţia dintre I şi U nu este una liniară (sau de direct proporţionalitate), 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, Călimaneşti, jud. Vâlcea.