

## Examen parțial 16.03.2017

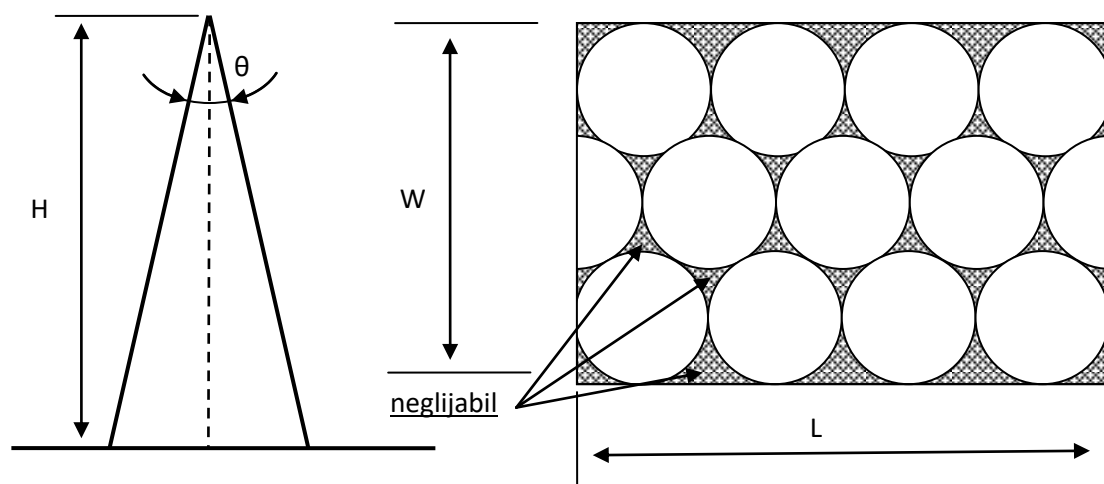
### Bilet de examen nr. 1

1. (4p) Într-un material cu indicele de refracție  $n_1 = 3.75$  se interpune un strat de material (2) cu  $\epsilon_{r2} = 5.20$  pentru a realiza o oglindă parțial reflectantă la realizarea unui LASER cu  $\lambda_0 = 950\text{nm}$ . Înălțimea stratului (2) este aleasă pentru reflectivitate maximă la incidență normală.

- Care este înălțimea cea mai mică a stratului (2) pentru a obține acest efect? (2p)
- Ce procent din puterea incidentă este întoarsă în materialul (1)? (1p)
- O radiație care sosește cu înclinarea de  $41.2^\circ$  față de normala la suprafața de separație, va trece din mediul (1) în mediul (2)? (1p)

2. (6p) O instalație de iluminare de urgență este realizată cu LED-uri care emit lungimea de undă dominantă  $\lambda_0 = 520\text{nm}$  sub un con cu unghi la vârf de  $8.9^\circ$  (emisie presupusă uniformă în acest con). LED-urile sunt montate în tavanul unei încăperi înaltă de  $2.8\text{m}$  și cu o suprafață de  $36.5\text{m}^2$  și trebuie să asigure o iluminare de  $0.95\text{lx}$  la nivelul podelei. Calculați:

- Numărul de surse distincte necesare pentru a ilumina întreaga încăpere (1p)
- Puterea optică necesară a fi emisă de fiecare sursă (1p)
- Puterea optică totală necesară pentru iluminarea încăperii (1p)
- Dacă un LED poate emite o putere maximă de  $10\text{mW}$ , calculați numărul total de LED-uri necesar (0.5p)
- Considerând că se dorește păstrarea aceluiași nivel de iluminare de  $0.95\text{lx}$  după o perioadă de 10 minute în care ochiul uman se adaptează la întuneric, cu cât trebuie să scadă/crească puterea emisă (2.5p)



### Rezolvări

1. a) Stratul din materialul (2) interpus în materialul (1) creează o lamelă dielectrică (C2/S48). Maxime de reflectivitate de pe această lamelă se obțin când înălțimea lamelei este multiplu de jumătate din lungimea de undă. Cea mai mică înălțime va fi  $h = 1/2 \cdot \lambda_2$

Materialul (2) are  $\epsilon_{r2}$ , ca urmare  $n_2 = \sqrt{\epsilon_{r2}} = 2.28$ ,  $\lambda_2 = \lambda_0 / n_2 = 416.6 \text{ nm}$ ,  $h = 208.3 \text{ nm}$

b) Coeficientul de reflexie (amplitudine câmp)  $\Gamma = (n_1 - n_2) / (n_1 + n_2) = 0.164$ , maxim de reflectivitate se obține când câmpurile generate de prima reflexie și a doua sunt în fază, coeficientul de reflexie în putere  $r = (2 \cdot \Gamma)^2 = 0.1079 = 10.79\%$

c) La tranziția din materialul (1) în materialul (2) se trece de la un material mai dens optic la unul mai puțin dens, poate apărea fenomenul de reflexie totală.

Unghiul critic (C2/S53)  $\phi_c = \arcsin(n_2/n_1) = 37.45^\circ$ . Unghiul de incidență  $\phi = 41.2^\circ > \phi_c$  deci lumina **nu va** trece din mediul (1) în mediul (2), reflectându-se în totalitate.

2. a) Conform schiței, un număr de LED-uri grupate într-o sursă individuală, amplasate pe tavan, creează o pată luminoasă pe podea de formă circulară, corespunzătoare unghiului de deschidere la vârf al conului,  $\theta = 8.9^\circ$ . Raza acestui cerc rezultă geometric:  $r/H = \tan(\theta/2)$ ,  $r = 0.218\text{m}$

Suprafața acestui cerc este  $S_C = \pi \cdot r^2 = 0.149\text{m}^2$ , și dacă, conform schiței 2 neglijăm suprafețele dintre diversele cercuri, numărul de surse rezultă din suprafața totală de acoperit și suprafața acoperită de o sursă:  $N_S = S/S_C = 36.5\text{m}^2/0.149\text{m}^2 = 245$  (rotunjit la întregul superior)

Observații (fără notare):

- amplasarea optimă a surselor de lumină este sub forma unei rețele/grilaj de triunghiuri echilaterale cu latura  $2 \cdot r = 0.436\text{m}$
- eroarea rezultată la neglijarea suprafeței dintre cercuri e de 9.31% (demonstrație ?)

b) Dacă emisia este uniformă în interiorul conului, integrala fluxului energetic în interiorul unghiului solid al conului deci fluxul energetic total este egal cu puterea optică emisă de o sursă. Fluxul luminos corespunzător acestui flux energetic depinde de sensibilitatea luminoasă  $V_\lambda$ . Pentru  $\lambda_0 = 520\text{nm}$  din grafic (CIE 2008)  $V_\lambda = 0.7181$ ,  $K_m = 683\text{lm/W}$

$E_v = \Phi_v / S_C = K_m \cdot V_\lambda \cdot \Phi_e / S_C = K_m \cdot V_\lambda \cdot P_O / S_C$  deci puterea optică a unei surse necesară:

$$P_O = E_v \cdot S_C / K_m / V_\lambda = 0.951\text{x} \cdot 0.149\text{m}^2 / 683\text{lm/W} / 0.7181 = 0.289\text{mW}$$

c) Puterea optică totală necesară  $P_{\text{tot}} = N_S \cdot P_O = 70.8\text{mW}$

d) Puterea optică necesară pentru o sursă e mai mică decât 10mW, deci o sursă este realizată cu 1 LED

$$N_{\text{LED}} = N_S = 245$$

e) După intervalul de timp (real) de ~10 minute de adaptare la vederea de noapte se modifică:

- sensibilitatea luminoasă, pentru  $\lambda_0 = 520\text{nm}$  din grafic (CIE 1951)  $V'_\lambda = 0.935$
- eficiența luminoasă maximă  $K'_m = 1700\text{lm/W}$

Puterea optică necesară pentru o sursă:  $P'_O = E_v \cdot S_C / K'_m / V'_\lambda = 0.951\text{x} \cdot 0.149\text{m}^2 / 1700\text{lm/W} / 0.935 = 0.089\text{mW} < P_O = 0.289\text{mW}$  deci puterea emisă trebuie **scăzută**.