

# Control de Comunicacions Òptiques

Grup 10 - 30 de març de 2005

Temps : 1h

Nom:

## TEST (6 punts)

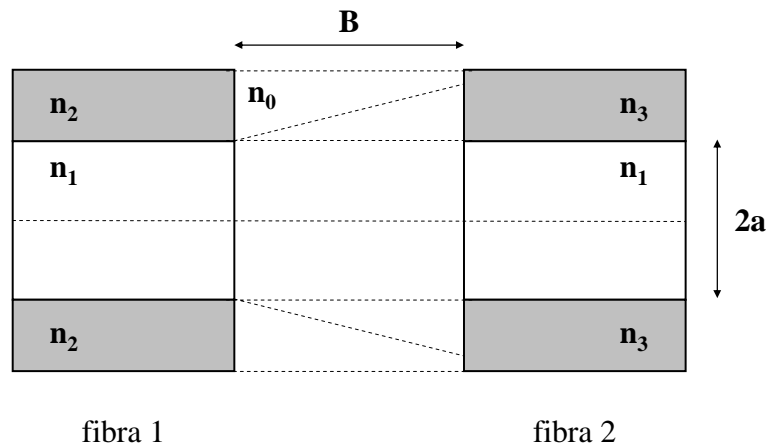
Marqueu la resposta correcta. Cada resposta correcta suma 0,4 punts mentre que cada resposta errònia resta 0,1 punts.

1. En una fibra òptica s'ha de complir que:
  - a. L'índex de refracció del nucli ha de ser més petit que el del revestiment
  - b. L'índex de refracció del nucli ha de ser igual que el del revestiment
  - c. **L'índex de refracció del nucli ha de ser més gran que el del revestiment**
  - d. Cap de les anteriors
2. Els rajos que provenen de l'exterior, només compliran reflexió interna total quan l'angle d'incidència (respecte la normal a la superfície de separació) sigui:
  - a. Inferior a l'angle crític
  - b. Superior a l'angle crític
  - c. **Inferior a l'angle d'acceptació**
  - d. Superior a l'angle d'acceptació
3. De l'obertura numèrica d'una fibra òptica podem dir que:
  - a. **Com més gran és, major és l'angle d'acceptació**
  - b. Com més petita és, major és l'angle d'acceptació
  - c. Ens interessa que sigui com més gran millor
  - d. Les respostes a i c són certes
4. De la freqüència normalitzada d'una fibra òptica, podem dir que:
  - a. Com més gran, major concentració d'energia del mode fonamental dins del nucli
  - b. Com més gran, major número de modes de propagació
  - c. És proporcional al diàmetre del nucli
  - d. **Totes són certes**
5. Una fibra òptica que té un diàmetre del nucli de 9 micres i una obertura numèrica del 12%, podem dir que:
  - a. **És monomode a tercera finestra però no a segona finestra**
  - b. És monomode a segona finestra però no a tercera finestra
  - c. És monomode a tercera finestra i a segona finestra
  - d. No és monomode ni a tercera finestra ni a segona finestra
6. L'atenuació d'una fibra òptica monomode estàndard és de:
  - a. 0.2 dB/km a segona finestra
  - b. 0.2 dB/m a segona finestra
  - c. **0.2 dB/km a tercera finestra**
  - d. 0.2 dB/m a tercera finestra
7. La corba d'atenuació d'una fibra òptica monomode estàndard ve dominada per:
  - a. L'absorció ultraviolada i l'scatering de Mie
  - b. L'absorció infraroja i l'scatering de Mie
  - c. L'absorció ultraviolada i l'scatering de Rayleigh
  - d. **L'absorció infraroja i l'scatering de Rayleigh**

8. Referent a la dispersió en fibres òptiques podem dir que:
  - a. En fibres multimode acostuma a dominar la dispersió intermodal
  - b. En fibres monomode acostuma a dominar la dispersió del material
  - c. La dispersió guia-ona acostuma a ser poc rellevant en la dispersió cromàtica
  - d. **Totes són certes**
  
9. Una fibra òptica té un paràmetre de dispersió intermodal de 10 ns/km, quan val l'angle d'acceptació si  $n_1=1.5$ ?:
  - a. **6°**
  - b. 0,6°
  - c. 12°
  - d. 1,2°
  
10. El paràmetre de dispersió d'una fibra òptica monomode estàndard és de:
  - a. 16 ps/nm a segona finestra
  - b. 16 ps/nm/km a segona finestra
  - c. 16 ps/nm a tercera finestra
  - d. **16 ps/nm/km a tercera finestra**
  
11. De l'amplada de banda d'una fibra òptica podem dir que:
  - a. És proporcional al paràmetre de dispersió i inversament proporcional a la distància
  - b. **És inversament proporcional al paràmetre de dispersió i inversament proporcional a la distància**
  - c. És proporcional al paràmetre de dispersió i proporcional a la distància
  - d. És inversament proporcional al paràmetre de dispersió i proporcional a la distància
  
12. En un enllaç de fibra òptica podem dir que:
  - a. **L'ample de banda òptic és més gran que l'elèctric**
  - b. L'ample de banda òptic és més petit que l'elèctric
  - c. L'ample de banda òptic és igual que l'elèctric
  - d. Cap de les anteriors
  
13. En una fibra òptica multimode de salt d'índex es redueix a la meitat la diferència relativa d'índexs de refracció, què succeeix amb el nombre de modes si l'índex de refracció del nucli es manté constant?:
  - a. Es duplica
  - b. **Es redueix a la meitat**
  - c. Es multiplica per 4
  - d. Es divideix per 4
  
14. Una fibra òptica presenta una dispersió modal de 20ps/km i un coeficient de dispersió intramodal de 10 ps/km/nm. Si la font òptica té una amplada espectral  $\Delta\lambda=1\text{nm}$ , la longitud màxima de l'enllaç per a poder transmetre un senyal NRZ de 500 Mb/s
  - a. **47.4 Km**
  - b. 4.74 Km
  - c. 23.7 Km
  - d. 2.37 Km
  
15. L'atenuació intrínseca al fet d'unir dues fibres amb diàmetres del nucli diferents és:
  - a.  $10\log(d_1/d_2)$  quan el sentit de propagació és  $d_1 \rightarrow d_2$  i  $d_1 < d_2$
  - b.  $20\log(d_1/d_2)$  quan el sentit de propagació és  $d_1 \rightarrow d_2$  i  $d_1 < d_2$
  - c.  $10\log(d_1/d_2)$  quan el sentit de propagació és  $d_1 \rightarrow d_2$  i  $d_1 > d_2$
  - d.  **$20\log(d_1/d_2)$  quan el sentit de propagació és  $d_1 \rightarrow d_2$  i  $d_1 > d_2$**

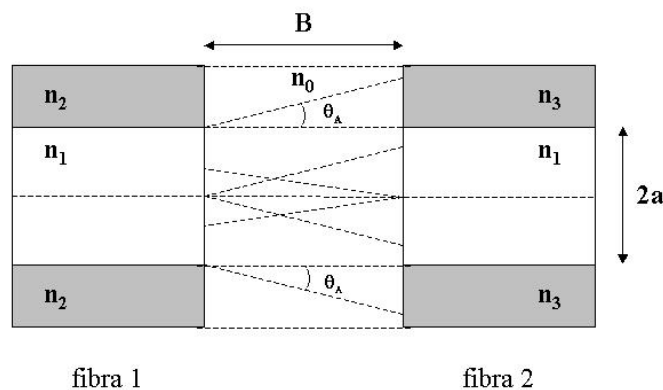
### PROBLEMA (4 punts)

Deduïu les pèrdues existents en la unió entre dues fibres (vegeu la figura) sabent que estan separades una distància  $B$  i que presenten diferents índexs de refracció del revestiment.



### Resolució

Considerem el dibuix de la figura següent:



On  $\theta_A$  és l'angle d'acceptació de la fibra 1. Les pèrdues en la transició d'una fibra cap a l'altra es poden dividir en tres contribucions: Primer tindrem pèrdues per reflexió en els canvis de medi, també tindrem desadaptació d'obertures numèriques i finalment tindrem llum que caurà fora del nucli de la segona fibra.

Pèrdues Totals = Reflexió + Confinament + Desadaptació

Reflexió (dues cares): Venen donades per la diferència d'índexs de refracció dels dos medis (fibra-aire i aire-fibra).

$$L_{dB} \equiv 2 \cdot 10 \log(1 - R) = 20 \log \left( 1 - \left( \frac{n_1 - n_0}{n_1 + n_0} \right)^2 \right)$$

Confinament (part de la llum que s'escapa): Aquí suposarem que l'emissió de llum per part de la primera fibra és uniforme i que la projecció de la mateixa també ho és. En aquest cas, les pèrdues per confinament es poden aproximar per la relació d'àrees existent entre la projecció lluminosa i el nucli de la segona fibra.

$$L \equiv \frac{\text{Sup}_{\text{Nucli}}}{\text{Sup}_{\text{Rad}}} = \left( \frac{\text{Radi}_{\text{Nucli}}}{\text{Radi}_{\text{Rad}}} \right)^2 = \left( \frac{a}{a + B \text{tg}(\theta_A)} \right)^2 \approx \left( \frac{a}{a + B \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_0}} \right)^2$$

$$\text{tg} \theta_A \approx \sin \theta_A = \frac{NA}{n_0} = \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_0}$$

$$L_{\text{dB}} \equiv 20 \log \left( \frac{a}{a + B \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_0}} \right)$$

Desadaptació: El fet de tenir diferents índexs de refracció en el revestiment suposa una desadaptació en l'obertura numèrica de les fibres i, consegüentment de l'angle d'acceptació. En aquest cas les pèrdues es poden calcular com una relació entre angles sòlids,

$$L = \frac{\Omega_1}{\Omega_2} = \frac{2\pi \int_0^{\theta_{a,1}} \sin \theta \partial \theta}{2\pi \int_0^{\theta_{a,2}} \sin \theta \partial \theta} = \frac{(1 - \cos \theta_{a,1})}{(1 - \cos \theta_{a,2})} \approx \frac{\sin^2 \theta_{a,1}}{\sin^2 \theta_{a,2}} = \frac{NA_1^2}{NA_2^2}$$

$$\cos \theta_a = \sqrt{1 - \sin^2 \theta_a} \approx 1 - \frac{\sin^2 \theta_a}{2}$$

$$n_0 \sin \theta_a = NA$$

$$L_{\text{dB}} = 10 \log \left( \frac{NA_2^2}{NA_1^2} \right) = 10 \log \left( \frac{n_1^2 - n_3^2}{n_1^2 - n_2^2} \right)$$

$$n_3 \geq n_2 \rightarrow L_{\text{dB}} = 10 \log \left( \frac{n_1^2 - n_3^2}{n_1^2 - n_2^2} \right)$$

$$n_3 \leq n_2 \rightarrow L_{\text{dB}} = 0 \text{ dB}$$

Només tindrem pèrdues per aquest concepte si és la primera fibra la que presenta una obertura numèrica superior.

Finalment:

$$n_3 \geq n_2 \rightarrow L_{\text{dB}} = 20 \log \left( 1 - \left( \frac{n_1 - n_0}{n_1 + n_0} \right)^2 \right) + 10 \log \left( \frac{n_1^2 - n_3^2}{n_1^2 - n_2^2} \right) + 20 \log \left( \frac{a}{a + B \sqrt{n_1^2 - n_2^2} / n_0} \right)$$

$$n_3 \leq n_2 \rightarrow L_{\text{dB}} = 20 \log \left( 1 - \left( \frac{n_1 - n_0}{n_1 + n_0} \right)^2 \right) + 20 \log \left( \frac{a}{a + B \sqrt{n_1^2 - n_2^2} / n_0} \right)$$