

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E ENGENHARIAS
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO E ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

Disciplina: ENCO01083 – Comunicações Ópticas

Turma: ENCO-2018

Prof: Cindy Fernandes

Discente: _____

Data: ____/____/____

1ª Avaliação – 10,0 pts.

Orientações:

- A prova é individual;
- Não é permitido consulta na hora da prova;
- Não é permitido o uso da calculadora do celular;
- A prova deve ser feita a caneta;
- As respostas da prova devem ser entregues na folha de respostas fornecida pela professora.

1) (0,5 Ponto) A respeito das fibras ópticas, marque abaixo a(s) afirmação(ões) correta(s):

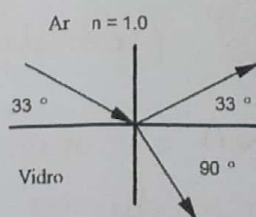
- a) O índice de refração do núcleo da fibra é maior que o índice da casca. **CORRETO**
- b) Existem dois tipos de fibra óptica de sílica, mais comumente classificados como fibra monomodo e fibra multimodo. Ambas possuem perfil de índice de refração degrau e gradual. **INCORRETO**
- c) A fibra multimodo permite uma transmissão mais rápida (maior taxa em bps) e menor perda na propagação do que a monomodo. **INCORRETO**
- d) As fibras ópticas funcionam baseadas no princípio da reflexão total da luz, e os ângulos de entrada dos raios de luz na fibra são sempre maiores que o ângulo limite. **CORRETO**

2) (3,0 Pontos) Considere uma fibra multimodo de núcleo com índice de refração de 1,480 e uma diferença de índice núcleo-casca de 2% ($\Delta = 0,020$). Encontre:

- a) A abertura numérica
- b) O ângulo de aceitação
- c) O ângulo crítico

3) (3,0 Pontos) Encontre o raio do núcleo necessário para um único modo de operação em 1.320nm de uma fibra de índice-degrau com $n_1 = 1,480$ e $n_2 = 1,478$. Quais são a abertura numérica e o ângulo de aceitação da fibra. (Considere o valor de V para uma operação monomodo, $V \leq 2,40$)

4) (2,0 Pontos) A luz que viaja no ar atinge uma chapa de vidro em um ângulo $\theta_1 = 33^\circ$, em que θ_1 é medido entre o raio incidente e a superfície do vidro. Ao colidir com o vidro, uma parte do feixe é refletida e a outra parte é refratada. Se os feixes refratados e refletidos fizerem um ângulo de 90° um com o outro, qual é o índice de refração do vidro? Qual é o ângulo crítico para esse vidro?



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E ENGENHARIAS
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO E ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

- 5) (1,5 Pontos) Uma fibra multimodo de índice-degrau com uma abertura numérica de 0,20, suporta aproximadamente 1.000 modos em um comprimento de onda de 850 nm.
- Qual é o diâmetro do seu núcleo?
 - Quantos modos a fibra suporta em 1.320 nm?
 - Quantos modos a fibra suporta em 1.550 nm?

BOA PROVA!

RESOLVENDO

② $n_1 = 1,480$

diferença núcleo casca 2% ($\Delta = 0,020$)

Usando a Eq. 5 do formulário:

A partir de $n_2 = n_1 (1 - \Delta)$

$$n_2 = 1,480 (1 - 0,020)$$

$$n_2 = 1,480 (0,98)$$

$$\boxed{n_2 = 1,4504}$$

a) $NA = n_1 \sqrt{2\Delta}$

Usando a Eq. 6 do formulário

$$NA = 1,480 \sqrt{2 \cdot 0,02} = 1,480 \cdot (0,04)^{1/2} = 0,296$$

b) ângulo de aceitação (considerando ar, $n = 1,00$)

$$\theta_A = n \sin^{-1} NA = \sin^{-1} 0,296 = 17,2^\circ$$

Usando eq. 4 do formulário

c) ângulo crítico p/ interface núcleo - casca

$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1} = \sin^{-1} \frac{1,4504}{1,480} = \sin^{-1} 0,98 \approx 78,52^\circ$$

FORMULÁRIO

①	$\lambda = \frac{c}{f}; c \cong 3 \times 10^8 \text{ m/s no vácuo}$
②	$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$
③	$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$
④	$AN \text{ ou } NA = n \sin \theta = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$
⑤	$n_2 = n_1(1 - \Delta)$
⑥	$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2}; \cong \frac{n_1 - n_2}{n_1}, \text{ para } \Delta \ll 1; NA = n_1(2\Delta)^{\frac{1}{2}}$
⑦	$V = \frac{\pi d}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$
⑧	$V = \frac{2\pi a}{\lambda} (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} = \frac{2\pi a}{\lambda} NA$
⑨	$M = \frac{V^2}{2}$

③) Encontre o raio do núcleo (a) necessário p/ operação em $1,32 \mu\text{m}$

$n_1 = 1,480$ e $n_2 = 1,478$ ($V \leq 2,4$)

a) abertura numérica

b) ângulo de aceitação da fibra

Usando Eq. 8 do formulário

$$V = \frac{2\pi a}{\lambda} (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} = \frac{2\pi a}{\lambda} NA$$

$$a = \frac{V \lambda}{2\pi} (n_1^2 - n_2^2)^{-1/2}$$

$$a = \frac{2,40 (1,320 \mu\text{m})}{2\pi [(1,480)^2 - (1,478)^2]^{1/2}} \therefore a = 6,55 \mu\text{m}$$

(3ª questão)

$$V = \frac{2\pi a}{\lambda} (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$$

$$V\lambda = 2\pi a (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$$

$$\frac{V\lambda}{2\pi} = a (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$$

$$\frac{V\lambda}{2\pi} \cdot \frac{1}{(n_1^2 - n_2^2)^{1/2}} = a$$

$$a = \frac{V\lambda}{2\pi} (n_1^2 - n_2^2)^{-1/2}$$



Cont. ④

Aplicando a lei de Snell

$$n_1 \cos \theta_1 = n_2 \cos \theta_2$$

a) onde $n_1 = 1$, $\theta_1 = 33^\circ$, e $\theta_2 = 90^\circ - 33^\circ = 57^\circ$

$$\therefore \begin{aligned} n_1 \cos \theta_1 &= n_2 \cos \theta_2 \\ n_2 &= \frac{\cos \theta_1}{\cos \theta_2} \cdot n_1 \end{aligned}$$

$$n_2 = \frac{\cos 33^\circ}{\cos 57^\circ} \cdot 1$$

$$n_2 \approx 0,83867$$

$$0,54463$$

$$\boxed{n_2 \approx 1,540}$$

b) O ângulo crítico é encontrado ~~para~~
para esse vidro

$$n_{\text{ar}} \sin \phi_{\text{ar}} = n_{\text{vidro}} \sin \phi_{\text{vidro}}$$

considerando
 $\phi_{\text{ar}} = 90^\circ$

$$1 \cdot \sin 90^\circ = 1,540 \cdot \sin \phi_{\text{vidro}}$$

$$1 \cdot 1 = 1,540 \cdot \sin \phi_{\text{vidro}}$$

$$n_{\text{ar}} = 1$$

$$\frac{1}{1,540} = \sin \phi_{\text{vidro}}$$

$$\phi_{\text{vidro}} = \sin^{-1} \frac{1}{1,540}$$

$$\begin{aligned} \phi_{\text{vidro}} (\text{ângulo crítico}) &\approx 40,49^\circ \\ \phi_c &\approx 40,5^\circ \end{aligned}$$

$$n_{\text{vidro}} \sin \phi_{\text{vidro}} = n_{\text{ar}} \sin \phi_{\text{ar}}$$

$$n_{\text{vidro}} \sin \phi_{\text{vidro}} = \underline{1,0 \cdot \sin 90^\circ}$$

$$\phi_c = \sin^{-1} \frac{1}{n_{\text{vidro}}}$$

$$n_{\text{ar}} \sin \phi_{\text{ar}} = n_{\text{vidro}} \sin \phi_{\text{vidro}}$$

$$1 \cdot \sin 90^\circ = 1,540 \cdot \sin \phi_{\text{vidro}}$$

$$\frac{1}{1,540} = \sin \phi_{\text{vidro}}$$

$$\phi_{\text{vidro}}(\text{crítico}) = \sin^{-1} \frac{1}{1,540}$$

5ª questão

$$M = \frac{2\pi^2 a^2 \cdot (n_1^2 - n_2^2)}{\lambda^2}$$

$$M \cdot \lambda^2 = 2\pi^2 \cdot a^2 (n_1^2 - n_2^2)$$

$$\frac{M \cdot \lambda^2}{2\pi^2} = a^2 \cdot (n_1^2 - n_2^2)$$

$$\frac{M \cdot \lambda^2}{2\pi^2} \cdot \frac{1}{(n_1^2 - n_2^2)} = a^2$$

$$a = \sqrt{\frac{M \cdot \lambda^2}{2\pi^2} \cdot \frac{1}{NA}}$$

$$a = \left(\frac{M}{2\pi}\right)^{1/2} \cdot \frac{\lambda}{NA}$$

$$a = \left(\frac{M}{2}\right)^{1/2} \cdot \frac{\lambda}{NA \cdot \pi}$$

$$⑤ \quad NA = 0,20$$

$$M = 1000 \text{ modos} ; \lambda = 0,85 \mu\text{m}$$

a) Qual o diâmetro do núcleo

$$M = \frac{V^2}{2}$$

$$M \approx \frac{2\pi^2 a^2 (n_1^2 - n_2^2)}{\lambda^2} = \frac{2\pi^2 a^2 (NA)^2}{\lambda^2}$$

$$a = \left(\frac{M}{2} \right)^{1/2} \cdot \frac{\lambda}{NA \cdot \pi}$$

$$a = \left(\frac{1000}{2} \right)^{1/2} \cdot \frac{0,85 \mu\text{m}}{0,2 \pi} \approx \sqrt{500} \times 1,3528$$

$$\approx 22,3606 \times 1,3528$$

$$a \approx 30,25 \mu\text{m}$$

Logo, r e raio $(a) = 30,25 \mu\text{m}$

$$d = 2a \Rightarrow d = 2 \times 30,25 \Rightarrow$$

$$d = 60,5 \mu\text{m}$$

$$b) \quad M = \frac{2\pi^2 (30,25)^2}{(1,32)^2} (0,2)^2 \approx 414 \text{ modos}$$

$$c) \quad M = \frac{2\pi^2 (30,25)^2}{(1,55)^2} (0,2)^2 \approx 300 \text{ modos}$$