

**Problema 3.01.** ()

A partir das equações básicas de campo elétrico e campo magnético

$$\vec{E} = E_0(r, \phi)e^{j(\omega t - \beta z)}$$

$$\vec{H} = H_0(r, \phi)e^{j(\omega t - \beta z)}$$

aplique o rotacional das Equações de Maxwell e obtenha seis equações para relacionar os campos  $E_r, E_\phi, E_z, H_r, H_\phi, H_z$ .

**Problema 3.02.** ()

Com as equações obtidas do exercício anterior, calcule os campos  $E_r, E_\phi, H_r, H_\phi$  em função das componentes  $E_z$  e  $H_z$ .

**Problema 3.03.** ()

Considerando os Modos Linearmente Polarizados, onde  $\Delta \ll 1$ , prove que

$$k_1^2 \approx k_2^2 \approx \beta^2$$

onde  $k_1$  é a constante de propagação do núcleo e  $k_2$  a constante de propagação da casca.

**Problema 3.04.** ()

Mostre que, para o caso de  $\Delta \ll 1$ , a abertura numérica (NA) pode ser aproximada pela equação

$$NA = (n_1^2 - n_2^2)^{\frac{1}{2}} \approx n_1 \sqrt{2\Delta}$$

**Problema 3.05.** ()

Uma fibra multimodo de abertura numérica  $NA = 0.2$ , suporta aproximadamente 1000 modos para comprimento de onda 850nm.

- Qual é o diâmetro do núcleo?
- Quantos modos essa fibra suporta em 1320nm?
- Quantos modos essa fibra suporta em 1550nm?

**Problema 3.06.** (Agrawal)

Uma fibra mono-modo com

$$n_1 - n_2 = 0.05$$

possui  $n_1 = 1.45$ . Calcule o raio do núcleo  $a$  para o caso da fibra possuir um comprimento de onda de corte de  $1\mu m$

**Problema 3.07.** ()

Considere uma fibra de  $50\mu m$  de diâmetro, índice do núcleo  $n_1 = 1,45$  e índice da casca  $n_2 = 1,49$  operando em  $\lambda = 1,31\mu m$ .

- Qual é a abertura numérica (NA) dessa fibra?
- Quantos modos essa fibra suporta?
- De quanto seria o alargamento do pulso devido à dispersão modal após ele ser transmitido 10km?

**Problema 3.08.** ()

O atraso de grupo por km de uma fibra monomodo pode ser descrita como

$$\frac{\tau(\lambda)}{L} = \frac{\tau_0}{L} + S_0 \lambda_0^2 \left( \frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda} + \ln\left(\frac{\lambda}{\lambda_0}\right) \right)$$

onde  $\lambda_0$  é o comprimento de onda com zero dispersão e  $S_0$  é a inclinação da dispersão para  $\lambda_0$ . Calcule o alargamento do pulso para o caso da fibra ser alimentada por uma fonte de largura espectral  $\sigma_\lambda$ .

**Problema 3.09.** ()

Considerando a equação relacionando o ângulo crítico  $\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$ , onde  $n_1$  é o índice de refração do núcleo e  $n_2$  da casca, prove que

$$\cos \theta_c = \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_1}$$

**Problema 3.10.** ()

Para a fibra da imagem abaixo, derive a equação transcendental.

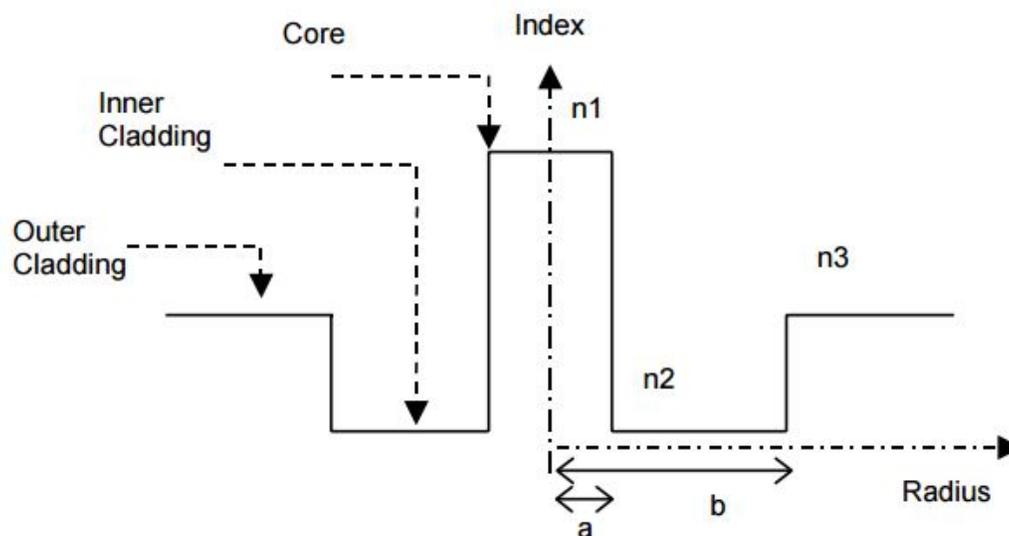


Figura 1: Fibra para o exercício 9