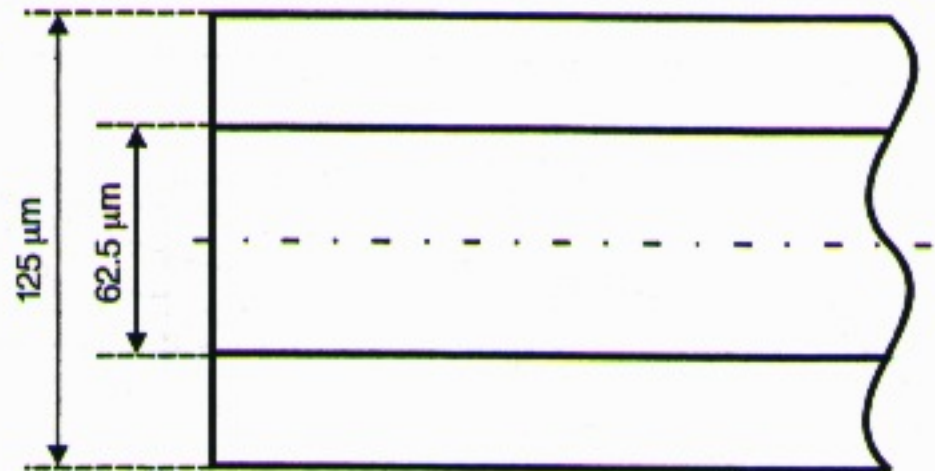
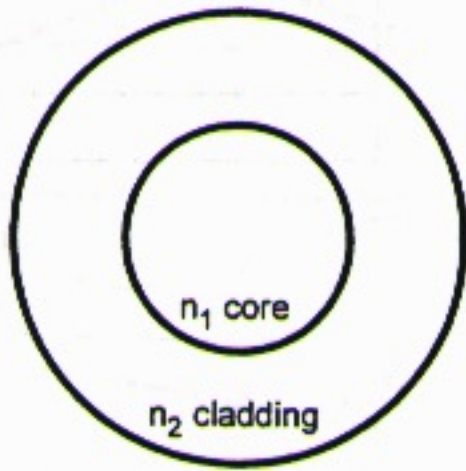
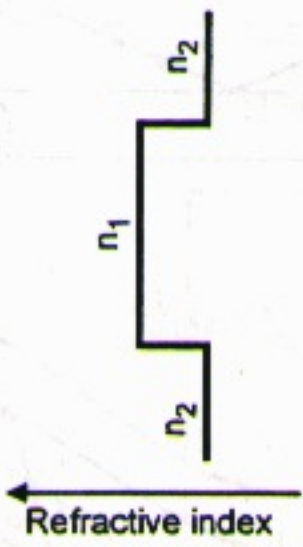
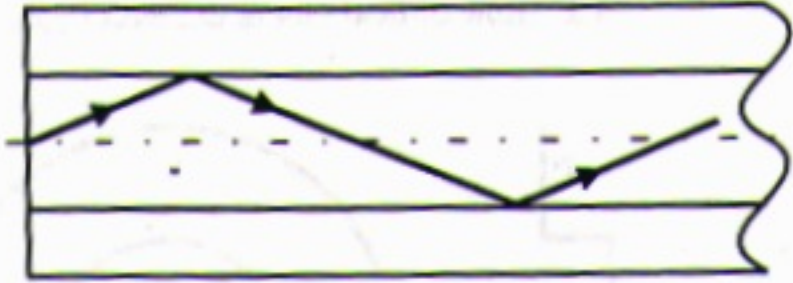


Fibra Optica





Exercitiu

Indicele de refracție al miezului este 1.48 iar indicele de refracție al tecii este 1.46. În ce condiții lumina va fi captată în interiorul miezului?

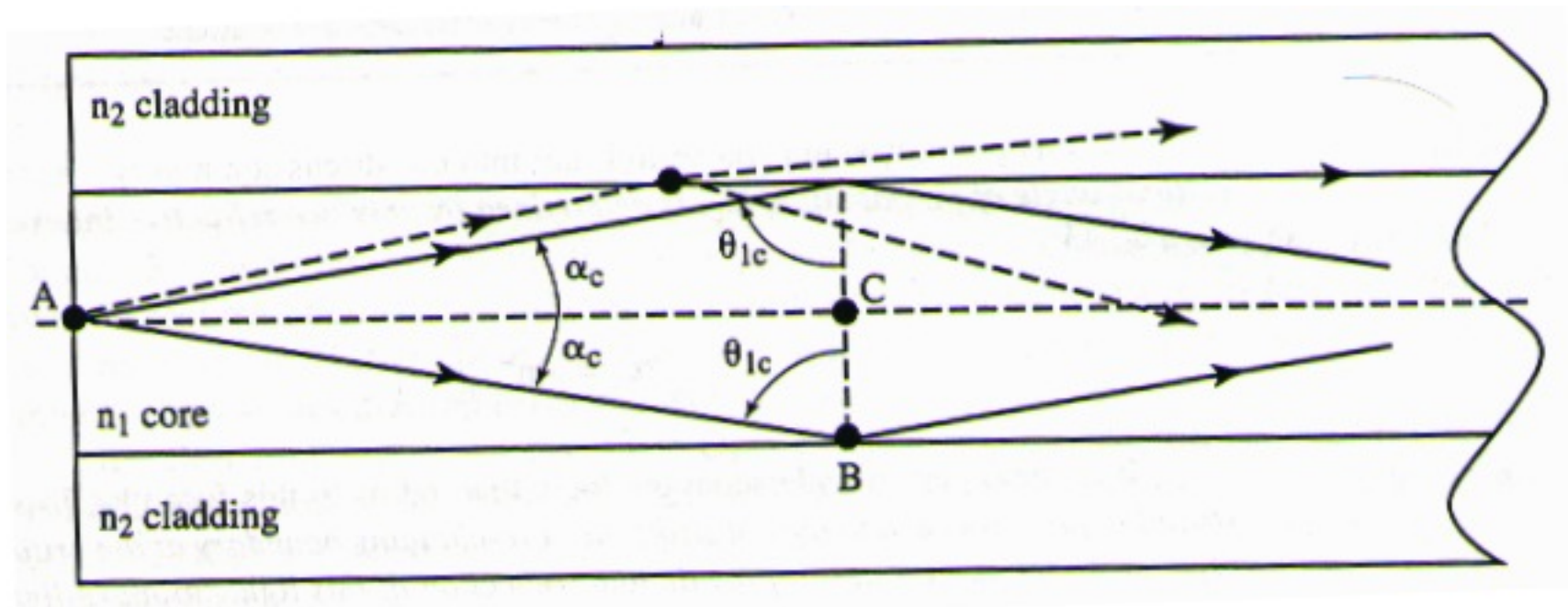
Solutie

$$\sin \Theta_{1C} = n_2 / n_1$$

$$\Theta_{1C} = \arcsin(n_2 / n_1) = \arcsin(0.9865) = 80.57^\circ$$

Unghiul critic de incidenta si unghiul critic de propagare

$$\alpha_C = \arcsin \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2}$$



Exercitiu

Indicele de refracție al miezului 1.48 este iar indicele de refracție al tecii este 1.46. Care este unghiul critic de propagare?

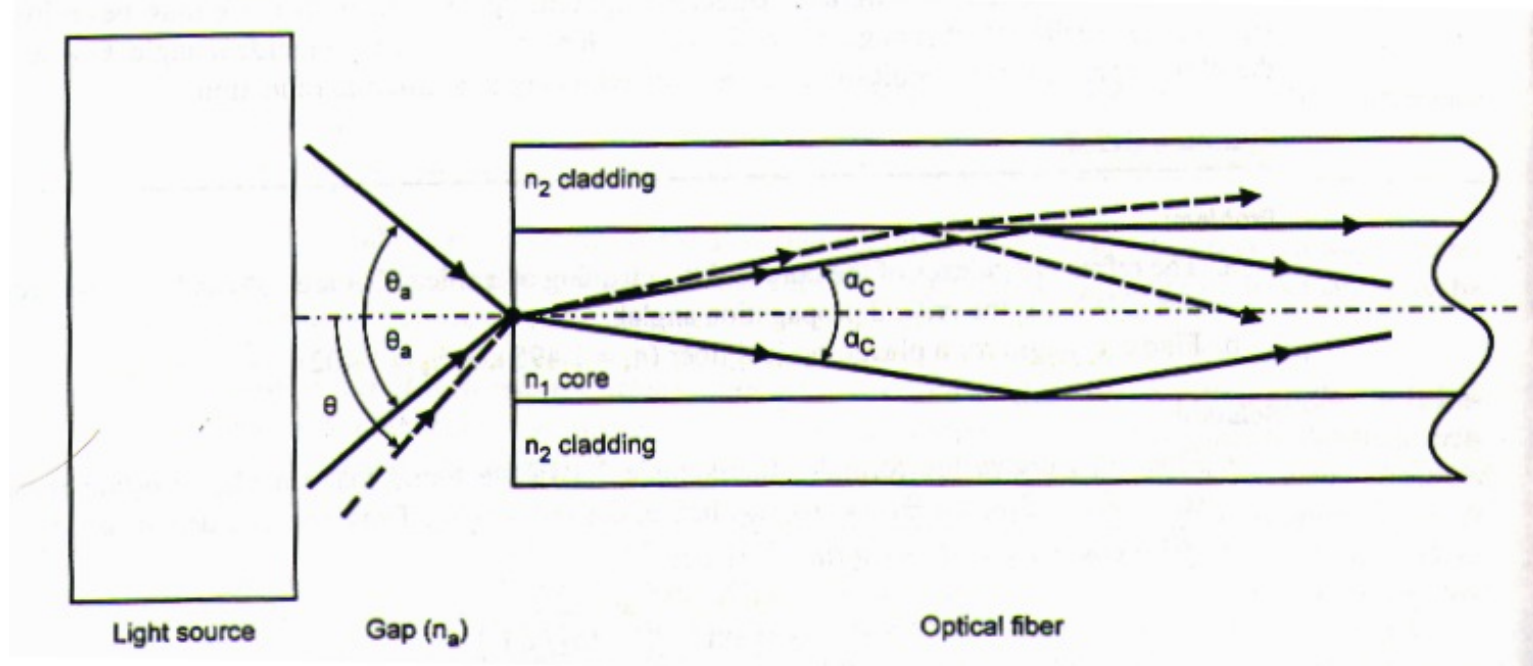
Solutie

$$\alpha_C = 90^\circ - \Theta_{1C}$$

$$\sin \Theta_{1C} = \cos \alpha_C = n_2 / n_1$$

$$\alpha_C = \arccos(1.46/1.48) = 9.43^\circ$$

Apertura numerica



$$n_a \sin \Theta_a = n_1 \sin \alpha_C$$

$$\sin \Theta_a = n_1 \sin \alpha_C$$

Exercitiu

Indicele de refracție al miezului este 1.48 iar indicele de refracție al tecii este 1.49. Care este unghiul de acceptanță al fibrei?

Solutie

$$\sin \Theta_a = 1.48 \sin 9.43^\circ = 0.2425$$

$$\Theta_a = \arcsin(0.2425) = 14.033^\circ$$

$$2\Theta_a = 28.07^\circ$$

$$\text{NA} = \sin \Theta_a$$

$$\text{NA} = \sin \Theta_a = n_1 \sin \alpha_C = n_1 \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Exercitiu

Indicele de refracție al miezului este 1.48 iar indicele de refracție al tecii este 1.46. Care este apertura numerică a fibrei?

Solutie

$$NA = \sqrt{1.48^2 - 1.46^2} = 0.2425$$

$$\Delta n = n_1 - n_2$$

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n}$$

$$n = (n_1 + n_2)/2$$

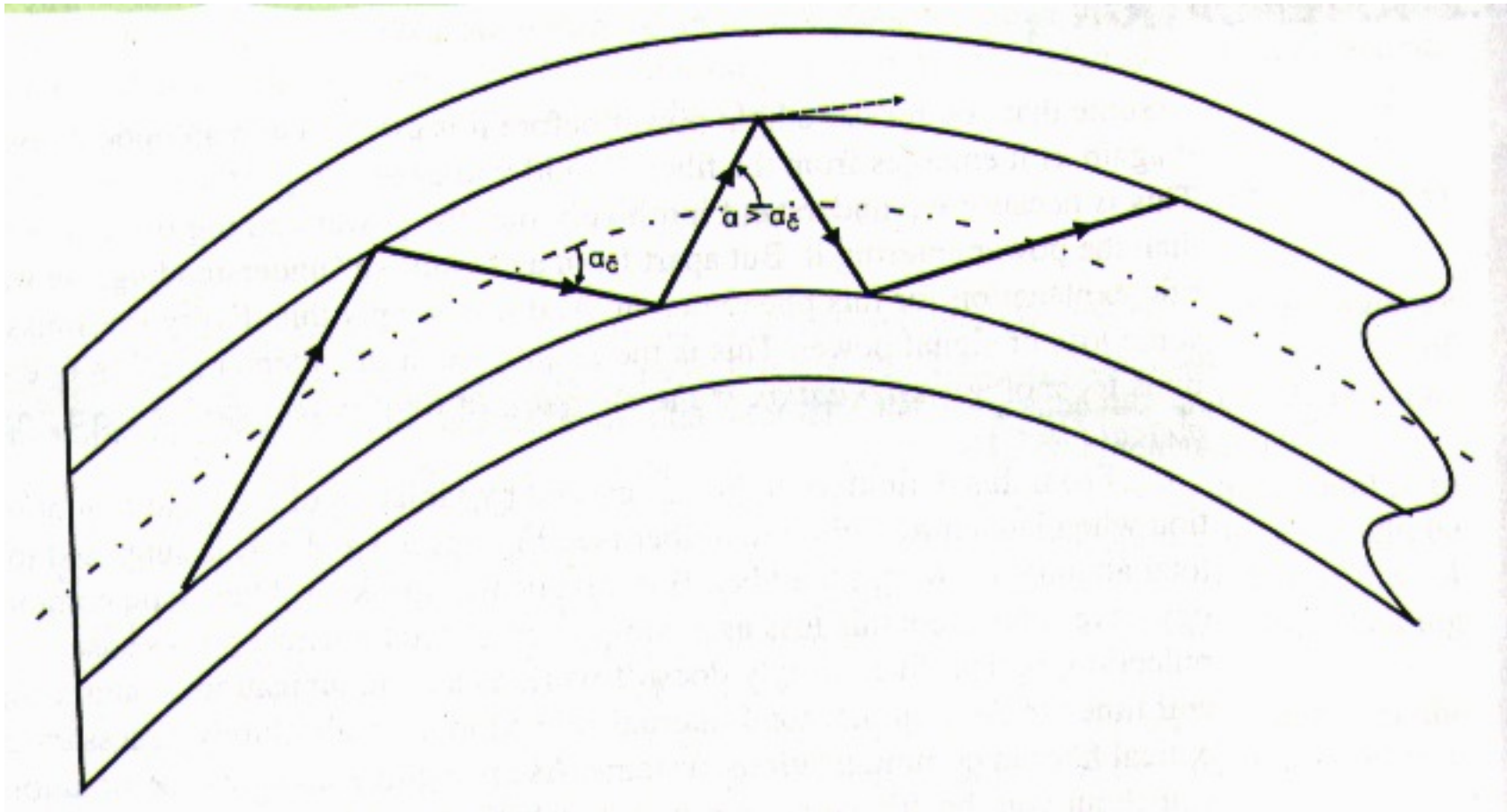
$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \sqrt{(n_1 - n_2)(n_1 + n_2)} = \sqrt{(\Delta n)(2n)} = \sqrt{(\Delta n/n)(2n)^2}$$

$$NA = n\sqrt{2\Delta}$$

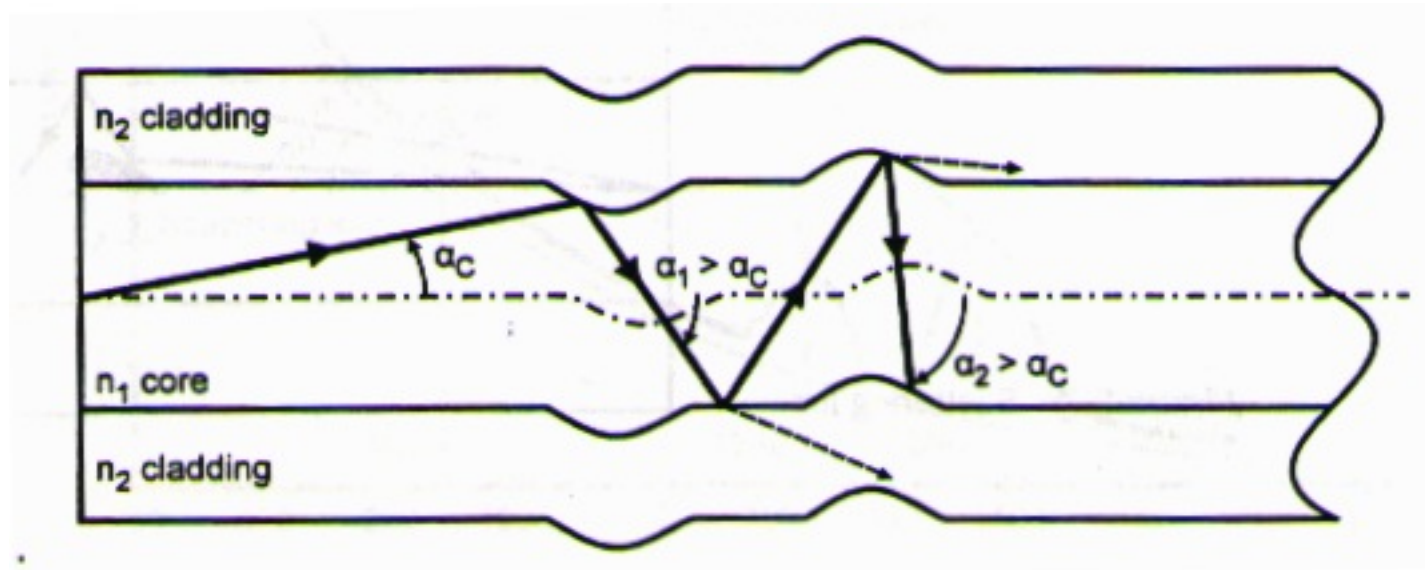
ATENUAREA

- Macrocurburi
- Microcurburi
- Imprastiere
- Absorbție

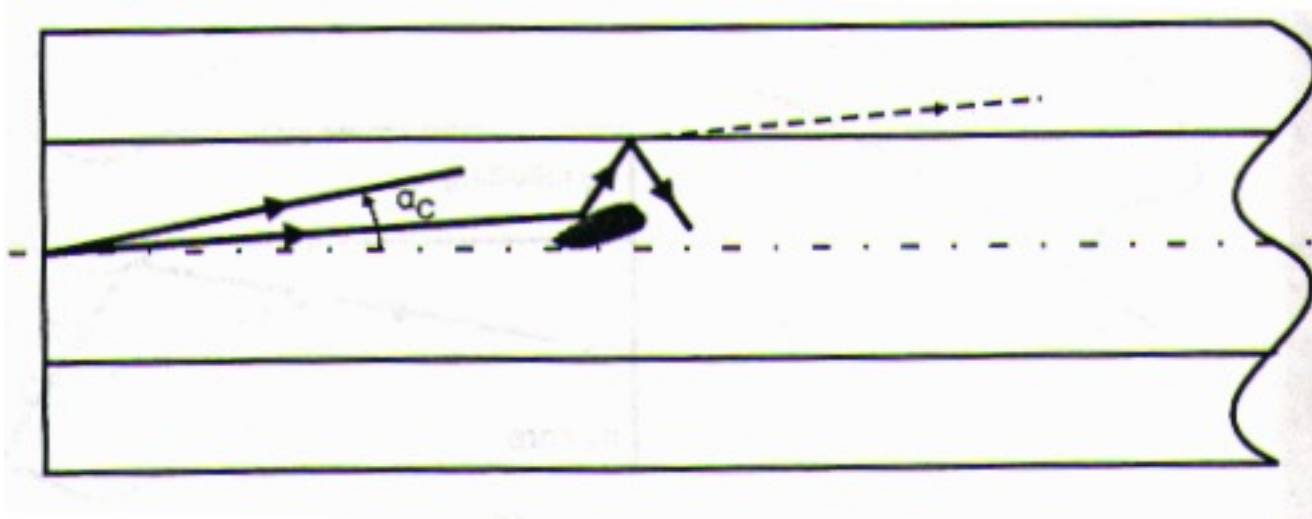
Macrocurburi



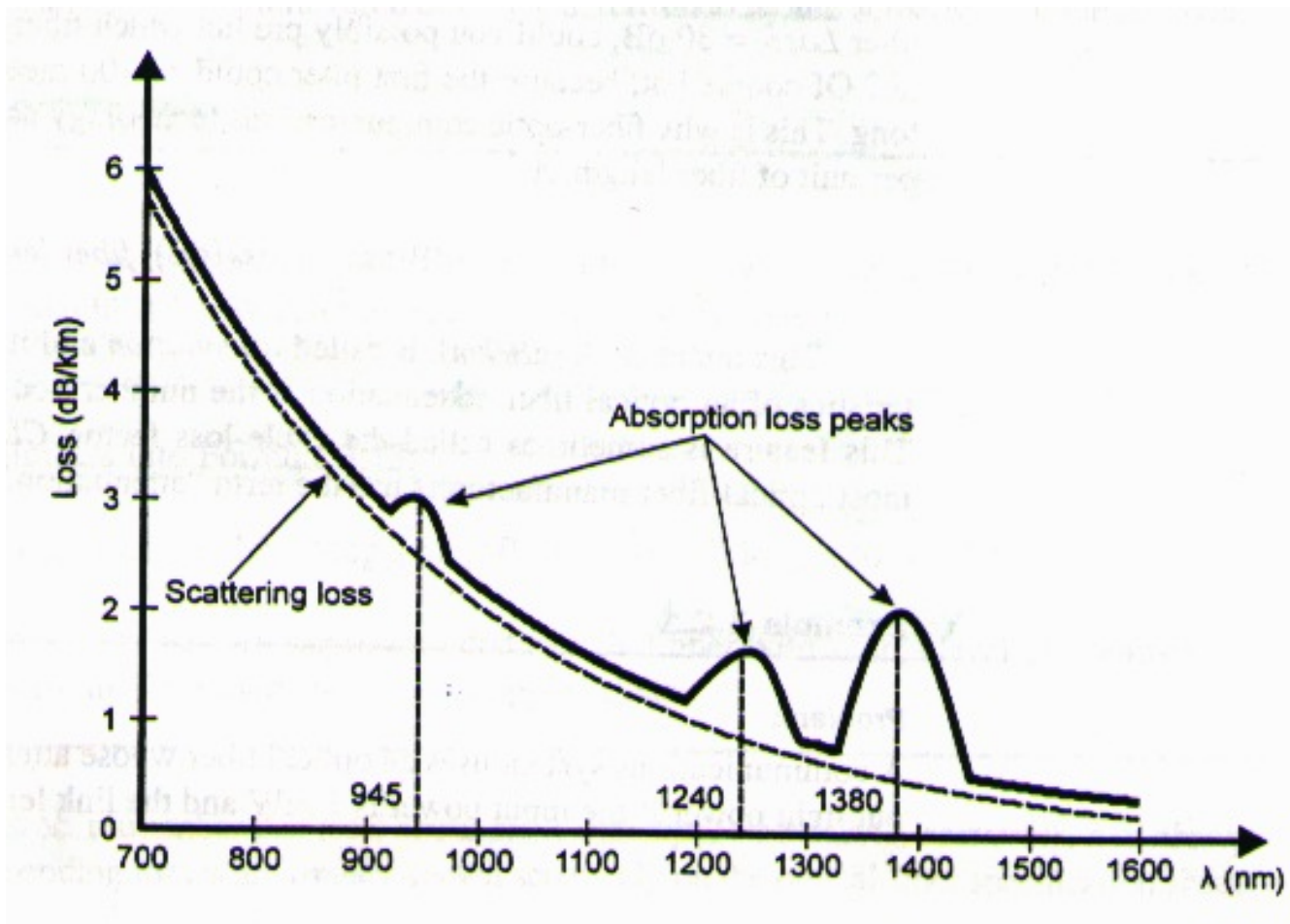
Microcurburi



Imprastiere



Absorbptie



Calculul atenuarii

$$P_{ierderi} = P_{ies} / P_{in}$$

$$P_{ierderi}(dB) = -10 \log_{10} (P_{ias} / P_{in})$$

$$A (dB/km) = P_{ierderi} (dB) / \text{lungimea fibrei (km)}$$

Exercitiu

Un sistem de comunicații utilizează o fibră optică a cărei atenuare, A , este 0.5 dB/km . Calculați puterea luminii la ieșirea fibrei dacă puterea la intrare este de 1 mW , iar lungimea legăturii este de 15 km .

Solutie

$$-A \text{ (dB/km)} = \left(10 \log \left(P_{\text{ies}} / P_{\text{in}} \right)\right) \text{ (dB)} / L \text{ (km)}$$

$$10 \log \left(P_{\text{ies}} / P_{\text{in}} \right) = \left[-A \text{ (dB/km)} \times L \text{ (km)} \right] / 10$$

$$P_{\text{ies}} / P_{\text{in}} = 10^{-AL/10}$$

$$P_{\text{ies}} = P_{\text{in}} \times 10^{-AL/10}$$

$$P_{\text{ies}} = 1\text{mW} \times 10^{-(0.5 \times 15)/10} = 1\text{mW} \times 10^{-0.75} = 1\text{mW} \times 0.178 = 0.178\text{mW}$$

$$L = (10/A) \log (P_{in} / P_{ies})$$

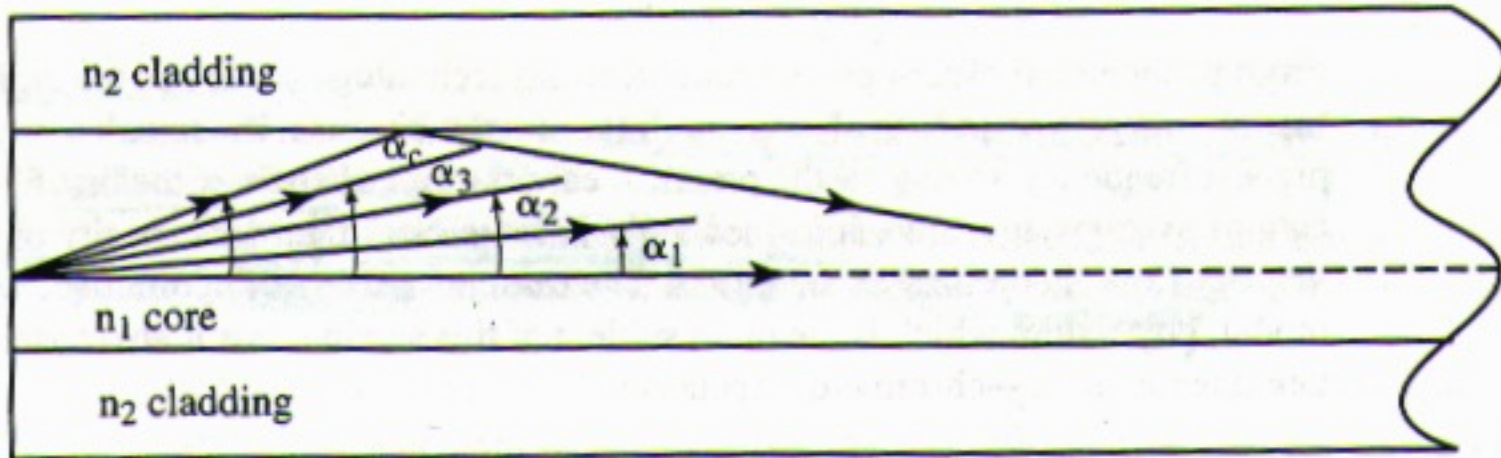
Exercitiu

Calculați distanța maximă de transmisie pentru o fibră avînd o atenuare de 0.5 dB/km, dacă puterea lansată în fibră este de 1 mW, iar sensibilitatea receptorului este de 50 μ W.

Solutie

$$L_{\max} (\text{km}) = (10/A) \log(P_{\text{in}}/P_{\text{ies}}) = (10/0.5) \log(20) = 26\text{km}$$

DISPERSIA



Numarul de moduri

$$V = \frac{\pi d}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

$$V = \frac{\pi d}{\lambda} \text{NA}$$

$$V = \frac{\pi d n}{\lambda} \sqrt{2\Delta}$$

$$n = (n_1 + n_2)/2$$

$$\Delta = (n_1 - n_2)/n$$

$$N = V^2/2$$

$$N = V^2/4$$

Exercitiu

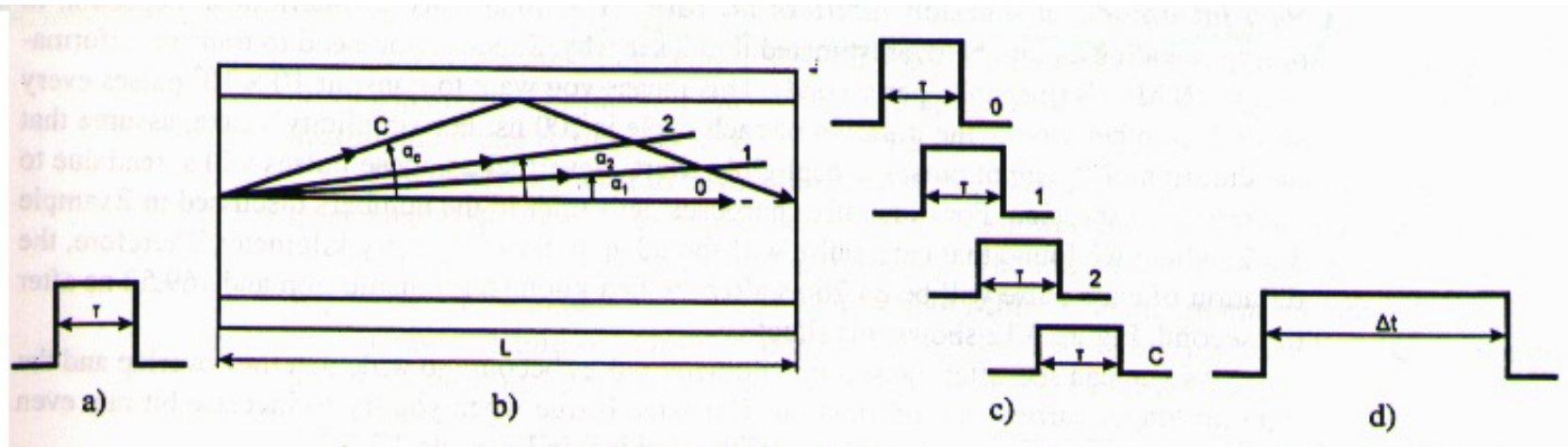
Calculați numărul de moduri dintr-o fibră cu indice gradat dacă diametrul miezului este $62.5\mu\text{m}$, apertura numerică 0.275 , iar lungimea de undă de funcționare 1300nm .

Solutie

$$V = \frac{\pi d \text{NA}}{\lambda} = \frac{(3.14 \times 62.5 \times 10^{-6} \times 0.275) \text{m}}{1300 \times 10^{-9} \text{m}} = 41.5$$

$$N = \frac{V^2}{4} = 431$$

Dispersia modala



$$t_0 = L/v$$

$$t_C = L/(v \cos \alpha_C)$$

$$\Delta t_{SI} = t_C - t_0 = \frac{Ln_1}{c} \left(\frac{n_1 - n_2}{n_2} \right)$$

$$\Delta t_{SI} = t_C - t_0 = (Ln_1/c) \Delta$$

$$\Delta t_{SI} = t_C - t_0 \approx \frac{L}{2cn_1} (NA)^2$$

Exercitiu

Care va fi lățirea unui puls de lumină după ce se propagă pe o fibră cu salt de indice, lungă de 5 km, a cărei apertură numerică este 0.275, iar $n_1=1.487$?

Solutie

$$\Delta t_{\text{SI}} = \left(L \times \text{NA}^2 \right) / (2cn_1) = \left(5 \times (0.275)^2 \right) / \left(2 \times 3 \times 10^5 \times 1.487 \right) = 423.8 \text{ ns}$$

$$\Delta t_{\text{SI}} / L = 84.76 \text{ ns / km}$$

Exercitiu

Calculați viteza maximă de bit pentru fibra din exercițiul 11 (fibră cu salt de indice, a cărei apertură numerică este 0.275, iar $n_1=1.487$), dacă lungimea de transmisie este 1 km.

Solutie

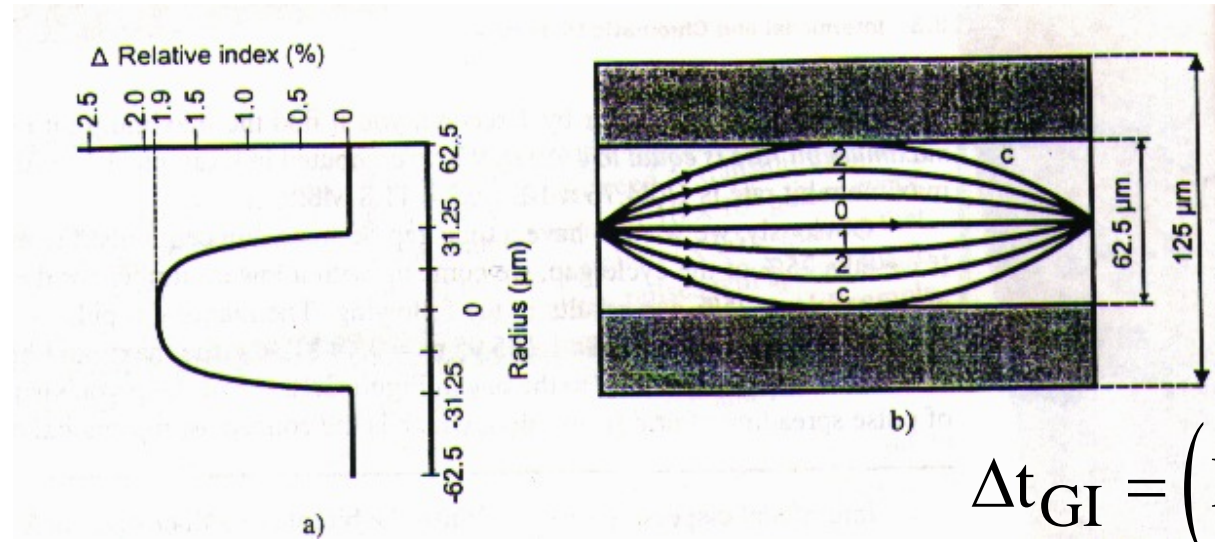
$$\Delta t_{SI} = 84.76ns$$

$$1/(84.76 \times 10^{-9} ns) = 11.8 Mbit / s$$

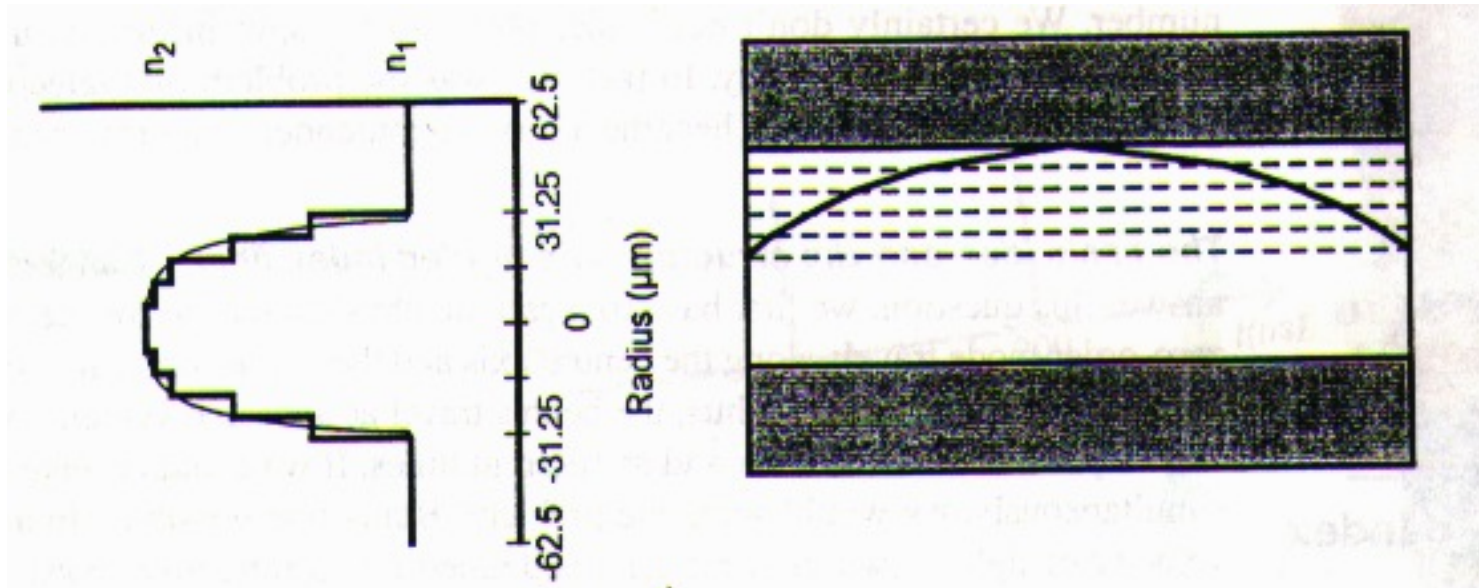
$$84.76 \times 1.25 = 105.95ns$$

$$1/105.95ns = 9.44 Mbit/s$$

Fibra cu indice gradat



$$\Delta t_{GI} = \left(LN_1 \Delta^2 \right) / 8c$$



Fibra cu indice gradat

$$\Delta t_{\text{GI}} = \left(LN_1 \Delta^2 \right) / 8c$$

Exercitiu

Care va fi lățirea unui puls de lumină și viteza maximă de bit pe o fibră cu indice gradat, lungă de 5 km, cu $\Delta = 1.71\%$ și

$$N_1 = 1.487 ?$$

Solutie

$$\Delta t_{\text{GI}} = \left(LN_1 \Delta^2 \right) / 8c = \frac{5\text{km} \times 1.487 \times (0.0171)^2}{\left(8 \times 3 \times 10^5 \text{ km/s} \right)} = 0.9\text{ns}$$

$$\Delta t_{\text{GI}} / L = 0.18 \text{ ns / km}$$

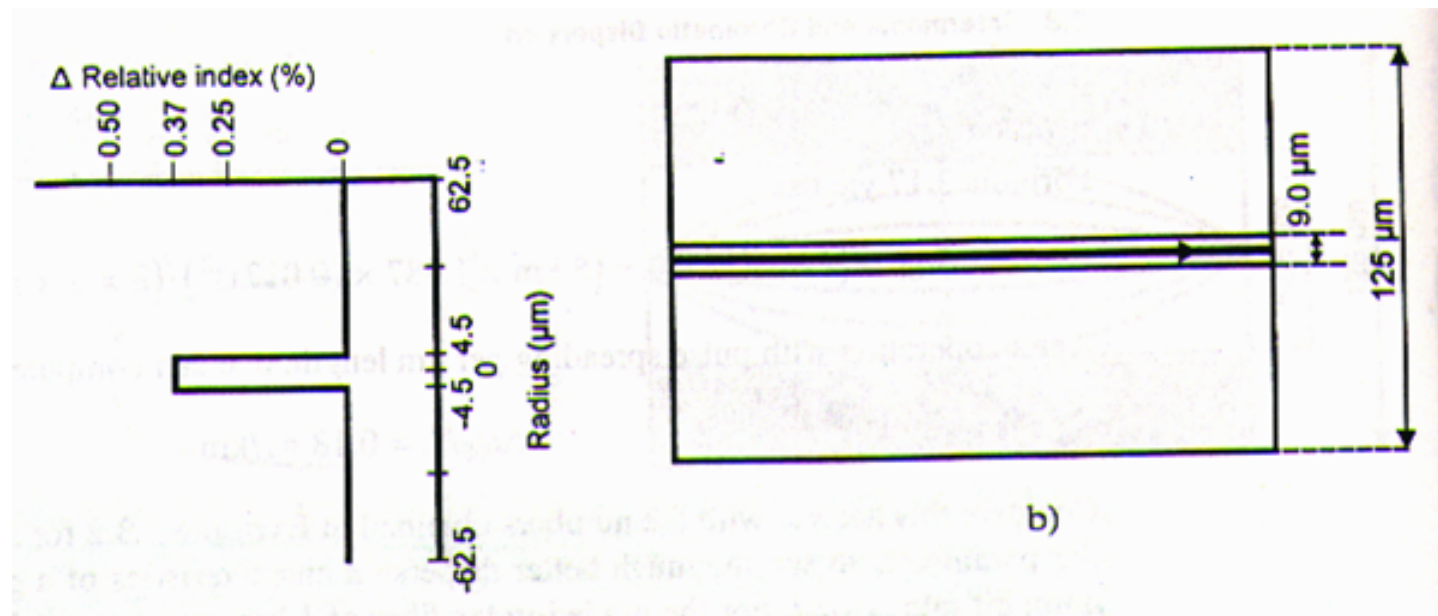
Fibra cu indice gradat

$$n_1 \approx N_1$$

$$\Delta t_{\text{GI}} = \left(L(\text{NA})^4 \right) / \left(32cN_1^3 \right)$$

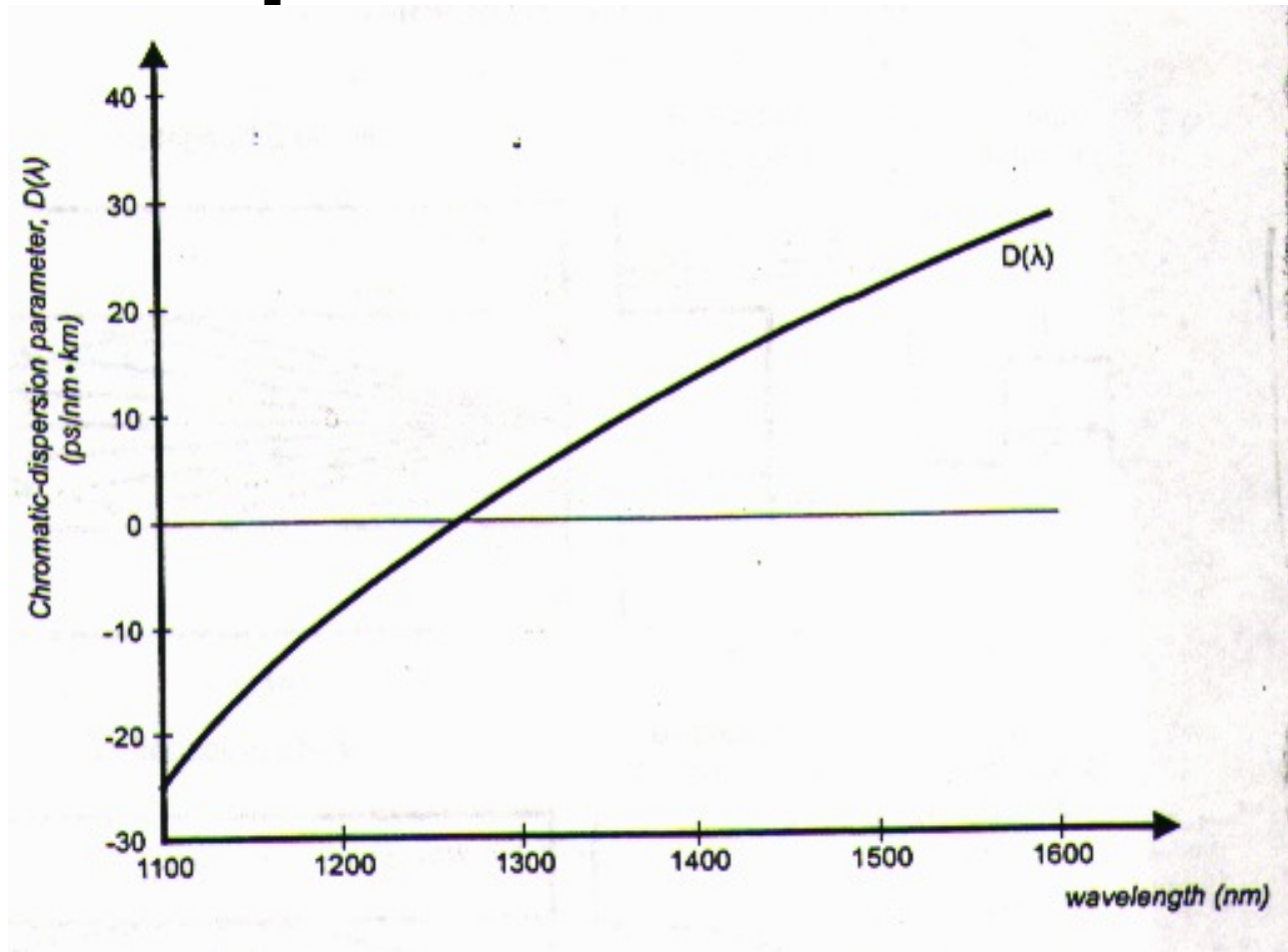
$$\Delta t_{\text{GI}} = \Delta t_{\text{SI}} (\Delta/8)$$

Fibra monomod



$$V \leq 2.405$$

Dispersia cromatică



$$\Delta t_{\text{crom}} = D(\lambda) L \Delta \lambda$$

Dispersia cromatică

$$D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right]$$

Exercitiu

Care este dispersia cromatică pentru o fibră cu indice gradat dacă

$$S_0 = 0.097 \text{ ps} / \left(\text{nm}^2 \cdot \text{km} \right)$$

$$\lambda_0 = 1343 \text{ nm}$$

$$\lambda = 1300 \text{ nm}$$

Solutie

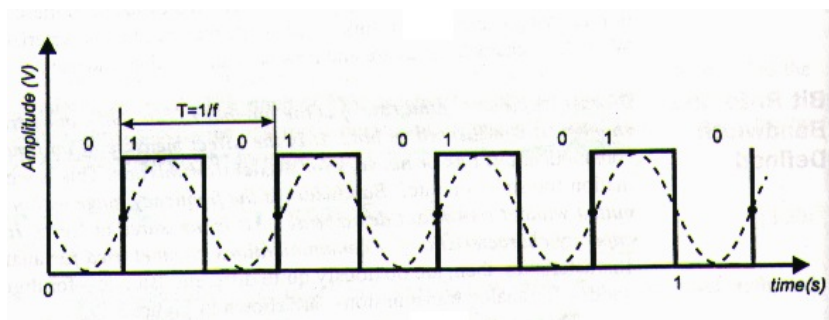
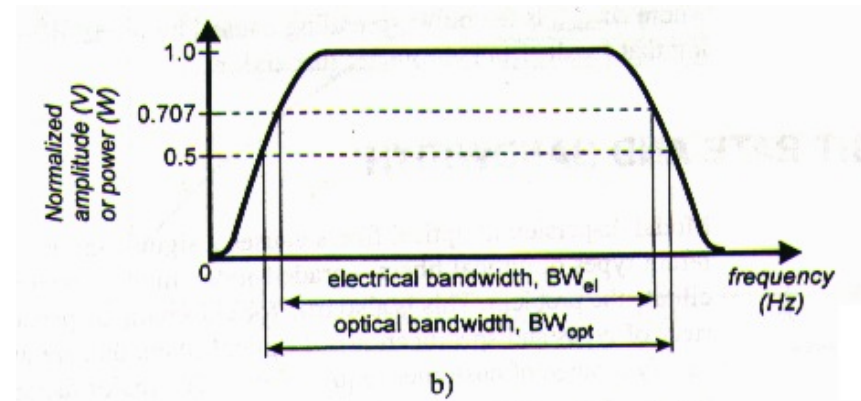
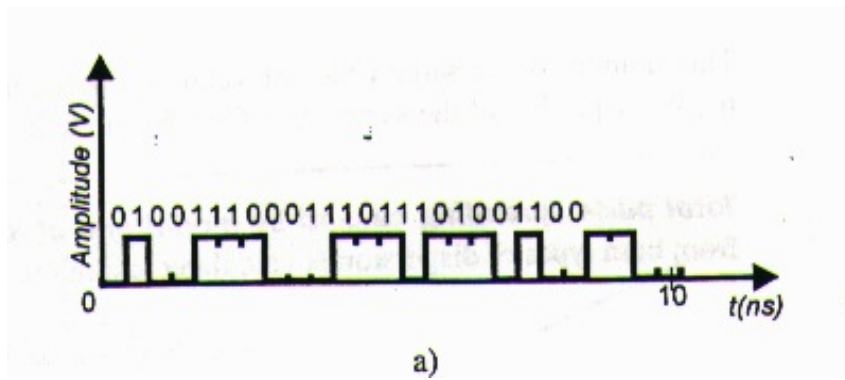
$$D(\lambda) = -4.38 \text{ ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$$

$$\Delta t_{\text{crom}}/L = 219 \text{ ps}/\text{km} = 0.22 \text{ ns}/\text{km}$$

Dispersia totală

$$\Delta t_{\text{total}} = \sqrt{\left(\Delta t_{\text{modal}}^2 + \Delta t_{\text{crom}}^2 \right)}$$

Viteza de bit și banda de frecvențe



$$BW = BR/2$$

Dispersia și viteza de bit

$$\text{BR} < 1/(4\Delta t)$$

$$\text{BR}_{\text{SI}} = 1/(4\Delta t_{\text{SI}}) = cn_2 / (4(Ln_1)(n_1 - n_2)) = c / (4Ln_1\Delta) = cn_1 / (2LNA^2)$$

$$\text{BR}_{\text{GI}} = 2c / (N_1L\Delta^2)$$

$$\text{BR}_{\text{crom}} = 1 / (4D(\lambda)L\Delta\lambda)$$

$$\text{BR}_{\text{total}} = 1 / \left(4 \sqrt{(\Delta t_{\text{modal}}^2 + \Delta t_{\text{crom}}^2)} \right)$$

Exercitiu

O fibră cu indice gradat are apertură numerică 0.275 și $n_1=1.487$. Care este viteza de bit restricționată de dispersia modală, pentru 1 km de fibră ?

Solutie

$$\text{BR}_{\text{GI}} = \left(8cN_1^3\right) / \left(\text{LNA}^4\right) = 1.38 \times 10^9 \text{ bit/s} = 1.38 \text{ Gbit/s}$$