

# Optoelectronică, structuri și tehnologii

Curs 4  
2012/2013

# Fotometrie și radiometrie

Capitolul 4

# O alta dualitate

- ▶ In optoelectronica lumina poate fi privita din doua puncte de vedere
  - energetic (efect asupra dispozitivului)
  - uman (efect asupra ochiului)
- ▶ Dualitatea marimilor implicate
  - energetice
  - luminoase
- ▶ Candela (cd) este una din cele 7 marimi fundamentale ale SI
  - Cd = intensitatea luminoasa a unei surse ce emite o radiatie monocromatica cu frecventa  $540 \cdot 10^{12}$  Hz ( $\lambda = 555\text{nm}$  in vid) si are o intensitate radianta de  $1/683$  W/sr

# CIE $V(\lambda)$

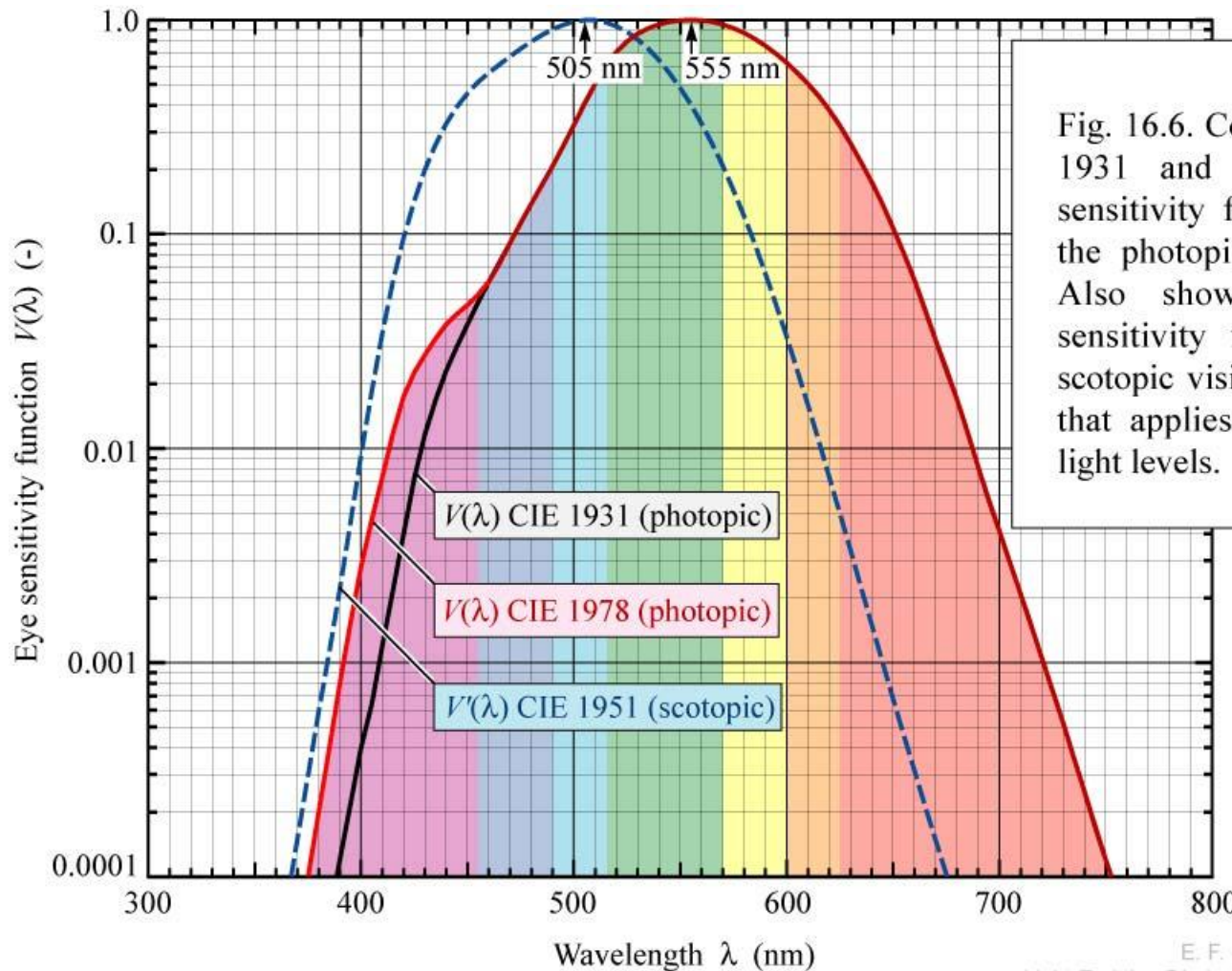


Fig. 16.6. Comparison of CIE 1931 and CIE 1978 eye sensitivity function  $V(\lambda)$  for the photopic vision regime. Also shown is the eye sensitivity function for the scotopic vision regime,  $V'(\lambda)$ , that applies to low ambient light levels.

# Eficiența luminoasă

|            | $\lambda$ | fotopic<br>CIE 1924 | Sharpe<br>2005 | scotopic<br>CIE 1951 |
|------------|-----------|---------------------|----------------|----------------------|
| Violet     | 400       | 0                   | 2              | 16                   |
| Indigo     | 445       | 20                  | 40             | 668                  |
| Albastru   | 475       | 77                  | 108            | 1248                 |
| Verde      | 510       | 344                 | 361            | 1695                 |
| Galben     | 570       | 650                 | 659            | 353                  |
| Portocaliu | 590       | 517                 | 541            | 111                  |
| Rosu       | 650       | 73                  | 77             | 1                    |

# Marimi luminoase

## ► Intensitatea

- raportul dintre fluxul care părăsește sursa și se propagă într-un element de unghi solid ce conține direcția de propagare și elementul de unghi solid.
- o masura a puterii emise de o sursa într-un element de unghi solid

| Intensitatea                    |        |                                 |          |
|---------------------------------|--------|---------------------------------|----------|
| Fotometrie                      |        | Radiometrie                     |          |
| $I_v = \frac{d\Phi_v}{d\Omega}$ | SI: cd | $I_e = \frac{d\Phi_e}{d\Omega}$ | SI: W/sr |

# Probleme

- ▶ Panoul unui dispozitiv conține două LED-uri de semnalizare, unul de culoare verde și unul roșu standard. Doriți ca ambele să ofere aceeași luminozitate relativă și cât mai mare posibilă. Dacă ambele LED-uri acceptă un curent maxim de 50 mA, calculați curentul prin cele două LED-uri.
- ▶ Rezolvari: <http://rf-opto.etti.tuiasi.ro>

# Probleme

- ▶ Trebuie să proiectați un semafor cu LED-uri. LED-urile care intră în componența sa sunt caracterizate de eficiență cuantică egală (aceeași tehnologie), iar parametrii de catalog pentru LED-ul roșu sunt ...
- ▶ Proiectați semaforul, pentru a obține o iluminare la 5m, pe direcție normală, de 50 lx pe timp de zi și 2 lx pe timp de noapte.
- ▶ Cerințe: luminozitate egală pentru cele 3 culori, alegerea numărului de LED-uri (considerente electronice/practice), necesitățile de curent ale fiecărui LED, parametrii pentru sursa de alimentare, parametrii unui sistem de control a intensității luminoase pentru reglare zi/noapte.
- ▶ Rezolvari: <http://rf-opto.etti.tuiasi.ro>

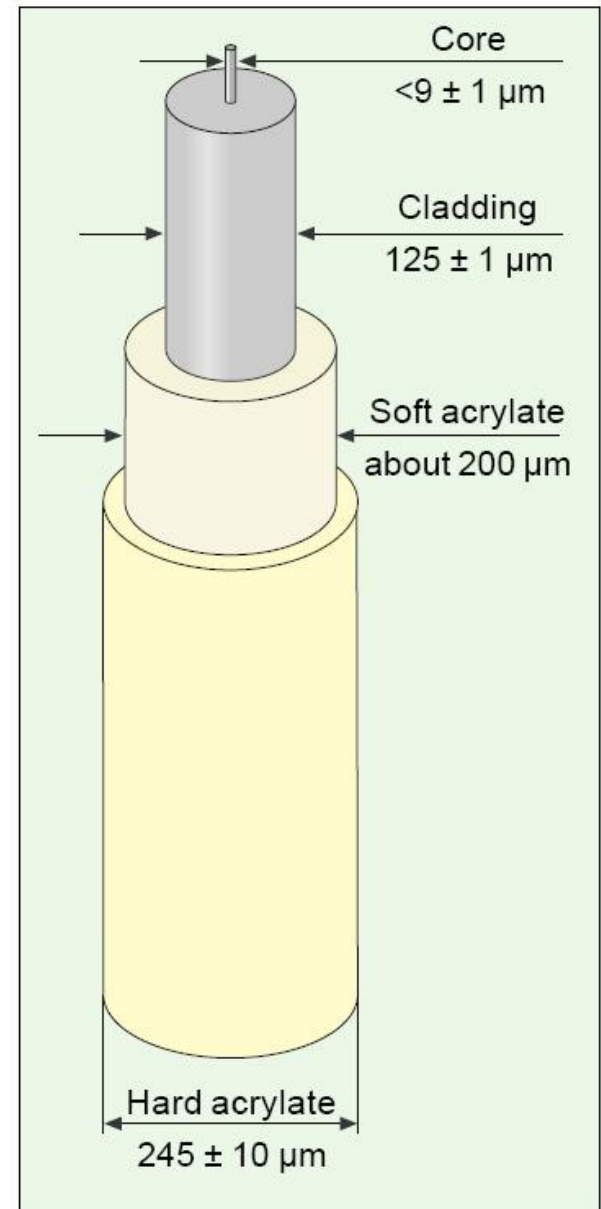
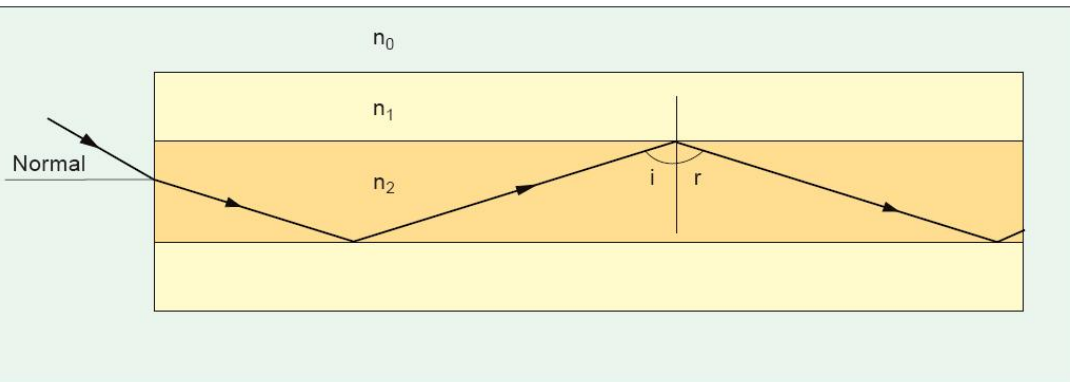


# Fibra optică

## Capitolul 5

# Fibra optica

- ▶ un ghid de unda dielectric
  - miez
  - teaca



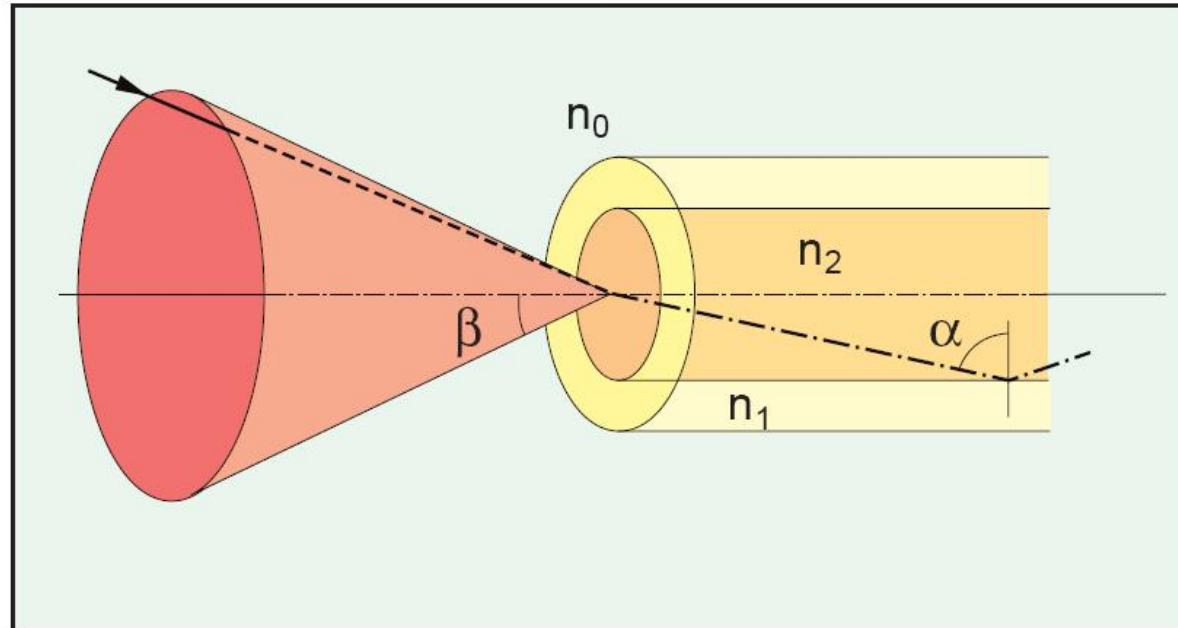
# Unghi de acceptanta, apertura numerica

- ▶ Unghi de acceptanta

$$n_0 \cdot \sin \theta_{ACC} = n_1 \cdot \sin \phi_c$$

- ▶ Apertura numerica

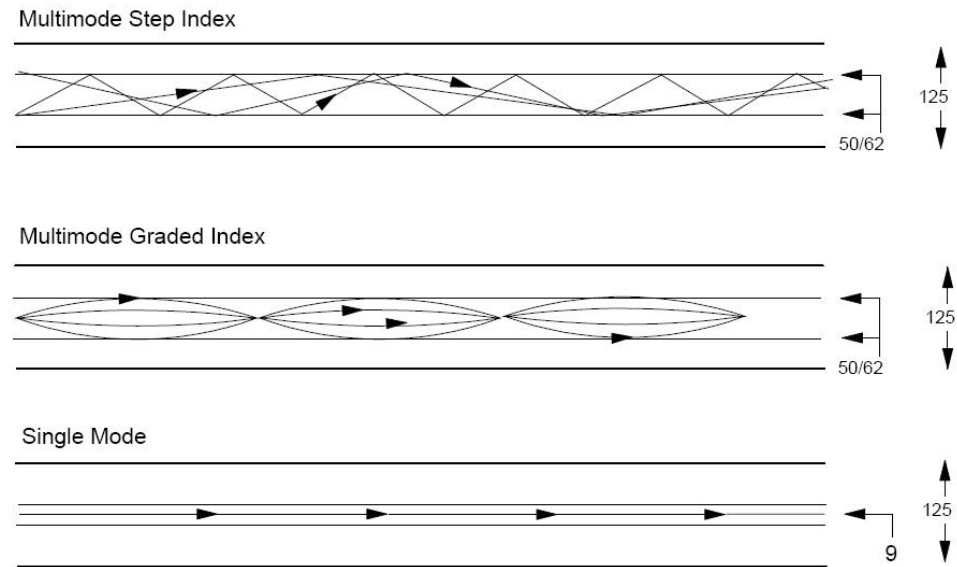
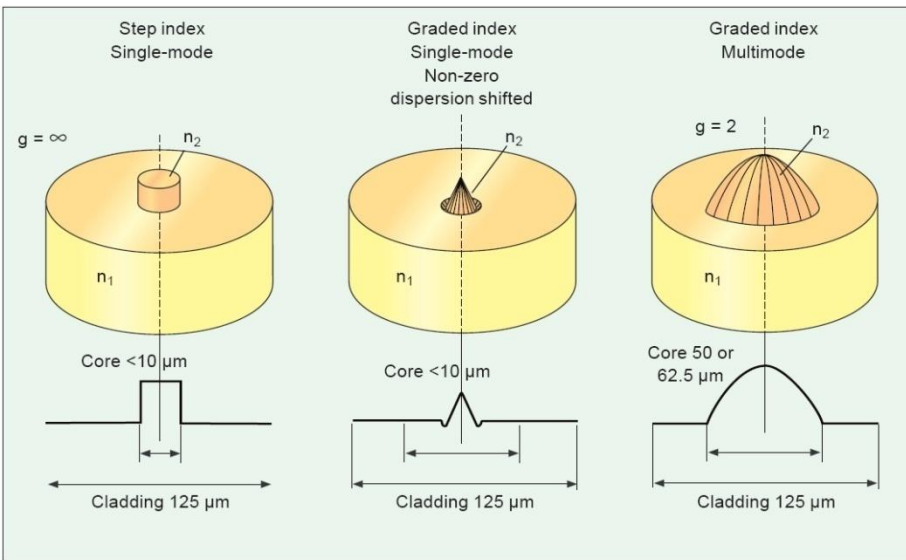
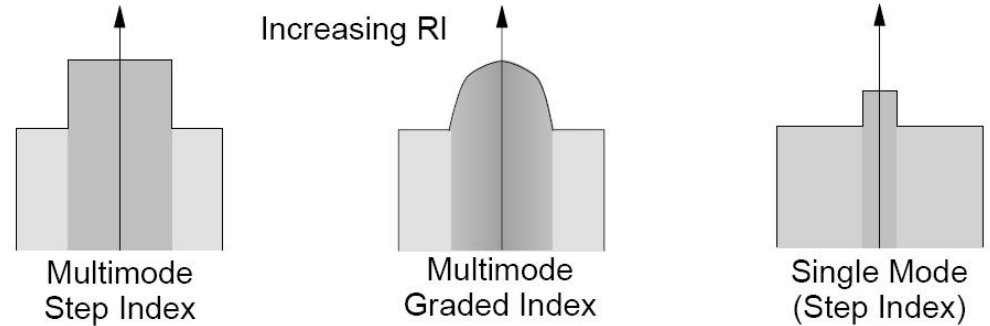
$$NA = n_0 \cdot \sin \theta_{ACC}$$



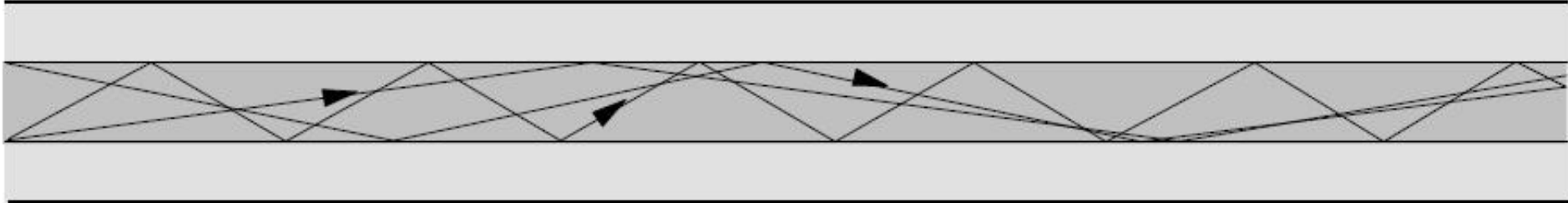
$$NA = n_2 \sqrt{\frac{n_2^2 - n_1^2}{n_2^2}} = \sqrt{n_2^2 - n_1^2}$$

# Tipuri de fibra

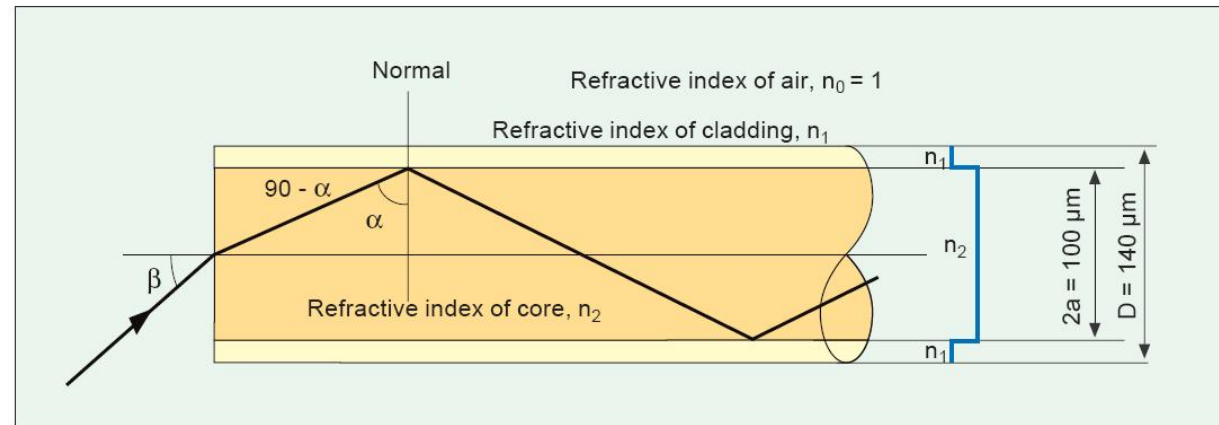
- ▶ Monomod
- ▶ Multimod
  - cu salt de indice
  - cu indice gradat



# Fibre multimod cu salt de indice



- ▶ 50/125 sau 62.5/125 ( $\mu\text{m}$ )
- ▶ 15–50 MHz km

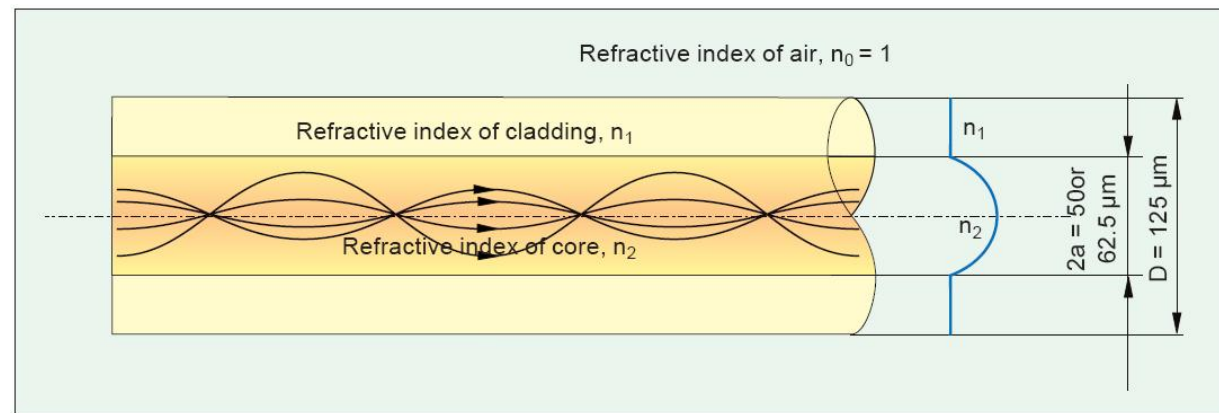


|                                 | glass             | plastic            |
|---------------------------------|-------------------|--------------------|
| core diameter $2a$              | 100 $\mu\text{m}$ | 980 $\mu\text{m}$  |
| cladding diameter $D$           | 140 $\mu\text{m}$ | 1000 $\mu\text{m}$ |
| core refractive index $n_2$     | 1.48              |                    |
| cladding refractive index $n_1$ | 1.45              |                    |

# Fibre multimod cu indice gradat



- ▶ 50/125 sau 62.5/125 ( $\mu\text{m}$ )
- ▶ 700–1200 MHz km



|  |                          |
|--|--------------------------|
| Core diameter $2a$                     | 50 or 62.5 $\mu\text{m}$ |
| Cladding diameter $D$                  | 125 $\mu\text{m}$        |
| Maximum refractive index, core         | 1.46                     |
| Relative differential refractive index | 0.010                    |

# Fibre multimod cu indice gradat

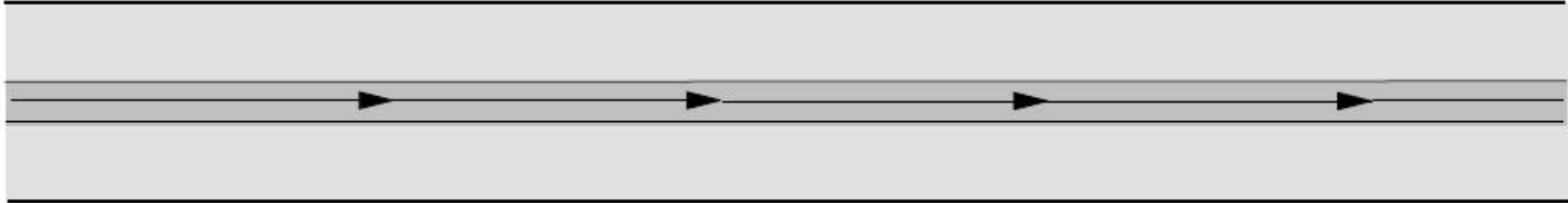


$$n(r) = n_2 \left[ 1 - \Delta \left( \frac{r}{a} \right)^g \right]$$

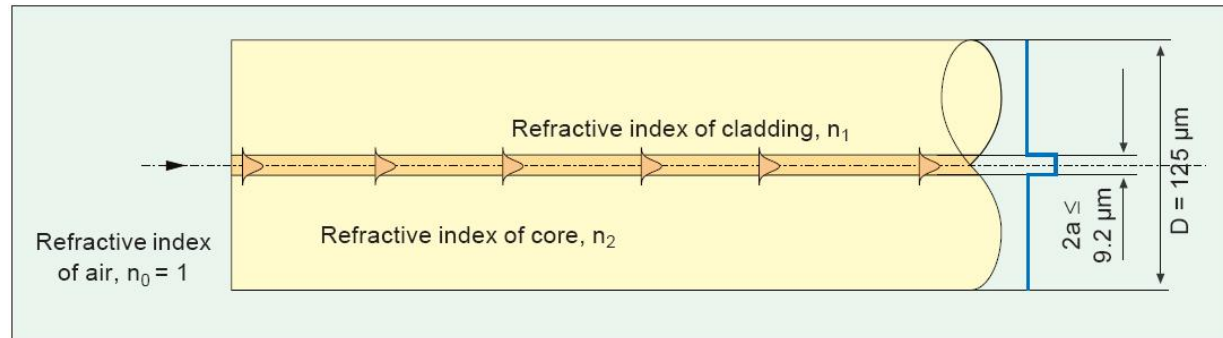
$$\Delta = \frac{NA^2}{2n_2^2} = \frac{n_2^2 - n_1^2}{2n_2^2} \approx \frac{n_2 - n_1}{n_2} \approx \frac{\Delta n}{n} \quad \text{for } \Delta \ll 1$$

- ▶  $g = 1$  - indice gradat triunghiular
- ▶  $g = 2$  - indice gradat parabolic
- ▶  $g = \infty$  - salt de indice

# Fibre monomod



- ▶ 6–8/125 ( $\mu\text{m}$ )
- ▶ MHz km  
nerelevant
- ▶ MFD – Mode  
Field Diameter



|                                 |                   |
|---------------------------------|-------------------|
| Cladding diameter $D$           | 125 $\mu\text{m}$ |
| Core refractive index $n_2$     | 1.4485            |
| Cladding refractive index $n_1$ | 1.4440            |
| Refractive index differential   | 0.003 = 0.3%      |



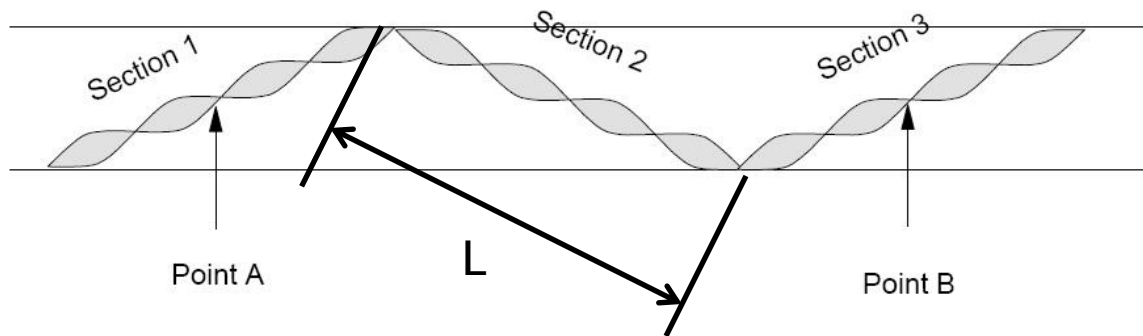
# Frecventa normalizata

## ▶ Frecventa normalizata

$$V = 2\pi \frac{a}{\lambda} NA = k \cdot a \cdot NA \quad a - \text{raza miezului}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

## ▶ Numar de moduri



$$L = m \cdot \lambda$$

$$N \approx \frac{V^2}{2} \cdot \frac{g}{g+2}$$

# Frecventa normalizata

- ▶ Numar de moduri
  - Multimod cu salt de indice

$$g = \infty \Rightarrow N \approx \frac{V^2}{2}$$

- Multimod cu indice gradat

$$g = 2 \Rightarrow N \approx \frac{V^2}{4}$$

- Monomod

$V \leq V_c = 2.405$       exista un singur mod (solutii fc. Bessel)

# Exemplu

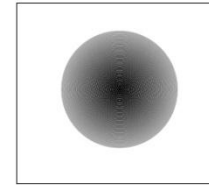
- ▶ fibra tipica multimod
  - $g=2$
  - $2a = 50\mu\text{m} \rightarrow a = 25\mu\text{m}$
  - $NA = 0.2$  la  $\lambda = 1\mu\text{m}$

$$V = 2\pi \frac{a}{\lambda} NA = 2\pi \frac{25}{1} 0.2 = 2 \cdot \pi \cdot 5 \approx 31.4$$

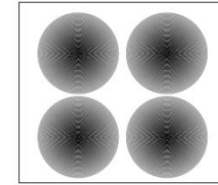
$$g = 2 \Rightarrow N = \frac{V^2}{4} = \frac{31.4^2}{4} = 247$$

# Moduri in fibra

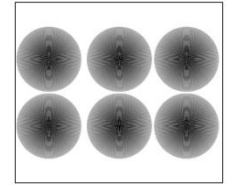
- ▶ Moduri in ghid rectangular



TEM<sub>00</sub>

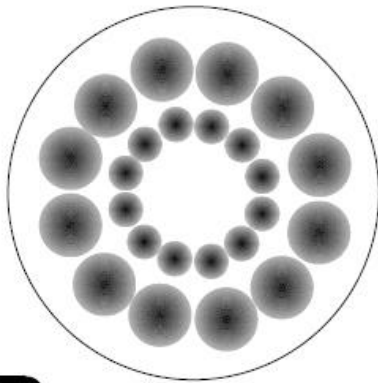


TEM<sub>11</sub>

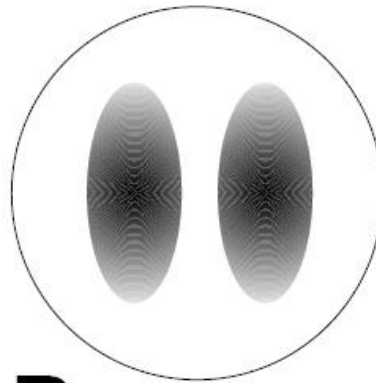


TEM<sub>21</sub>

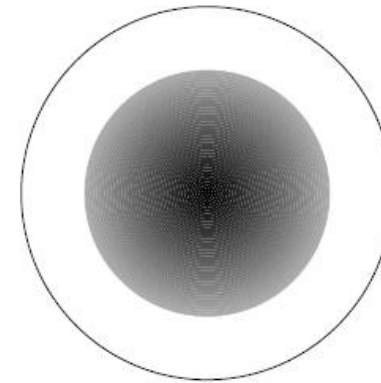
- ▶ Moduri linear polarizate in fibra



LP<sub>62</sub>

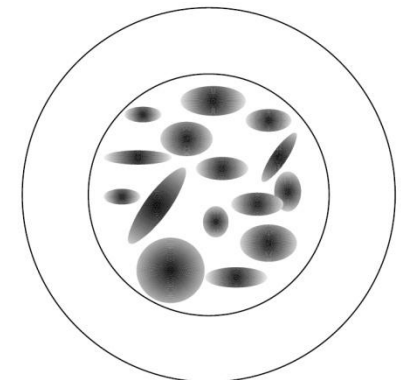


LP<sub>11</sub>



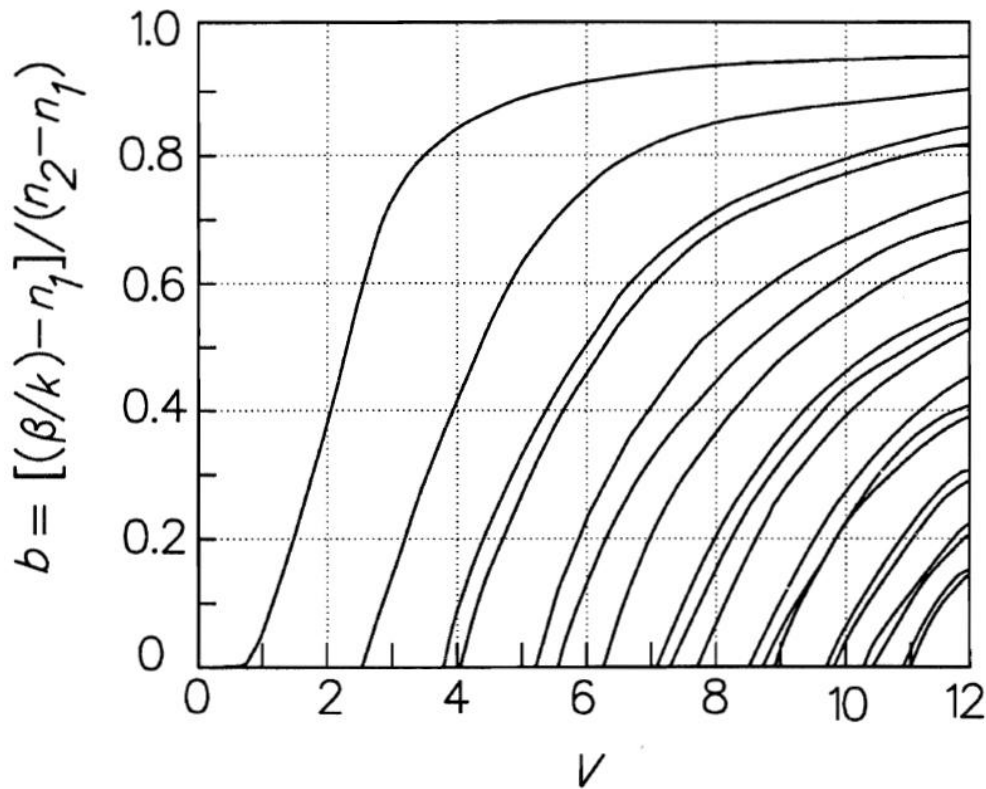
LP<sub>01</sub>

“Sparkle” pattern



# Frecventa normalizata – monomod

## ► Fibre monomod



$b$  – coeficient de propagare modal relativ

$$V \leq V_c = 2.405$$

exista un singur mod (solutii fc. Bessel)

$$\lambda \geq \lambda_c = \pi \frac{2a}{V_c} NA = \pi \frac{2a}{2.405} NA$$

Exemplu:

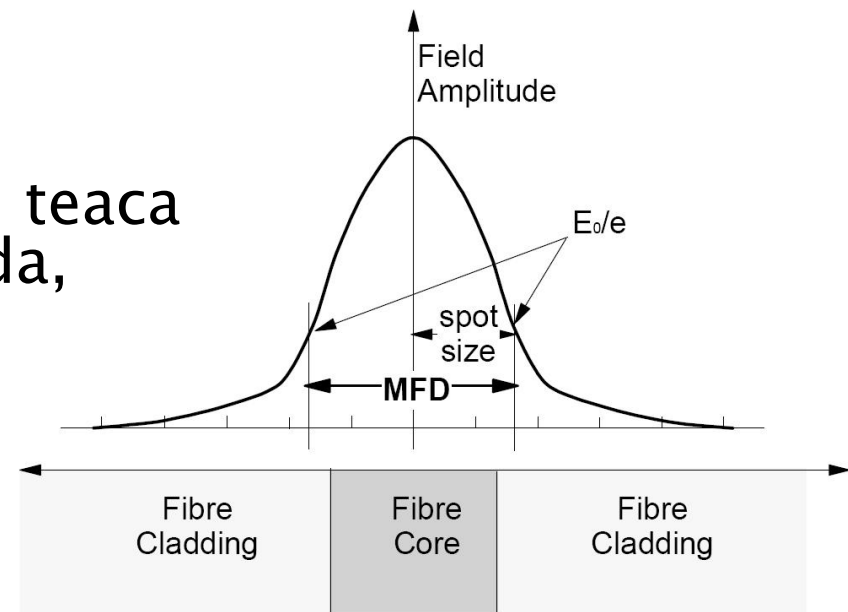
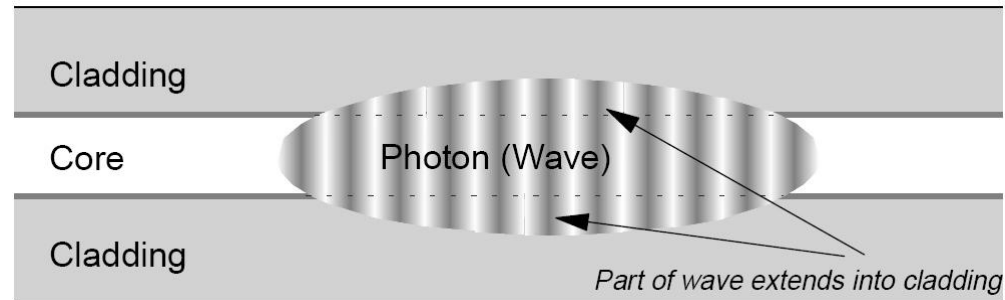
$$2a = 8.5 \mu\text{m}$$

$$NA = 0.11$$

$$\lambda_c = \pi \frac{8.5}{2.405} 0.11 = 1210 \text{nm}$$

# Propagarea in fibra monomod

- ▶ Propagarea luminii poate fi explicata doar prin teoria electromagnetica
- ▶ Energia campului se extinde in teaca (diametrul efectiv al spotului luminos – MFD, Mode Field Diameter)
- ▶  $MFD > 2a$
- ▶ Adancimea de patrundere in teaca depinde de lungimea de unda, generand dispersia de ghid



# Contact

- ▶ Laboratorul de microunde si optoelectronica
- ▶ <http://rf-opto.etti.tuiasi.ro>
- ▶ [rdamian@etti.tuiasi.ro](mailto:rdamian@etti.tuiasi.ro)