



Politechnika
Wrocławska

Wybrane zagadnienia fotoniki

W11FTE-SM0080G

rok akademicki 2024/25

semestr letni

Wykład 4

Karol Tarnowski

karol.tarnowski@pwr.edu.pl

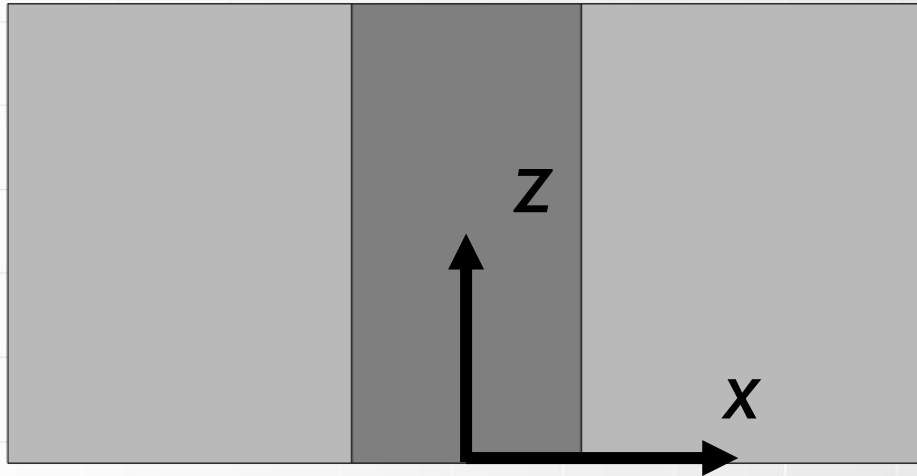
L-1 p. 221



Plan wykładu

- Propagacja światła w falowodach i włóknach optycznych
- Symetryczne falowody planarne
 - Mody TE
 - Mody TM
- Asymetryczne falowody planarne
- Światłowody typu step-index
 - Klasyfikacja modów
 - Mody prowadzone
 - Współczynnik związania

Mody symetrycznego falowodu planarnego



$$n(x) = \begin{cases} n_2, & \text{dla } |x| < \frac{d}{2} \\ n_1, & \text{w p.p.} \end{cases}$$

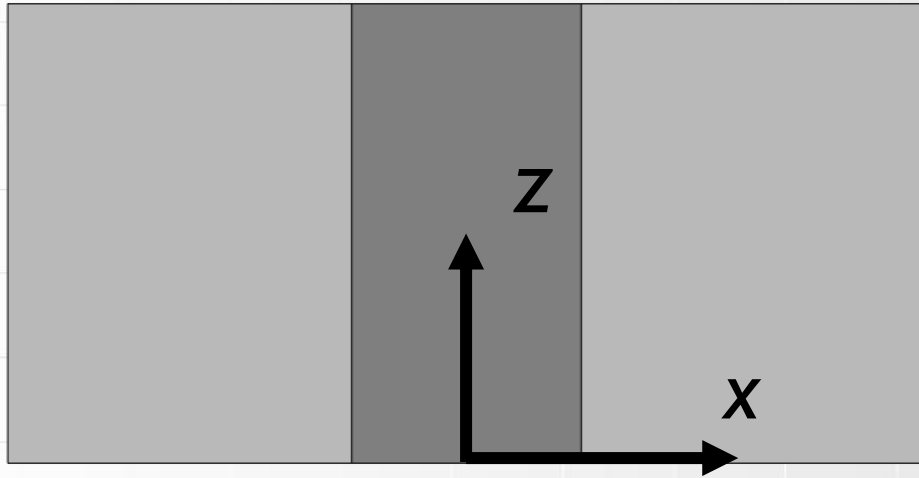
$$\nabla \times \mathbf{H} = i\omega\varepsilon_0 n^2 \mathbf{E},$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -i\omega\mu \mathbf{H}$$

$$\mathbf{E}(r, t) = \mathbf{E}_m(x) \exp[i(\omega t - \beta z)]$$

$$\mathbf{H}(r, t) = \mathbf{H}_m(x) \exp[i(\omega t - \beta z)]$$

Mody symetrycznego falowodu planarnego



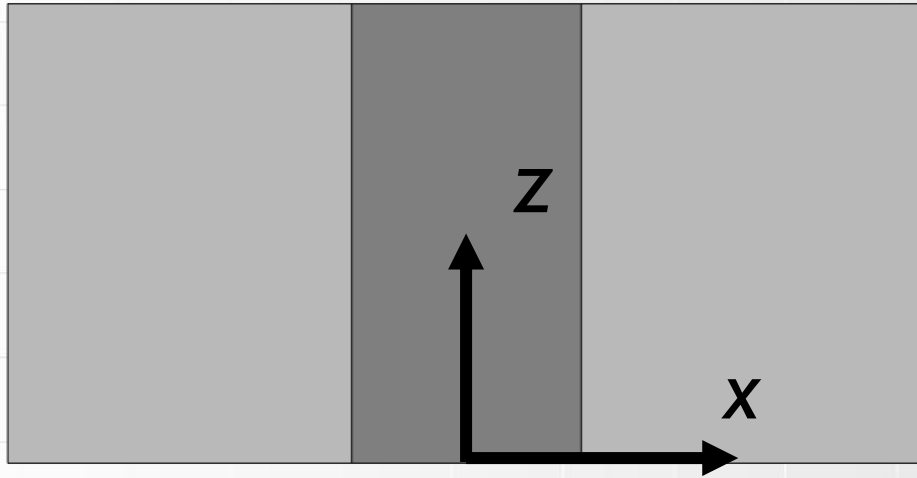
$$n(x) = \begin{cases} n_2, & \text{dla } |x| < \frac{d}{2} \\ n_1, & \text{w p.p.} \end{cases}$$

$$\mathbf{E}(r, t) = \mathbf{E}_m(x) \exp[i(\omega t - \beta z)]$$

$$\mathbf{H}(r, t) = \mathbf{H}_m(x) \exp[i(\omega t - \beta z)]$$

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \mathbf{E}(x, y) + [k_0^2 n^2(x) - \beta^2] \mathbf{E}(x, y) = 0$$

Mody symetrycznego falowodu planarnego - mody TE



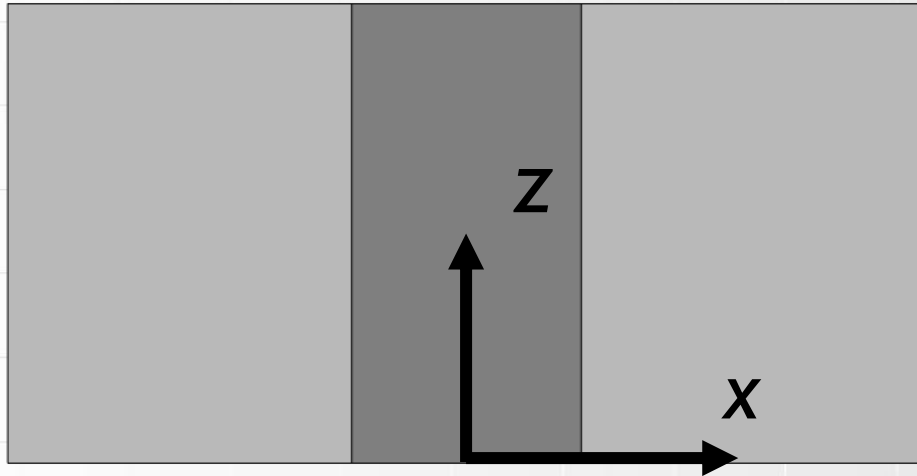
$$n(x) = \begin{cases} n_2, & \text{dla } |x| < \frac{d}{2} \\ n_1, & \text{w p.p.} \end{cases}$$

$$E_m(x) = \begin{cases} A \sin(hx) + B \cos(hx), & |x| < \frac{d}{2} \\ C \exp(-qx), & x > +\frac{d}{2} \\ D \exp(+qx), & x < -\frac{d}{2} \end{cases}$$

$$h = \sqrt{\frac{n_2 \omega}{c} - \beta^2}$$

$$q = \sqrt{\beta^2 - \frac{n_1 \omega}{c}}$$

Mody symetrycznego falowodu planarnego - mody TE



$$n(x) = \begin{cases} n_2, & \text{dla } |x| < \frac{d}{2} \\ n_1, & \text{w p.p.} \end{cases}$$

$$u = \frac{1}{2}hd$$

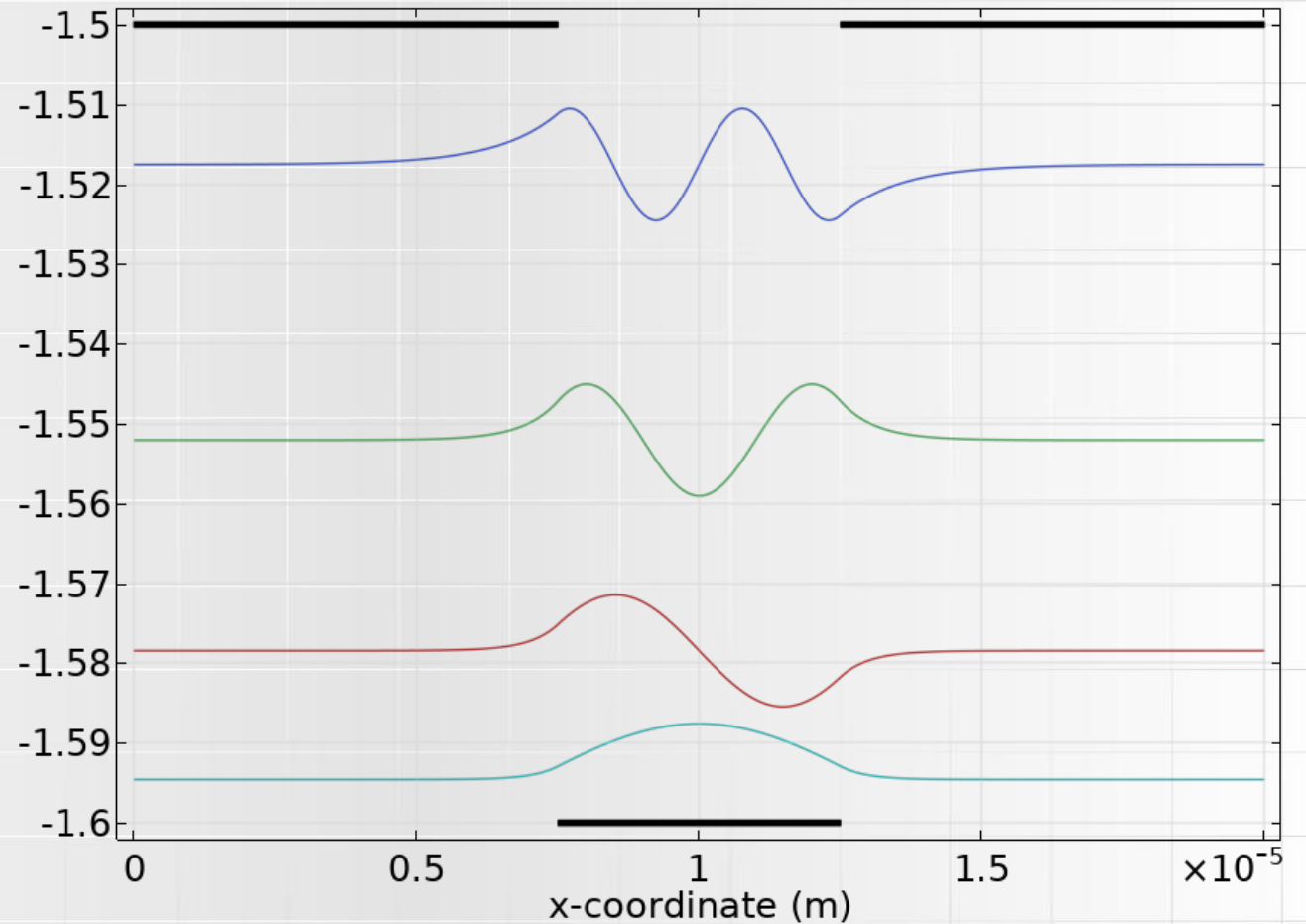
$$v = \frac{1}{2}qd$$

$$u^2 + v^2 = V^2$$

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

Mody symetrycznego falowodu planarnego - mody TE

$$E_m(x) = \begin{cases} A \sin(hx) + B \cos(hx), & |x| < \frac{d}{2} \\ C \exp(-qx), & x > +\frac{d}{2} \\ D \exp(+qx), & x < -\frac{d}{2} \end{cases}$$



Mody symetrycznego falowodu planarnego - mody TE

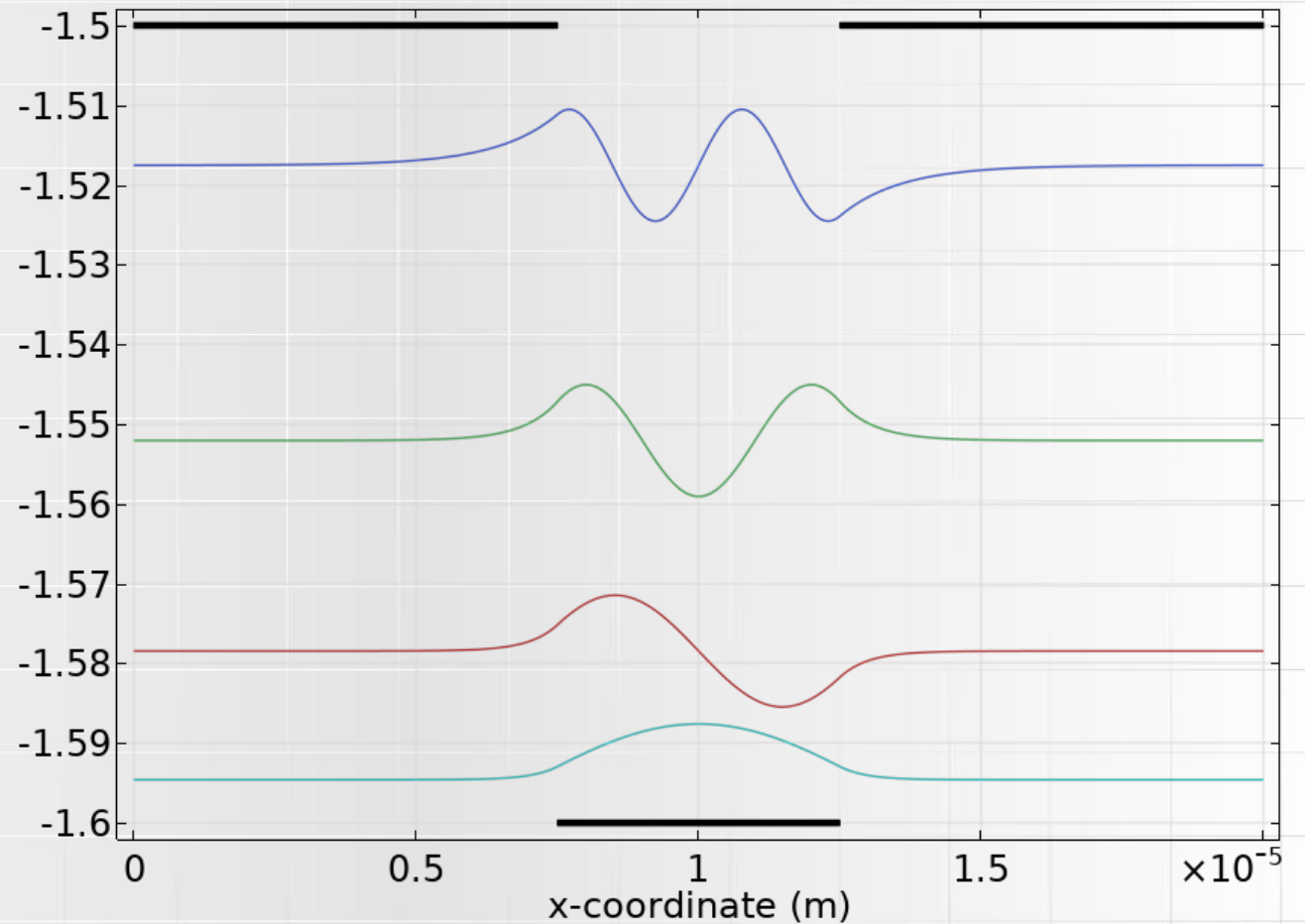
$$E_m(x) = \begin{cases} A \sin(hx) + B \cos(hx), & |x| < \frac{d}{2} \\ C \exp(-qx), & x > +\frac{d}{2} \\ D \exp(+qx), & x < -\frac{d}{2} \end{cases}$$

$$\lambda = 1.55 \text{ } \mu\text{m} \quad n_{TE_0} = 1.5946$$

$$d = 5 \text{ } \mu\text{m} \quad n_{TE_1} = 1.5785$$

$$n_2 = 1.6 \quad n_{TE_2} = 1.5521$$

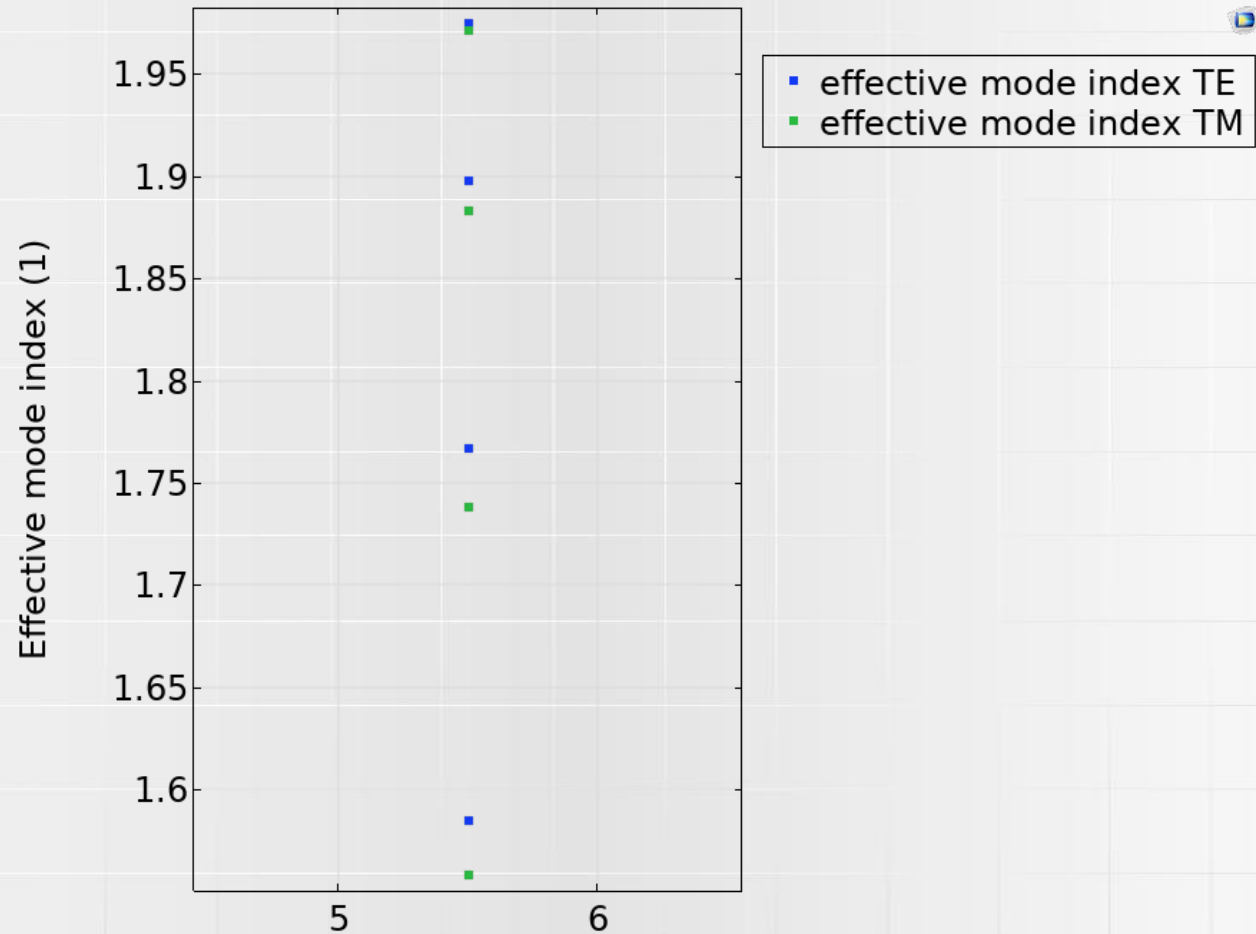
$$n_1 = 1.5 \quad n_{TE_3} = 1.5175$$



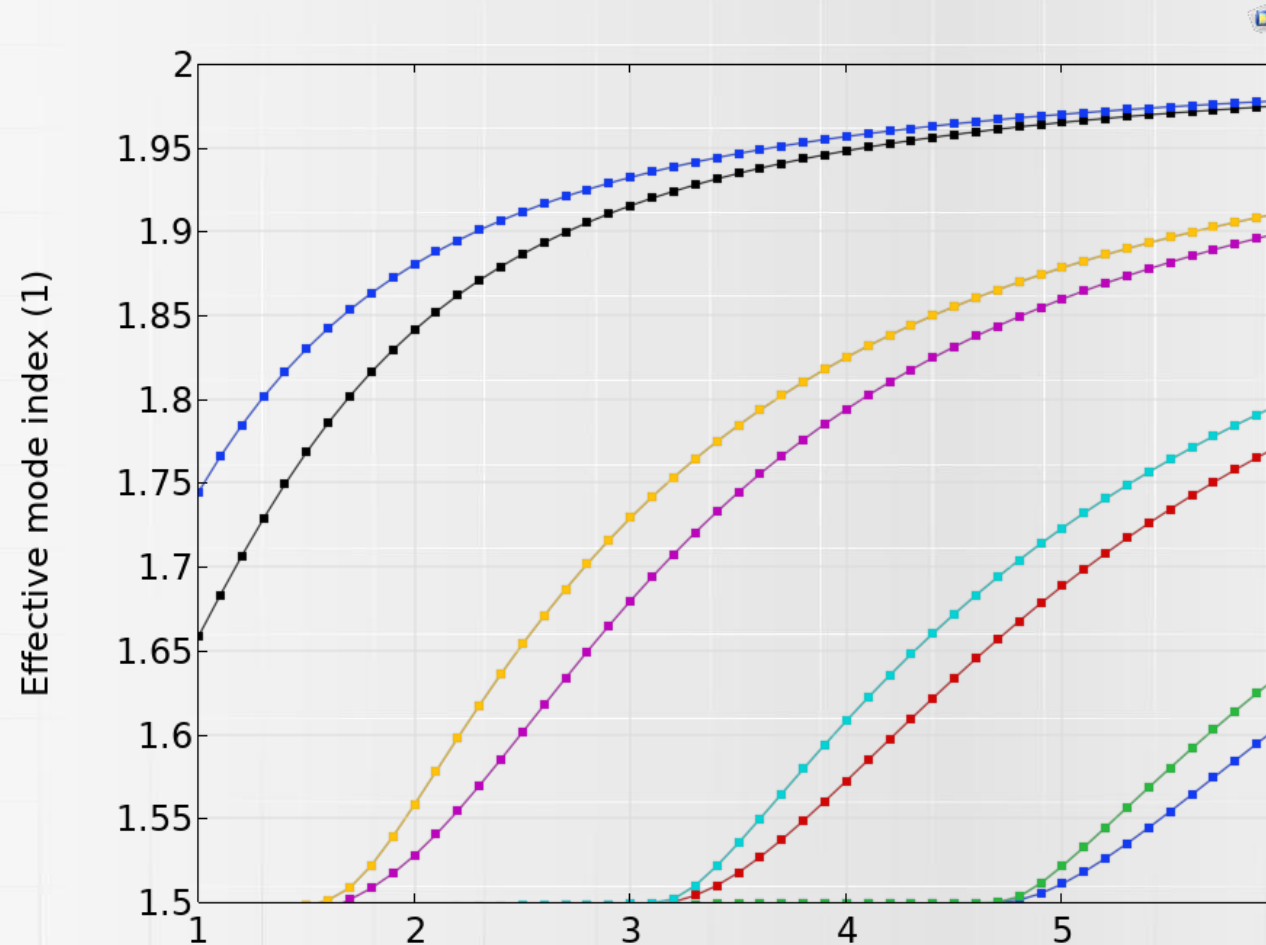
Mody symetrycznego falowodu planarnego - mody TE/TM

$$n_2 = 2.0$$

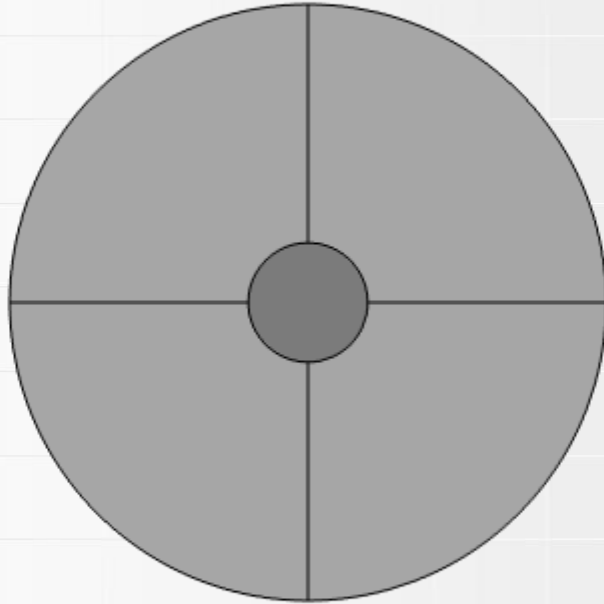
$$n_1 = 1.5$$



Mody symetrycznego falowodu planarnego - mody TE/TM



Światłowody step-index



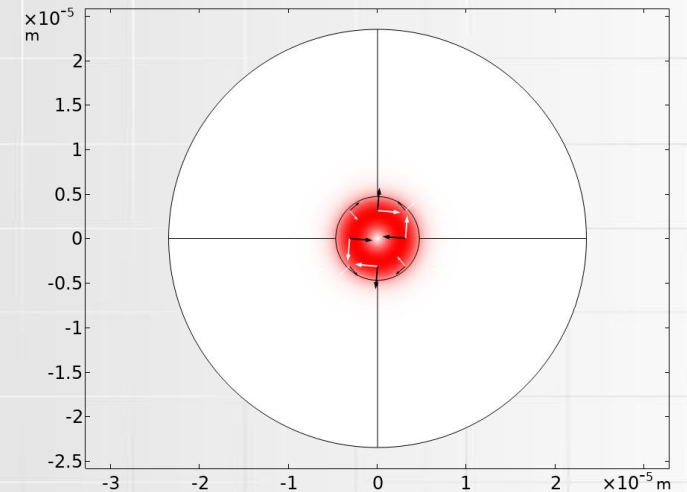
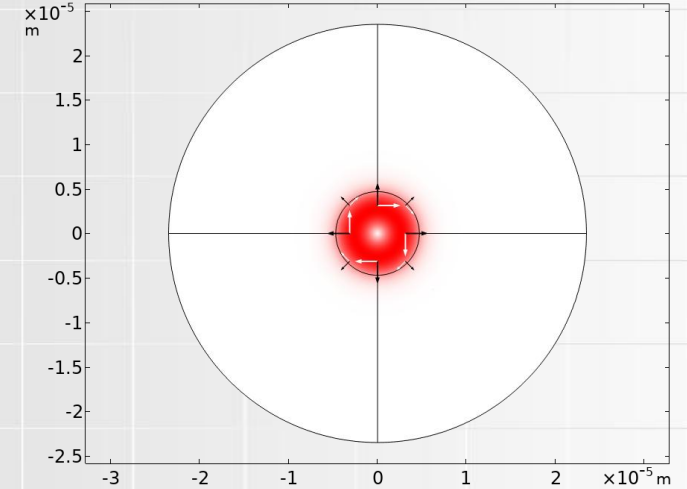
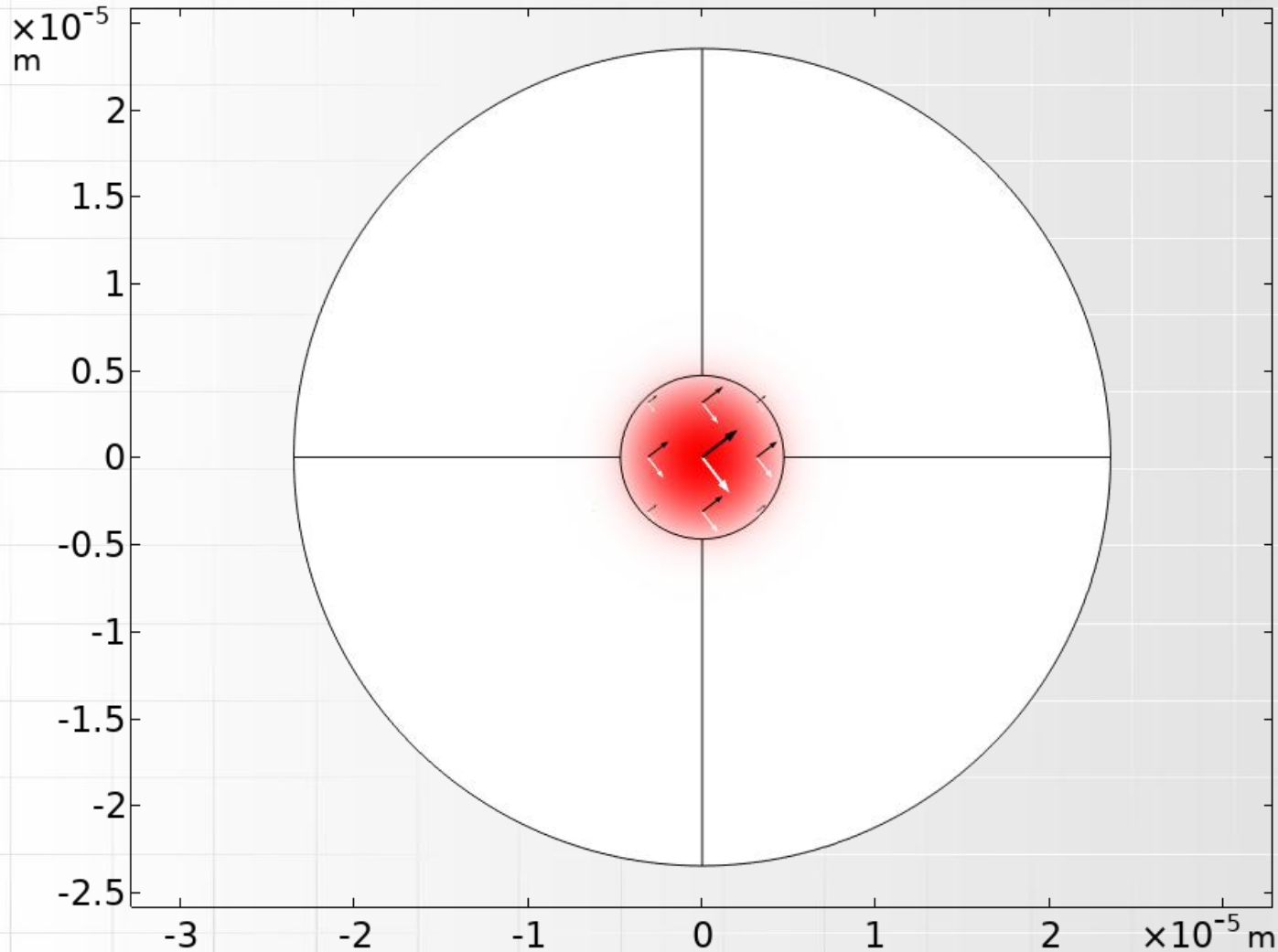
$$n_1 = 1.4628$$

$$n_2 = 1.4600$$

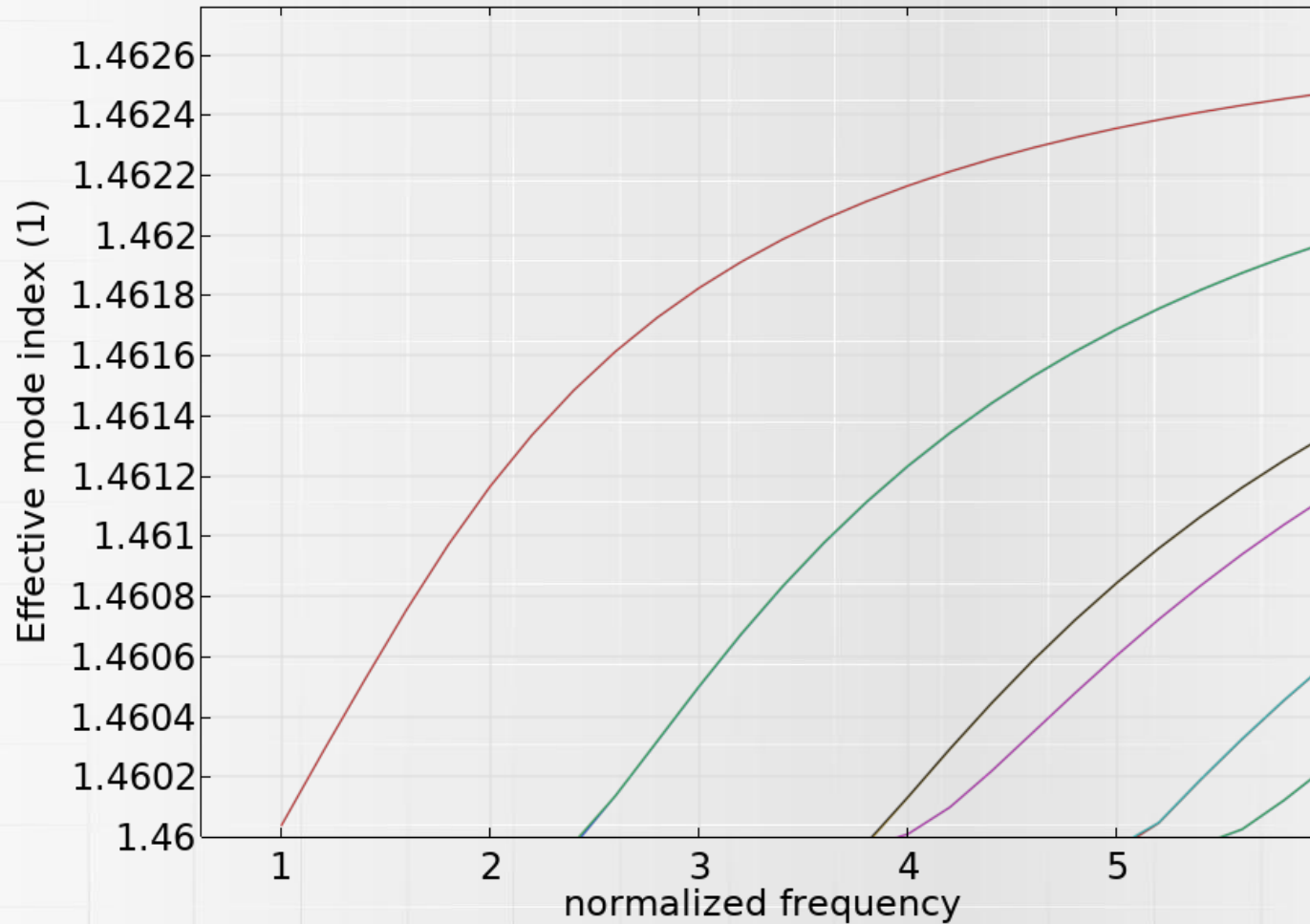
$$a = 4.7 \mu\text{m}$$

$$V \equiv \frac{2\pi a}{\lambda} \sqrt{n_2^2 - n_1^2}$$

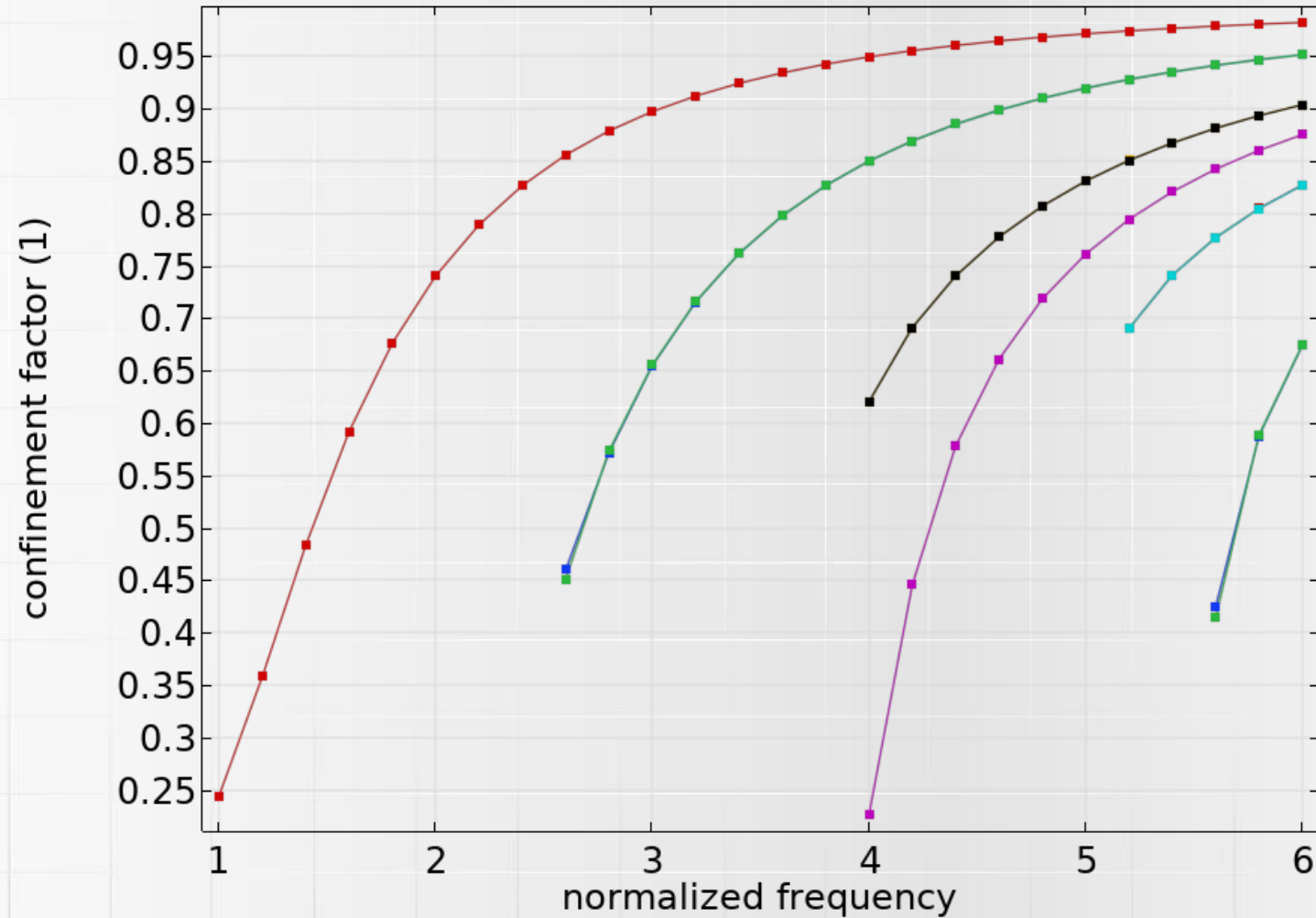
Światłowody step-index - klasyfikacja modów



Światłowody step-index



Światłowody step-index



Podsumowanie

- Propagacja światła w falowodach i włóknach optycznych
- Symetryczne falowody planarne
 - Mody TE
 - Mody TM
- Asymetryczne falowody planarne
- Światłowody typu step-index
 - Klasyfikacja modów
 - Mody prowadzone
 - Współczynnik związania