



Politechnika  
Wrocławska

# Wybrane zagadnienia fotoniki

W11FTE-SM0080G

rok akademicki 2024/25

semestr letni

## Wykład 3

Karol Tarnowski

[karol.tarnowski@pwr.edu.pl](mailto:karol.tarnowski@pwr.edu.pl)

L-1 p. 221

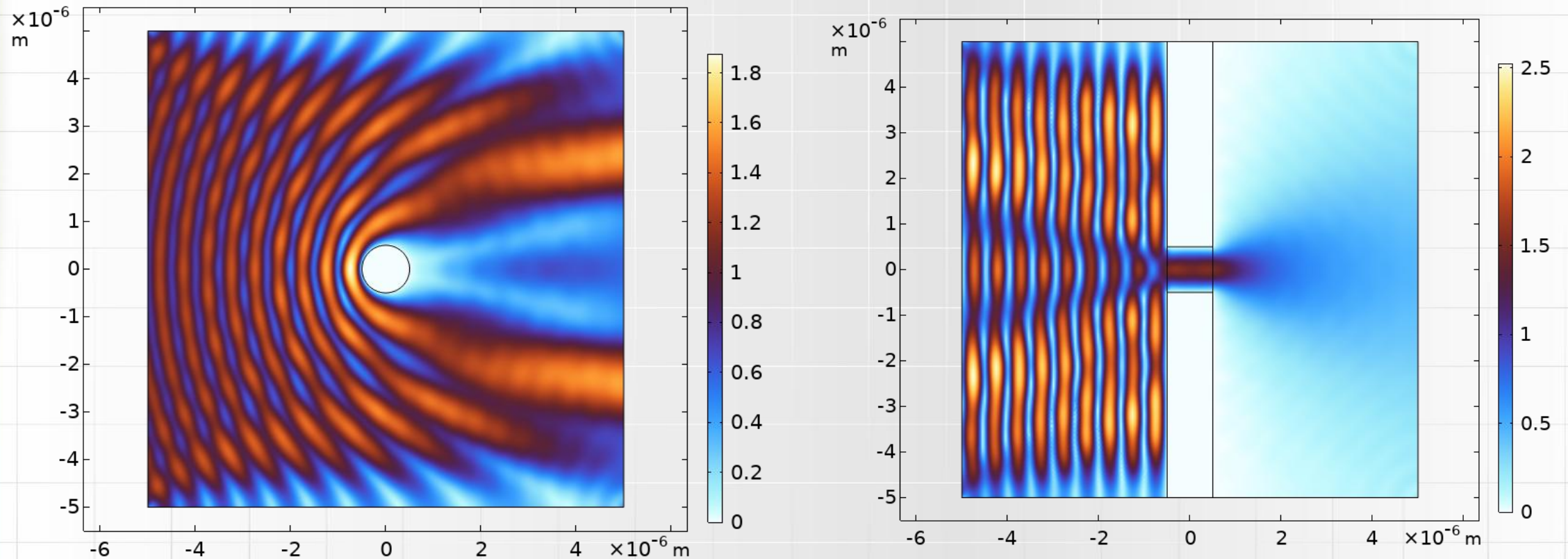


# Plan wykładu

- Warunki brzegowe w obliczeniach numerycznych
  - rozpraszające (scattering boundary condition)
  - absorbujące (perfectly matched layers)
- Propagacja wiązki gaussowskiej
- Sformułowanie zagadnienia dla obwiedni wiązki
- Propagacja wiązki gaussowskiej wyższego rzędu

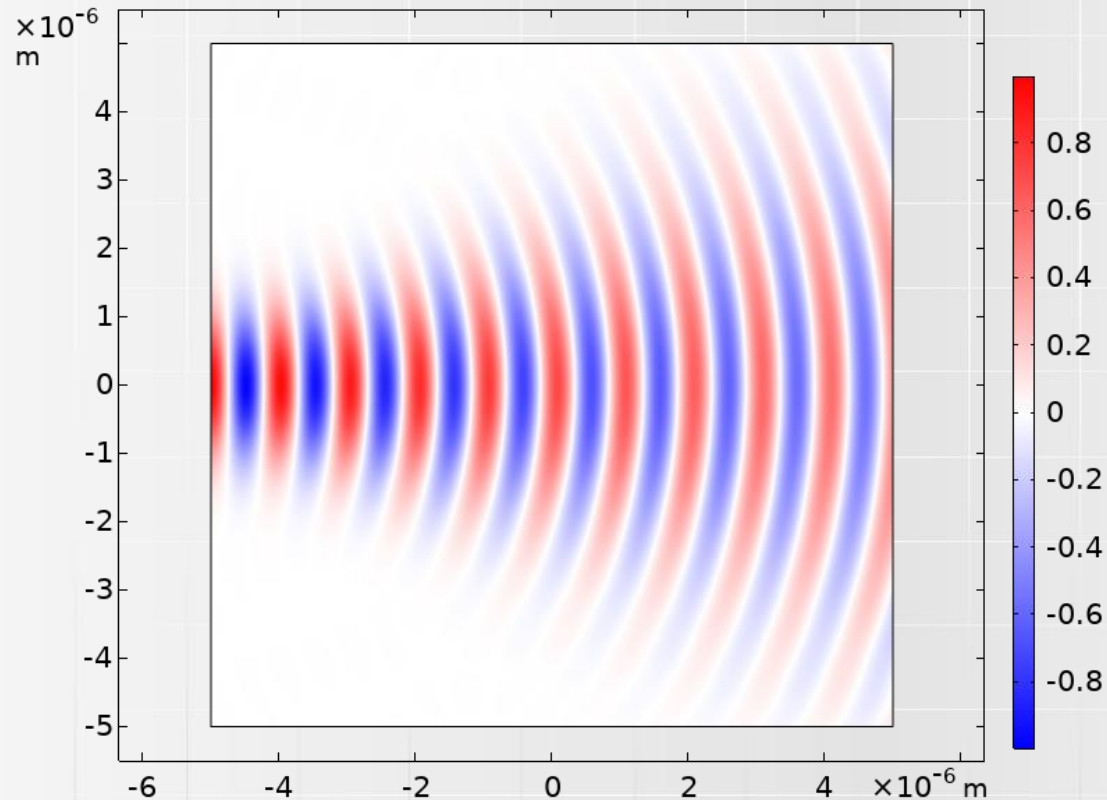
# Warunki brzegowe (rozpraszające)

- Przykładowy model pokazujący rozproszenie fali na obiekcie



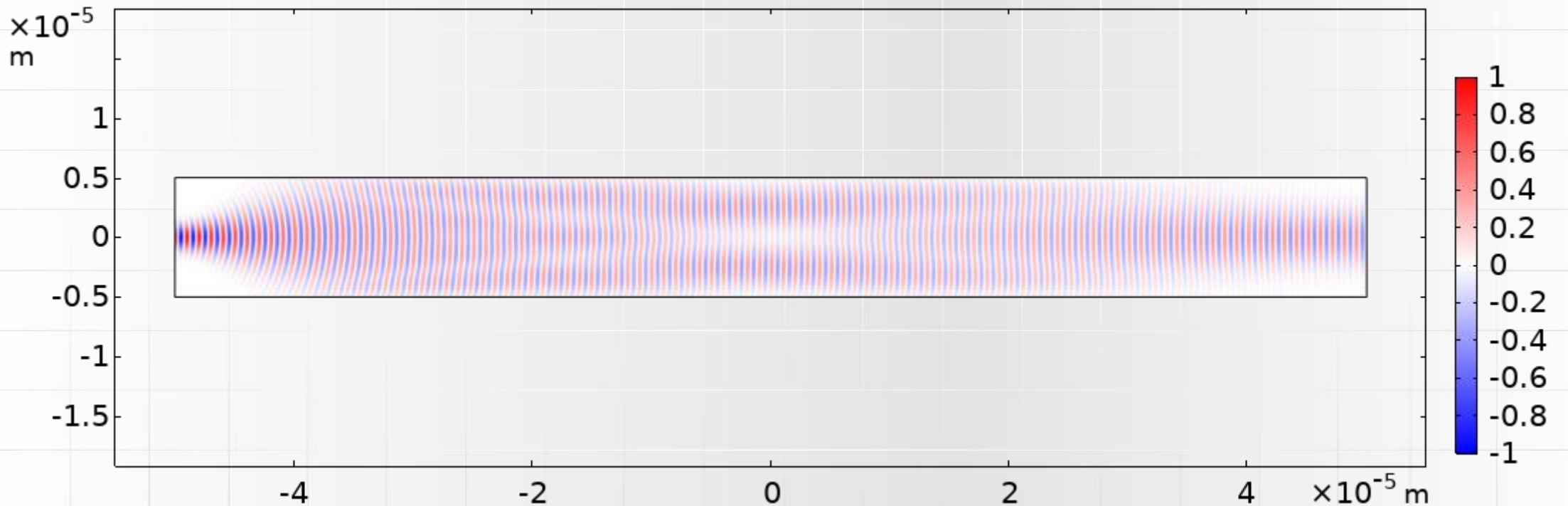
# Propagacja wiązki gaussowskiej

- Przykładowy model pokazujący propagację fali gaussowskiej



# Warunki brzegowe (absorbujące)

- Przykładowy model pokazujący wykorzystanie warstw absorbujących PML (perfectly matched layers)



# Sformułowanie zagadnienia dla obwiedni wiązki

W przypadku obliczeń 3D uwzględniających stosunkowo długie odcinki propagacji przydatne może być sformułowanie zagadnienia jako problemu beam envelope



# Propagacja wiązki gaussowskiej wyższego rzędu

Rozwiązaniem równań Maxwella są fale opisane równaniem

$$E_{l,m} = E_0 \frac{w_0}{w(z)} H_l \left( \sqrt{2} \frac{x}{w(z)} \right) H_m \left( \sqrt{2} \frac{y}{w(z)} \right) \exp \left( -ik \frac{x^2 + y^2}{2q(z)} - ikz + i(l + m + 1)\eta \right)$$

$$E_{l,m} = E_0 \frac{w_0}{w(z)} H_l \left( \sqrt{2} \frac{x}{w(z)} \right) H_m \left( \sqrt{2} \frac{y}{w(z)} \right) \exp \left( -ik \frac{x^2 + y^2}{w^2(z)} - ik \frac{x^2 + y^2}{2R(z)} - ikz + i(l + m + 1)\eta \right)$$

$$z_0 = \frac{\pi n w_0^2}{\lambda} = k \frac{w_0^2}{2}$$

$$q_0 = iz_0$$

$$w^2(z) = w_0^2 \left( 1 + \frac{z^2}{z_0^2} \right)$$

$$R(z) = z \left( 1 + \frac{z_0^2}{z^2} \right)$$

$$q(z) = z + iz_0$$

$$\eta(z) = \tan^{-1} \left( \frac{z}{z_0} \right)$$

$$H_0(x) = 1$$

$$H_1(x) = 2x$$

$$H_2(x) = 4x^2 - 2$$

$$H_3(x) = 8x^3 - 12x$$

$$H_4(x) = 16x^4 - 48x^2 + 12$$



# Propagacja wiązki gaussowskiej wyższego rzędu

Rozwiązaniem równań Maxwella są fale opisane równaniem

$$E_{p,m} = E_0 \frac{w_0}{w(z)} \left( \sqrt{2} \frac{r}{w(z)} \right)^{|m|} L_p^{|m|} \left( \frac{2r^2}{w^2(z)} \right) \exp \left( -ik \frac{r^2}{2q(z)} - ikz + im\phi + i(2p + |m| + 1)\eta \right)$$

$$E_{p,m} = E_0 \frac{w_0}{w(z)} \left( \sqrt{2} \frac{r}{w(z)} \right)^{|m|} L_p^{|m|} \left( \frac{2r^2}{w^2(z)} \right) \exp \left( -ik \frac{r^2}{w^2(z)} - ik \frac{r^2}{2R(z)} - ikz + im\phi + i(2p + |m| + 1)\eta \right)$$

$$L_0^m(x) = 1$$

$$L_1^m(x) = -x + (m + 1)$$

$$L_2^m(x) = \frac{1}{2} [x^2 - 2(m + 2)x + (m + 1)(m + 2)]$$

$$L_3^m(x) = \frac{1}{6} [-x^3 + 3(m + 3)x^2 - 3(m + 2)(m + 3)x + (m + 1)(m + 2)(m + 3)]$$



# Podsumowanie

- Warunki brzegowe w obliczeniach numerycznych
  - rozpraszające (scattering boundary condition)
  - absorbujące (perfectly matched layers)
- Propagacja wiązki gaussowskiej
- Sformułowanie zagadnienia dla obwiedni wiązki
- Propagacja wiązki gaussowskiej wyższego rzędu