

Elektromagnetische golven

De golfvergelijking in 3 dimensies, resp. 1 dimensie voor een verstoring ψ luidt:

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} &= v^2 (\nabla \cdot \nabla) \psi = v^2 \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \right) \\ \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} &= v^2 \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2}\end{aligned}\quad (28.11)$$

Uit de Maxwellvergelijkingen in de vrije ruimte volgt in 3 dimensies, resp. 1 dimensie:

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} &= c^2 (\nabla \cdot \nabla) \vec{E} \quad \text{en} \quad \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = c^2 (\nabla \cdot \nabla) \vec{B} \\ \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} &= c^2 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} \quad \text{en} \quad \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial z^2}\end{aligned}\quad (29.1)$$

Van een electromagnetische golf voldoen alle componenten van $\vec{E}(x, y, z, t)$ en alle componenten van $\vec{B}(x, y, z, t)$ aan de 3-dimensionale golfvergelijking, met voortplantingssnelheid $v = c$.

Als $\vec{E} = \vec{E}(z, t)$ (en dus onafhankelijk is van x en van y) is ook $\vec{B} = \vec{B}(z, t)$, en voldoen \vec{E} en \vec{B} aan de 1-dimensionale golfvergelijking. Voorbeelden van oplossingen zijn dan de lineair gepolariseerde vlakke golven

$$\vec{E}(z, t) = \vec{E}_0 \cos(kz - \omega t) \quad \text{en} \quad \vec{B}(z, t) = \vec{B}_0 \cos(kz - \omega t) \quad (29.4)$$

met

$$\begin{aligned}\omega &= ck \\ \vec{E}_0 &= (E_{0x}, E_{0y}, 0) \quad \text{en} \quad \vec{B}_0 = (B_{0x}, B_{0y}, 0) \\ E_{0x} &= c B_{0y} \quad \text{en} \quad E_{0y} = -c B_{0x}\end{aligned}\quad (29.5)$$

Hieruit volgt voor deze golven:

$$\begin{aligned}\vec{E} \cdot \vec{B} &= 0 \\ E &= cB \\ \vec{v} &= c \hat{z} = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{B^2}\end{aligned}\quad (29.6)$$

dus: $\vec{E} \perp \vec{B}$, en beide zijn transversaal, d.w.z. loodrecht op de voortplantingssnelheid.

De energiedichtheid van electromagnetische golven is een som van 2 gelijke termen:

$$u(z, t) = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2} \mu_0 B^2 \quad (29.11)$$