İleri giden dalgalar (forward travelling wave)

$$\tilde{E}_x(z) = E_{xf}e^{-j(\beta z - \theta_{xf})} + E_{xb}e^{j(\beta z + \theta_{xb})}$$

$$E_x(z,t) = E_{xf}\cos(\omega t - \beta z + \theta_{xf}) + E_{xb}\cos(\omega t + \beta z + \theta_{xb})$$

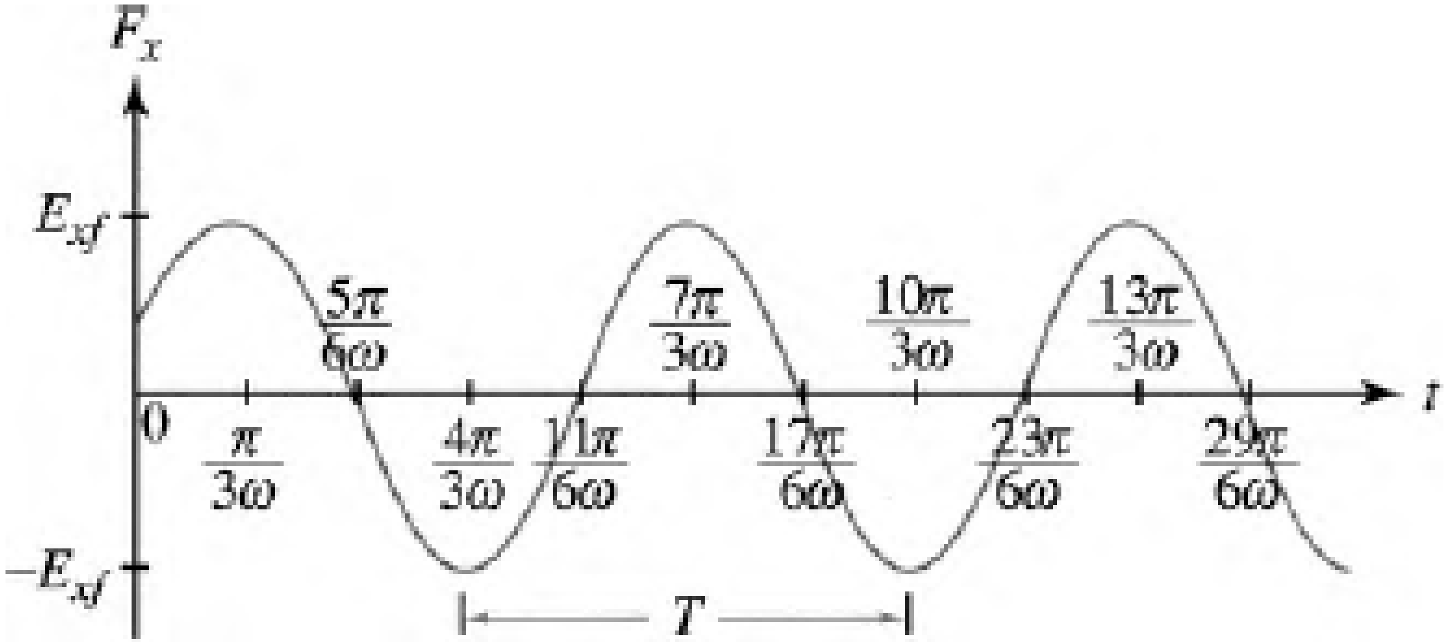
Eşitliğin sağ tarafındaki ilk ifade

$$F_x = E_{xf}\cos(\omega t - \beta z + \theta_{xf}).$$

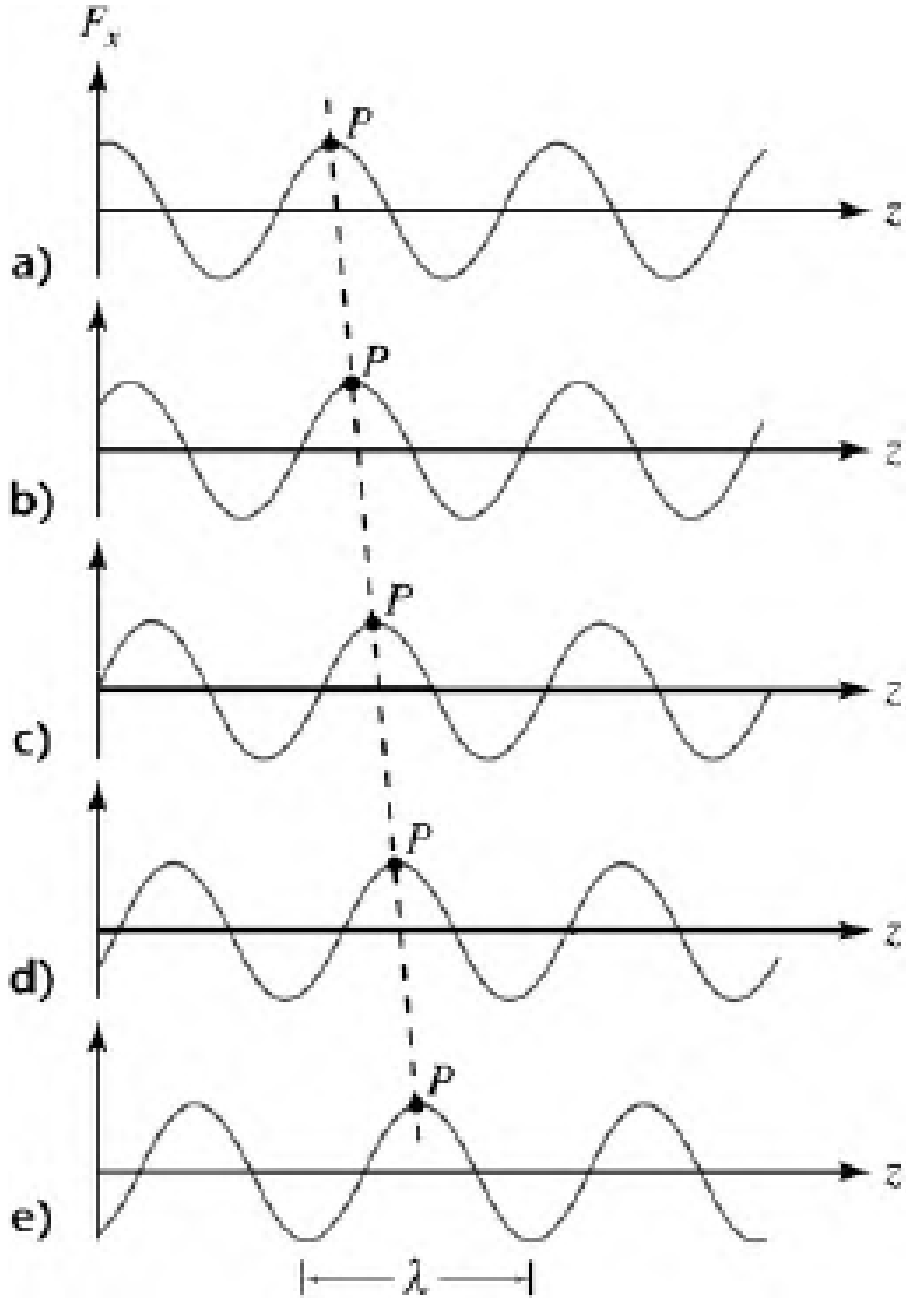
$\beta = \omega\sqrt{\mu\epsilon}$ Yaltıkan ortamda faz sabiti

$$F_x = E_{xf}\cos(\omega t - \beta z + \theta_{xf}),$$

Enine dalga üzerindeki herhangi bir nokta için z sabittir ve yukarıdaki F fonksiyonu ω açısal frekansıyla zamana bağlı olarak sinüsoidal olarak değişir



$$\beta z - \theta_{xf} = \pi/3$$



(a) $\omega t = -\theta_{xf}$

(b) $\omega t = \dfrac{\pi}{4} - \theta_{xf}$

(c) $\omega t = \dfrac{\pi}{2} - \theta_{xf}$

(d) $\omega t = \dfrac{3\pi}{4} - \theta_{xf}$

(e) $\omega t = \pi - \theta_{xf}$

Fx fonsiyonu z konumuna bağlı olarak da değişmektedir. fonksiyon üstündeki herhangi bir P noktasının konumundan ilerleyen dalga olduğu anlaşılır z konumu λ dalgaboyu kadar arttığında, herhangi bir t anında dalganın orjinal genlik ve faz değerinde olduğu görülür

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

Dalga ilerleyen bir dalga ve zaman da durağan olmadığı için aslında sabit görülebilecek tek nicelik dalganın fazıdır.

$$\omega t - \beta z + \theta_{xf} = M$$

Yani zaman arttıkça fazın sabit kalması için z nin de artması gerekir.

sabit faz için, dalganın bir dalgaboyluk mesafeyi bir periyotluk zamanda alması gerekir. herhangi bir ta anında konum

$$z_a = \frac{\omega t_a + \theta_{xf} - M}{\beta}$$

olur ki zamana göre türevi $$u_p = \frac{dz}{dt} = \frac{\omega}{\beta}$$

sabit fazlı düzlemin hızını yani dalganın faz hızını verir ki pozitif yönde ilerleyen bir dalganın faz hızı için

$$\vec{\mathbf{u}}_p = \frac{\omega}{\beta}\vec{\mathbf{a}}_z$$ yazılabilir.

yalıtkan ortamda faz hızı için

$$\beta = \omega\sqrt{\mu\epsilon}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} = c \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$n = \sqrt{\mu_r\epsilon_r}$$ kırınım indeksi

kullanılarak

$$\vec{\mathbf{u}}_p = \frac{c}{n}\vec{\mathbf{a}}_z$$

yazılır.

geri giden dalgalar
(backward travelling wave)

$$E_x(z,t) = E_{xf}\cos(\omega t - \beta z + \theta_{xf}) + E_{xb}\cos(\omega t + \beta z + \theta_{xb})$$

eşitliğin sağ tarafındaki ikinci terim ise -z yönünde ilerleyen yani geri giden dalgaya karşılık gelir ve faz hızı $-\omega/\beta\vec{\mathbf{a}}_z$ olur

$$E_x(z,t) = E_{xf}\cos(\omega t - \beta z + \theta_{xf}) + E_{xb}\cos(\omega t + \beta z + \theta_{xb})$$

ifadesinin y ekseni için yani y elektrik alanın y bileşeni için dalga denkleminin
çözümü olarak hem ileri hem de geri giden bileşenlerden oluşacak şekilde

$$E_y(z,t) = E_{yf}\cos(\omega t - \beta z + \theta_{yf}) + E_{yb}\cos(\omega t + \beta z + \theta_{yb})$$

biçiminde yazılabilir

Sınırsız yalıtkan ortam

Bu durumda sadece ileri giden bir dalga vardır ve
bu yön pozitif z yönü olarak düşünülürse elektrik alanın
X ve y bileşenlerinin fazör gösterimi

$$\hat{E}_x(z) = E_{xf} e^{-j(\beta z - \theta_{xf})}$$

$$\hat{E}_y(z) = E_{yf} e^{-j(\beta z - \theta_{yf})}$$

Biçiminde olur

$$\nabla \times \vec{\mathbf{E}} = -\mu \frac{\partial \vec{\mathbf{H}}}{\partial t} \qquad \nabla \times \tilde{\vec{\mathbf{E}}} = -j\omega \tilde{\vec{\mathbf{B}}}$$

Maxwell denklemi kullanılarak manyetik alanın x ve y bileşen
Lerinin fazör gösterimleri elde edilebilir

$$\hat{H}_x(z) = -\sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}}\,\hat{E}_y(z)$$

$$\hat{H}_y(z) = \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}}\,\hat{E}_x(z)$$

$$\eta = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$$

$$\vec{\mathbf{a}}_z \times \tilde{\vec{\mathbf{E}}} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}\,\tilde{\vec{\mathbf{H}}}$$

$$\vec{\mathbf{a}}_z \times \tilde{\vec{\mathbf{E}}} = \eta \tilde{\vec{\mathbf{H}}}$$

$$\eta = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$$

intrinsic impedance : TEM

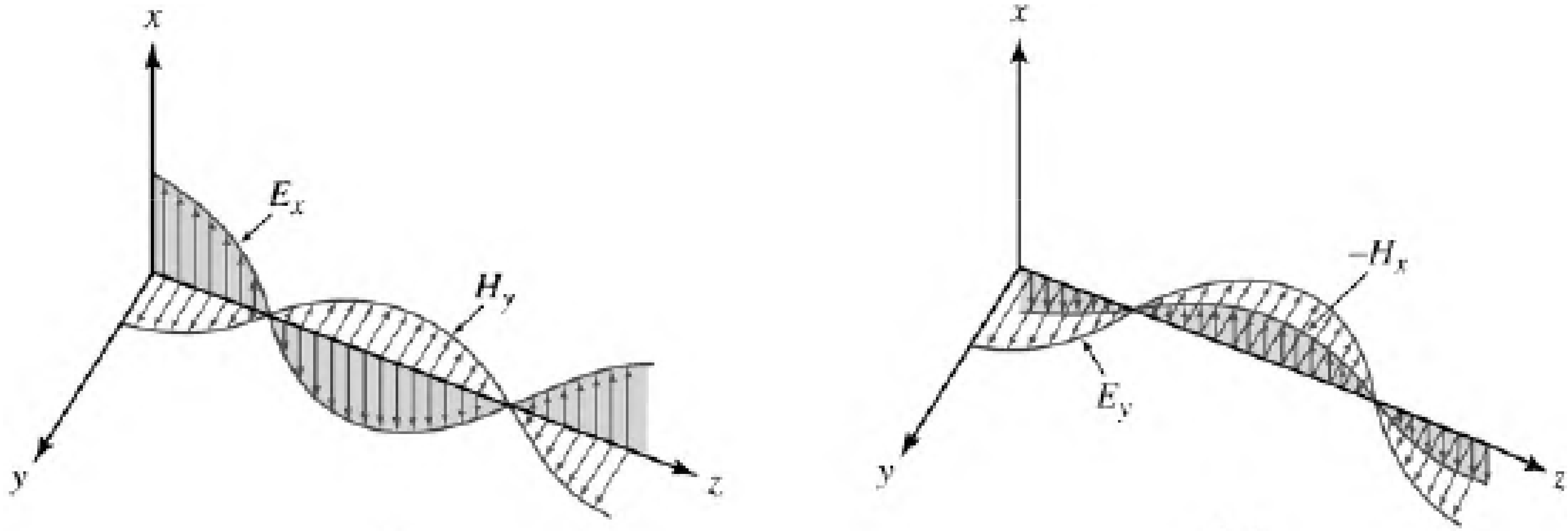
dalgasının empedansı

$$\vec{\mathbf{a}}_z \times \vec{\mathbf{E}} = \eta \vec{\mathbf{H}}$$

A / m

V / m

dalga yalıtkan bir ortamda ilerliyorsa η (eta) saf dirençtir dalga yalıtkan bir ortamda ilerliyorsa η (eta) saf dirençtir, yani yalıtkan ortamda elektrik ve manyetik alanların ilgili bileşenleri aşağıdaki gibi aynı fazdadır



a) b)

ÖRNEK: yalıtkan ortamda y doğrultusunda ilerleyen düzgün bir düzlem dalgaya ait elektrik alan,

$$\vec{E} = 377\cos(10^9 t - 5y)\vec{a}_z \text{ V/m}$$

olarak veriliyor. $(\mu = \mu_0, \epsilon = \epsilon_r \epsilon_0)$

a) dielectric sabitini
b) ilerleme hızını
c) intrinsic empedansı
d) dalgaboyunu
e) manyetik alan şiddetini belirleyiniz.

BOŞ UZAYDA DÜZLEM DALGA

boş uzay ya da vakum ortamı , yalıtkan ortamın özel bir durumu olarak görülebilir.

$$\epsilon = \epsilon_0 \text{ and } \mu = \mu_0$$

boş uzayda ilerleyen dalgalar

AM radio (535–1605 kHz)

shortwave radio (2–26 MHz)

VHF television and FM radio (54–216 MHz)

UHF television (470– 806 MHz)

uydu ve radar iletişim bandındaki GHz frekansındakiler

$$\beta_0 = \omega\sqrt{\mu_0\epsilon_0} = \frac{\omega}{c}$$

$$c = 1/\sqrt{\mu_0\epsilon_0} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$u_p = \frac{\omega}{\beta_0} = c$$ boş uzaydaki dalga hızı

elektromanyetik dalgalar boş uzayda ışık hızıyla ilerlerler.

ÖRNEK: boş uzaydaki düzgün bir düzlem dalgaya ait elektrik alan,

$$\vec{E} = 94.25 \cos(\omega t + 6z)\vec{a}_x \text{ V/m.}$$

olarak veriliyor.

a) ilerleme hızını
b) dalgaboyunu
c) manyetik alan şiddetini belirleyiniz.
d) ortamdaki ortalama güç yoğunluğunu belirleyiniz