

ΑΡΧΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Φασιθέτες-2

1. Τι σημαίνει φυσικά ο φασιθέτης

Ο φασιθέτης (phasor) **ΔΕΝ** είναι το πραγματικό κύμα. Είναι ένας τρόπος να περιγράψουμε ένα αρμονικό κύμα αποθηκεύοντας το **πλάτος**, τη **φάση** και τη **διεύθυνσή** του.

Στο τέλος παίρνουμε το πραγματικό πεδίο ως το **πραγματικό μέρος**.

Αρμονικό ηλεκτρικό πεδίο

$$E(x, t) = E_0 \cos(\omega t - kx + \phi)$$

↓
Ως φασιθέτης γράφεται:

$$\tilde{E}(x) = E_0 e^{-j(kx - \phi)} = E_0 e^{-jkx} e^{j\phi}$$

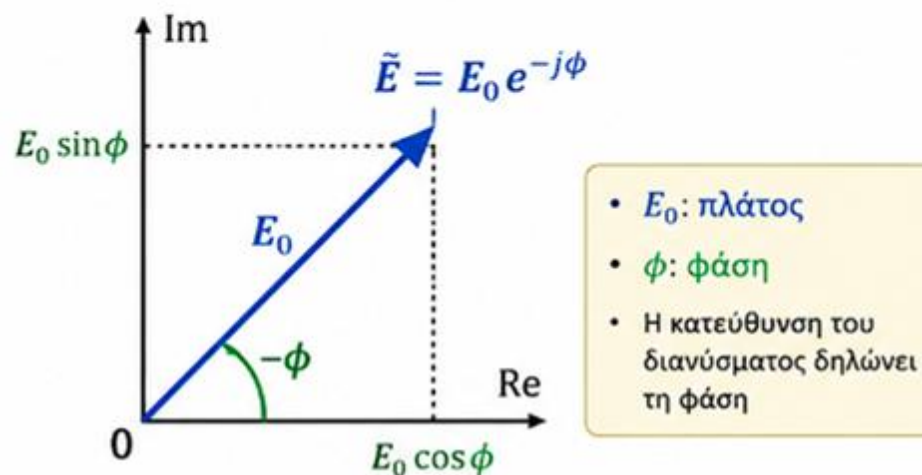
↓
Το πραγματικό πεδίο προκύπτει από:

$$E(x, t) = \text{Re} \{ \tilde{E}(x) e^{j\omega t} \}$$

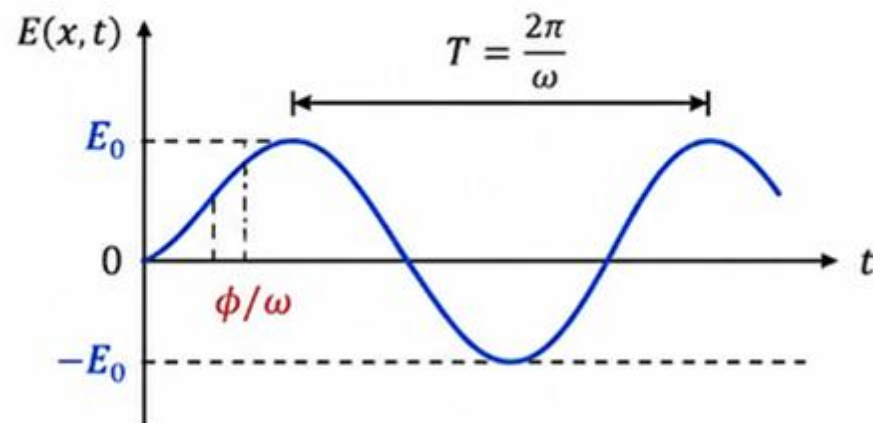
Συμπέρασμα

- ✓ Ο φασιθέτης απλοποιεί τους υπολογισμούς.
- ✓ Κάνει πράξεις με τα πλάτη και τις φάσεις.
- ✓ Στο τέλος παίρνουμε το **πραγματικό μέρος** για να βρούμε το φυσικό κύμα.

Αναπαράσταση ως φασιθέτης (στο μιγαδικό επίπεδο)



Το πραγματικό κύμα στο χρόνο (σε ένα σημείο x)



2. Φυσική έννοια της φάσης

Η **φάση** ενός κύματος καθορίζει τη στιγμιαία κατάσταση ταλάντωσης σε κάθε σημείο.

Η **διαφορά φάσης** μεταξύ δύο κυμάτων καθορίζει αν **ενισχύονται** ή **αναιρούνται**.

Περίπτωση

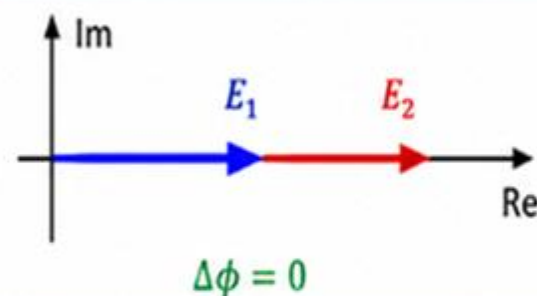
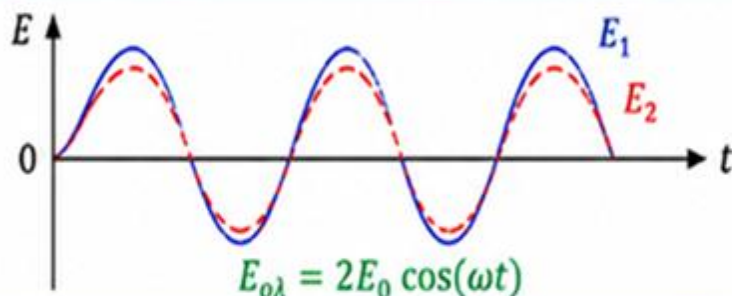
Χρονική αναπαράσταση (E στο χρόνο)

Αναπαράσταση φασιθετών (μιγαδικό επίπεδο)

Ίδια φάση

($\Delta\phi = 0$)

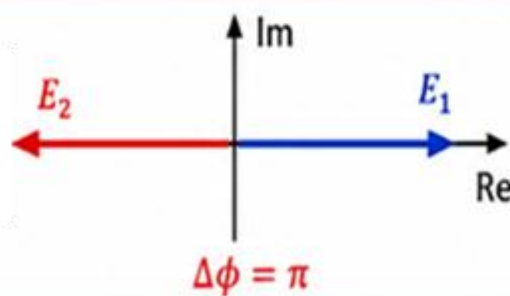
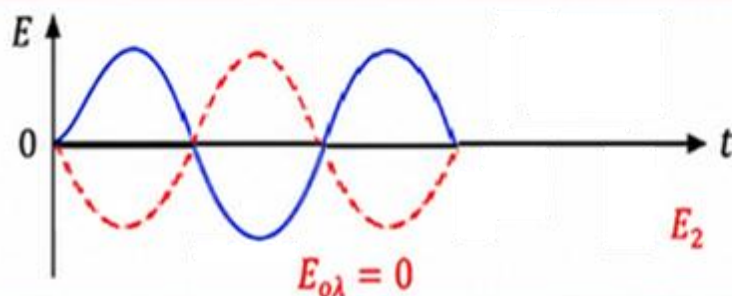
Τα κύματα ενισχύονται
(κατασκευαστική συμβολή).



Αντίθετη φάση

($\Delta\phi = \pi$)

Τα κύματα αναιρούνται
(καταστροφική συμβολή).



Συμπέρασμα:

- $\Delta\phi = 0 \Rightarrow$ μέγιστη ενίσχυση (τα κύματα "συνεργάζονται").
- $\Delta\phi = \pi \Rightarrow$ πλήρης ακύρωση (τα κύματα "αναιρούνται").
- $0 < \Delta\phi < \pi \Rightarrow$ μερική ενίσχυση (το πλάτος αυξάνεται ή μειώνεται).

$$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$$

3. Σχέση μήκους κύματος με το μέσο

Η **συχνότητα** του κύματος παραμένει ίδια όταν περνά από το ένα μέσο στο άλλο, αλλά αλλάζει η **ταχύτητα διάδοσης** και άρα αλλάζει το **μήκος κύματος**.

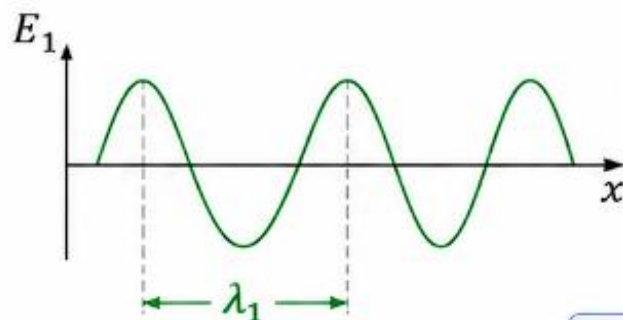
Μέσο (1)

Ταχύτητα: $v_1 = \frac{1}{\sqrt{\mu_1 \epsilon_1}}$

Μήκος κύματος: λ_1

Συχνότητα: f

(ίδια σε όλα τα μέσα)



$$v_1 = f\lambda_1$$

Διεπιφάνεια μεταξύ δύο μέσων

Πρόσπτωση

Διάδοση

Η συχνότητα διατηρείται:

$$f_1 = f_2 = f$$

Βασική σχέση:

$$v = f\lambda$$

$$\text{Επειδή } f \text{ είναι ίδια} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

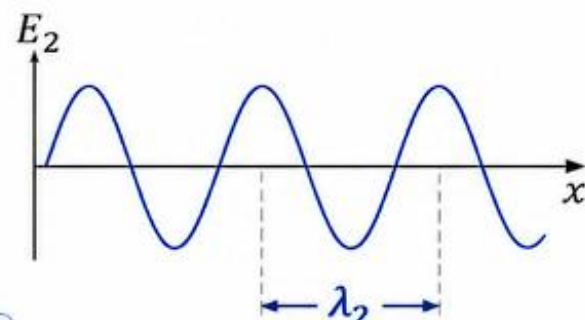
Μέσο (2)

Ταχύτητα: $v_2 = \frac{1}{\sqrt{\mu_2 \epsilon_2}}$

Μήκος κύματος: λ_2

Συχνότητα: f

(ίδια με το μέσο 1)



$$v_2 = f\lambda_2$$

• Αν $v_2 < v_1$ (π.χ. είσοδος σε οπτικά πυκνότερο μέσο, $\sqrt{\mu_2 \epsilon_2} > \sqrt{\mu_1 \epsilon_1}$)



τότε $\lambda_2 < \lambda_1$ (το μήκος κύματος **μικραίνει**)

• Αν $v_2 > v_1$ (π.χ. σε οπτικά αραιότερο μέσο)



τότε $\lambda_2 > \lambda_1$ (το μήκος κύματος **μεγαλώνει**)



Συμπέρασμα:

Η **συχνότητα** δεν αλλάζει, αλλά η **ταχύτητα** αλλάζει λόγω των ιδιοτήτων του μέσου.

Άρα αλλάζει και το **μήκος κύματος** σύμφωνα με τη σχέση $v = f\lambda$

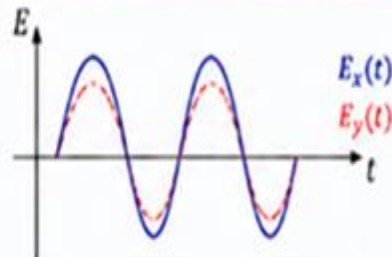
4. Πόλωση (πολύ εισαγωγικά)

Η **πόλωση** καθορίζεται από τον τρόπο με τον οποίο το διάνυσμα του ηλεκτρικού πεδίου $\vec{E}$ ταλαντώνεται κάθετα προς τη διεύθυνση διάδοσης. Χρησιμοποιούμε **φαισθίτες** (phasors) για να περιγράψουμε τις δύο κάθετες συνιστώσες του $\vec{E}$.

1) Γραμμική πόλωση

(α) Χρονική αναπαράσταση (σε ένα σημείο)

Πώς μεταβάλλονται οι συνιστώσες με τον χρόνο

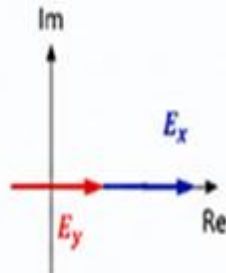


$$\Delta\phi = 0 \text{ ή } \pi$$

(σε φάση ή αντιφάση)

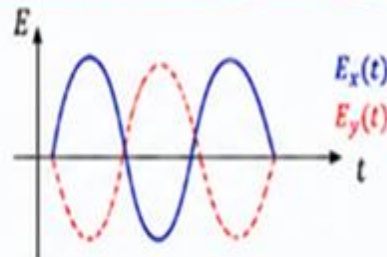
(β) Φαισθίτες (στο μαθητικό επίπεδο)

Σταθερές περιστροφές που κωδικοποιούν πλάτος & φάση

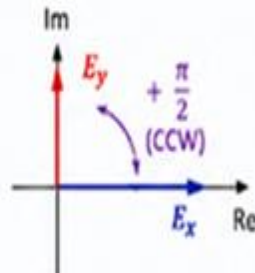


Οι φαισθίτες είναι συγγραμμικοί (διαφορά φάσης 0 ή π).
Το $\vec{E}$ ταλαντώνεται σε μία σταθερή διεύθυνση.

2) Κυκλική πόλωση (ιδέα)

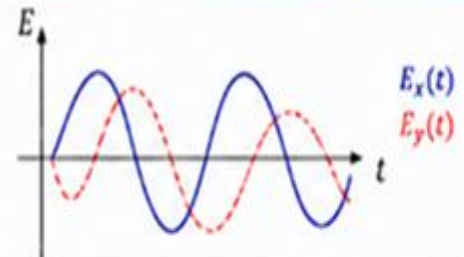


$$|E_x| = |E_y| \text{ και } \Delta\phi = +\frac{\pi}{2} \text{ (CCW)} \\ \text{ή } \Delta\phi = -\frac{\pi}{2} \text{ (CW)}$$



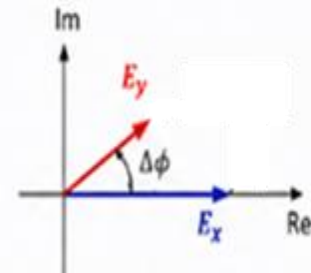
Ίσα πλάτη και διαφορά φάσης $\pm 90^\circ$.
Οι φαισθίτες είναι κάθετοι και ίσου μήκους.

3) Ελλειπτική πόλωση (γενική περίπτωση)



$$\text{Γενικά: } E_x \neq E_y \text{ ή } 0 < |\Delta\phi| < \pi$$

(ούτε σε φάση ούτε κάθετοι)



Γενικά άνισα πλάτη και αυθαίρετη διαφορά φάσης $\Delta\phi$.
Οι φαισθίτες δεν είναι κάθετοι ούτε ίσου μήκους.

Ερωτήσεις

1. Πώς προκύπτει το πραγματικό ηλεκτρικό πεδίο από τον φασιθέτη;
2. Για ποια διαφορά φάσης $\Delta\phi$ δύο κυμάτων έχω ενίσχυση και για ποια ακύρωση του συνολικού κύματος;
3. Όταν ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα περνά από ένα μέσο σε άλλο, ποιο μέγεθος παραμένει σταθερό και ποια μεγέθη αλλάζουν;