

Αρμονικό κύμα, που διαδίδεται στα θετικά

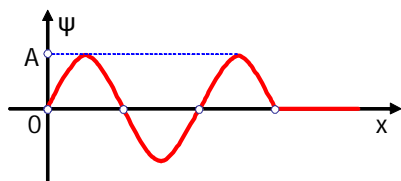
- Εξίσωση αρμονικού κύματος.

$$\psi(x,t) = A \cdot \eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

- Ταχύτητα (διάδοσης) του κύματος.

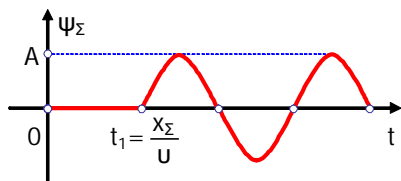
$$u = \lambda \cdot f = \frac{\lambda}{T}$$

- Στιγμιότυπο αρμονικού κύματος ($t = ct$).



$$\psi(x) = A \cdot \eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

- Ταλάντωση ενός σημείου Σ του ελαστικού μέσου, στο οποίο διαδίδεται το κύμα ($x = ct$).



$$\psi(t) = A \cdot \eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

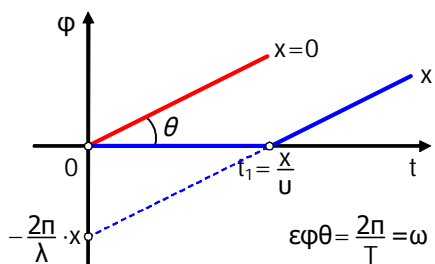
$$t_1 \geq \frac{x}{u}$$

- Φάση αρμονικού κύματος (σε rad).

$$\varphi(x,t) = 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

- Διάγραμμα της φάσης των διαφόρων σημείων του κύματος, σε συνάρτηση με το χρόνο $\varphi = f(t)$.

"Η φάση ταλάντωσης κάθε σημείου, αυξάνεται με το χρόνο"



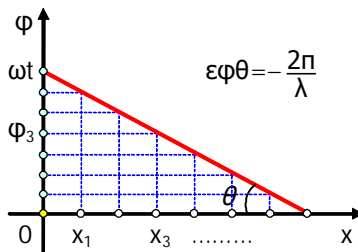
$$\varphi(t) = \frac{2\pi}{T} \cdot t - \frac{2\pi}{\lambda} \cdot x$$

- Διαφορά στη φάση της ταλάντωσης, ενός σημείου Σ.

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{T} \cdot \Delta t$$

- Στιγμιότυπο φάσης $\varphi = f(x)$.

" Όσο πιο μακριά από την πηγή βρίσκεται ένα σημείο, τόσο μικρότερη φάση έχει "



$$\varphi(x) = -\frac{2\pi}{\lambda} \cdot x + \frac{2\pi}{T} \cdot t$$

- Διαφορά φάσης δυο σημείων (που απέχουν Δx), την ίδια στιγμή.

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta x$$

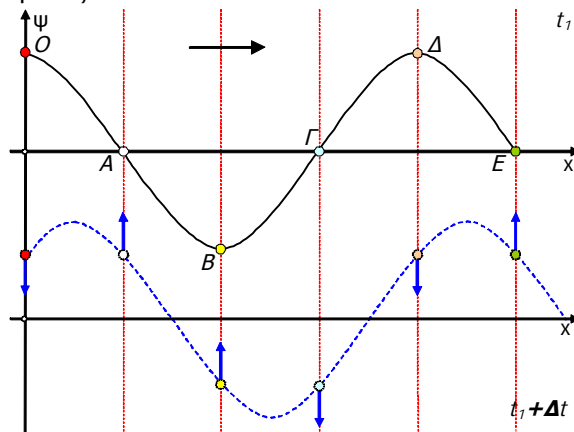
- Ταχύτητα ταλάντωσης (ωκύτητα), κάθε σημείου του ελαστικού μέσου.

$$v = v_{\max} \cdot \sigma\upsilon\nu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right), \text{ για } t_1 \geq \frac{x}{u}$$

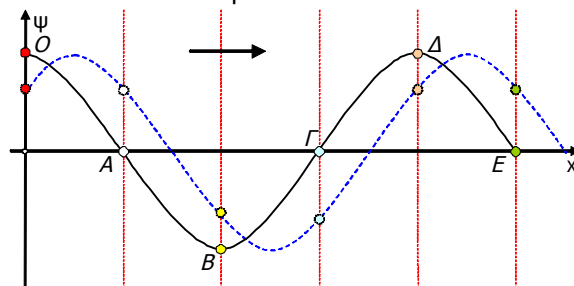
- Μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης, κάθε σημείου του ελαστικού μέσου.

$$v_{\max} = \omega \cdot A$$

- Διαδοχικά στιγμιότυπα δεξιά διαδιδόμενου, αρμονικού κύματος.

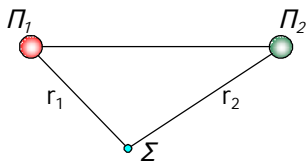


ή πιο καλά ...



Συμβολή δυο κυμάτων

- Εξίσωση ταλάντωσης ενός σημείου Σ στο οποίο υπάρχει συμβολή κυμάτων, κύματα που παράγουν δυο σύγχρονες πηγές Π₁ και Π₂.



$$\psi = A' \cdot \eta \mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{r_1 + r_2}{2\lambda} \right)$$

- Πλάτος ταλάντωσης ενός σημείου Σ, στο οποίο υπάρχει συμβολή κυμάτων.

$$A' = 2A \cdot \left| \sigma \nu \nu 2\pi \left(\frac{r_1 - r_2}{2\lambda} \right) \right|$$

- "Ξετυλιγμένη" εξίσωση ταλάντωσης ενός σημείου Σ, στο οποίο συμβάλλουν δυο όμοια κύματα.

$$\psi = 2A \cdot \sigma \nu \nu 2\pi \left(\frac{r_1 - r_2}{2\lambda} \right) \cdot \eta \mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{r_1 + r_2}{2\lambda} \right)$$

- Μέγιστο πλάτος, στη συμβολή των κυμάτων.

$$A'_{\max} = 2A$$

- Ενισχυτική συμβολή. Συνθήκη ώστε κάποιο σημείο Σ του ελαστικού μέσου λόγω συμβολής, να ταλαντώνεται με το μέγιστο πλάτος ($A_{\Sigma} = 2A$).

$$|r_1 - r_2| = N \cdot \lambda = 2N \cdot \frac{\lambda}{2}, N = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

- Αναιρετική ή καταστρεπτική συμβολή. Συνθήκη ώστε κάποιο σημείο Σ του ελαστικού μέσου λόγω συμβολής, να παραμένει διαρκώς ακίνητο ($A_{\Sigma} = 0$).

$$A \nu |r_1 - r_2| = (2N + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}, N = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

- Έλεγχος** της διαφοράς δρόμου $|r_1 - r_2|$ από τις πηγές, για ενισχυτική ή αναιρετική συμβολή στο σημείο Σ.

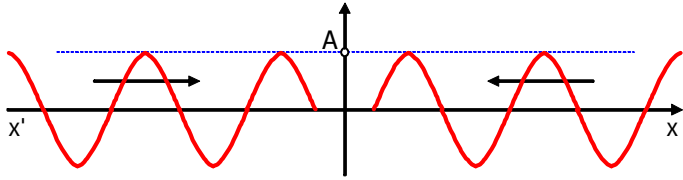
$$\text{Ελέγχω αν } |r_1 - r_2| = n \cdot \frac{\lambda}{2} \Rightarrow n = \frac{2}{\lambda} \cdot |r_1 - r_2|.$$

- Αν $n = 2N$ (άρτιος), για το σημείο Σ, το $A' = 2A$.
- Αν $n = 2N + 1$ (περίττος), για το σημείο Σ, το $A' = 0$.
- Αν $n \notin \mathbb{Z}$, για το σημείο Σ, το $A' = 2A \cdot \left| \sigma \nu \nu 2\pi \left(\frac{r_1 - r_2}{2\lambda} \right) \right|$.

Στάσιμο κύμα

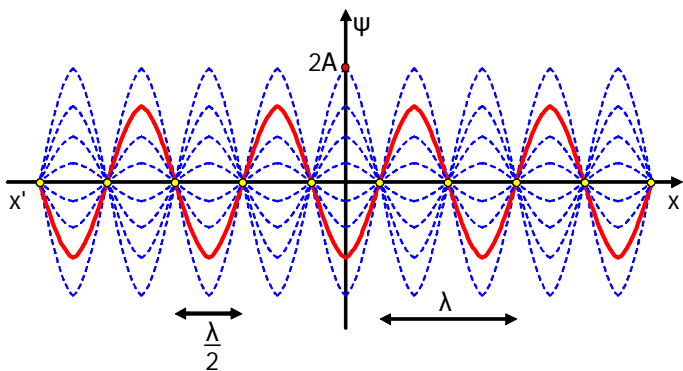
- Οι εξισώσεις των δυο αρμονικών κυμάτων, που δημιουργούν το στάσιμο κύμα.

$$\psi_{1,2} = A \cdot \eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda} \right)$$



- Εξίσωση στασίμου κύματος (με αρχή κοιλία).

$$\psi = A' \cdot \eta\mu \omega t$$



- Πλάτος διαφόρων σημείων του στασίμου κύματος.

$$A' = 2A \cdot \left| \sigma\upsilon\nu \frac{2\pi}{\lambda} x \right|$$

- Μέγιστο πλάτος στασίμου κύματος (κοιλιών).

$$A'_{\max} = 2A$$

- "Ξετυλιγμένη" η εξίσωση του στασίμου κύματος.

$$\psi = 2A \cdot \sigma\upsilon\nu \frac{2\pi}{\lambda} x \cdot \eta\mu \frac{2\pi}{T} t$$

- Θέσεις κοιλιών στασίμου κύματος.

$$x_k = k \cdot \frac{\lambda}{2} = 2k \cdot \frac{\lambda}{4}, \quad k \in \mathbb{Z}$$

- Θέσεις δεσμών (ακίνητων σημείων) στασίμου κύματος.

$$x_{\Delta} = (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{4}, \quad k \in \mathbb{Z}$$

- Απόσταση $x_1 - x_2$ δυο διαδοχικών δεσμών (ή κοιλιών).

$$x_1 - x_2 = \frac{\lambda}{2}$$

- Ταχύτητα ταλάντωσης κάθε σημείου του μέσου, στο οποίο "διαδίδεται" το στάσιμο κύμα.

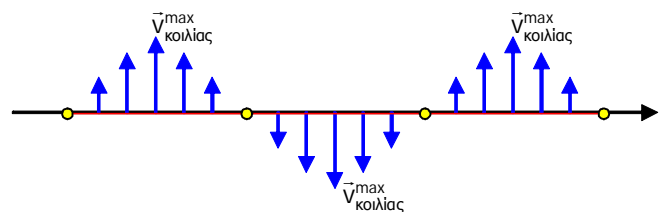
$$v = v_{\max} \cdot \sigma\upsilon\nu \omega t \quad (\text{όπου } v_{\max} = \omega \cdot A')$$

- "Ξετυλιγμένη" η εξίσωση ταλάντωσης κάθε σημείου του μέσου, που "διαδίδεται" το στάσιμο κύμα.

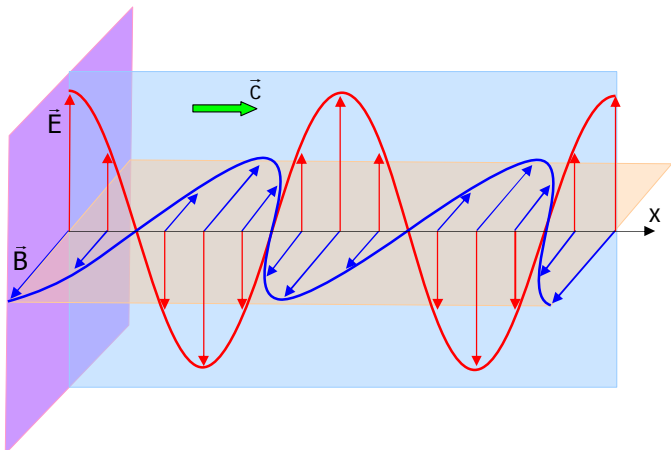
$$v = \omega \cdot (2A \cdot \sigma\upsilon\nu \frac{2\pi}{\lambda} x) \cdot \sigma\upsilon\nu \frac{2\pi}{T} t$$

- Μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης μιας κοιλίας.

$$v_{\text{κοιλίας}}^{\max} = \omega \cdot A'_{\max} = \omega \cdot 2A$$



Ηλεκτρομαγνητικό κύμα (Η.Μ)



- Εξίσωση ηλεκτρικού κύματος.

$$E = E_{\max} \cdot \eta \mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

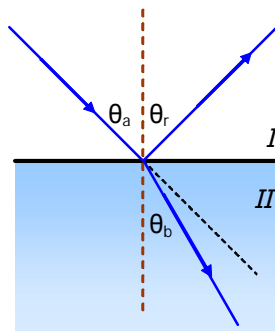
- Εξίσωση μαγνητικού κύματος.

$$B = B_{\max} \cdot \eta \mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

- Ταχύτητα (διάδοσης) ηλεκτρομαγνητικού (Η.Μ) κύματος.

$$c = \lambda_0 \cdot f = \frac{\lambda_0}{T} = \frac{E}{B} = \frac{E_{\max}}{B_{\max}}$$

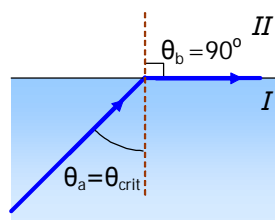
- Νόμος διάθλασης (Snell).



$$n_I \cdot \eta \mu \theta_a = n_{II} \cdot \eta \mu \theta_b$$

$$\frac{n_I}{n_{II}} = \frac{\eta \mu \theta_b}{\eta \mu \theta_a} = \frac{\lambda_{II}}{\lambda_I} = \frac{u_{II}}{u_I}$$

- Κρίσιμη (οριακή γωνία) στην ολική ανάκλαση.



$$\eta \mu \theta_{\text{crit}} = \frac{n_{II}}{n_I}$$

- Συνθήκη ολικής ανάκλασης (ψάχνοντας min ή max)

$$\theta_a \geq \theta_{\text{crit}} \Rightarrow \eta \mu \theta_a \geq \eta \mu \theta_{\text{crit}} \Rightarrow \eta \mu \theta_a \geq \frac{n_{II}}{n_I}$$