1) Το **αποτέλεσμα της συμβολής** δύο κυμάτων που προέρχονται από σύγχρονες πηγές σ᾽ ένα ορισμένο σημείο Η του μέσου, εξαρτάται από τη **διαφορά φάσης** των ταλαντώσεων που αναγκάζεται να εκτελέσει το σημείο αυτό εξαιτίας των δύο κυμάτων. Η διαφορά φάσης οφείλεται στη χρονική διαφορά με την οποία φθάνουν τα κύματα στο συγκεκριμένο σημείο, λόγω των διαφορετικών αποστάσεων r_1, r_2 που διανύουν από την κάθε πηγή μέχρι το σημείο.

Συγκεκριμένα, έστω ότι το σημείο Η εκτελεί εξαιτίας κάθε κύματος τις ταλαντώσεις:

$$y_1 = A\eta\mu 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{r_1}{\lambda}) \quad \text{και} \quad y_2 = A\eta\mu 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{r_2}{\lambda}).$$

Έστω ότι $r_1 < r_2$, οπότε η συμβολή ξεκινά τη χρονική στιγμή: $t_2 = \frac{r_2}{\upsilon}$.

Η διαφορά φάσης των δύο ταλαντώσεων δίνεται από τη σχέση $(r_1 < r_2 \Rightarrow \varphi_1 > \varphi_2)$:

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{r_1}{\lambda}) - 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{r_2}{\lambda}) = \frac{2\pi}{\lambda}(r_2 - r_1)$$

Αντικαθιστώντας στον τύπο που δίνει το πλάτος ταλάντωσης μετά τη συμβολή έχουμε:

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

Αν τα κύματα συμβάλλοντας στο σημείο Η, βρίσκονται σε συμφωνία φάσης τότε:

$$\Delta\varphi = 2\kappa\pi \Rightarrow A' = 2A\left|\sigma\upsilon\nu\frac{2\kappa\pi}{2}\right| = 2A|\sigma\upsilon\nu(\kappa\pi)| = 2A,$$ δηλαδή ενίσχυση.

Αν τα κύματα συμβάλλοντας στο σημείο Η, βρίσκονται σε αντίθεση φάσης τότε:

$$\Delta\varphi = (2\kappa+1)\pi \Rightarrow A' = 2A\left|\sigma\upsilon\nu\frac{(2\kappa+1)\pi}{2}\right| = 0,$$ δηλαδή απόσβεση.

Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση έχουμε ενδιάμεσο πλάτος ταλάντωσης.

Εφαρμογή

Σε δύο σημεία της επιφάνειας ενός υγρού βρίσκονται δύο σύγχρονες πηγές κυμάτων, οι οποίες ταλαντώνονται κατακόρυφα με εξίσωση ταλάντωσης: $y = 0,1\eta\mu 10\pi t (S.I)$. Τα κύματα διαδίδονται στην επιφάνεια του υγρού με ταχύτητα $\upsilon = 2\frac{m}{s}$. Σ' ένα σημείο Η τα κύματα συμβάλλουν με διαφορά φάσης $\Delta\varphi = 2,5\pi rad$. Να βρείτε το πλάτος της ταλάντωσης του σημείου Η μετά τη συμβολή.

Απάντηση

$$A' = 2A\left|\sigma\upsilon\nu\frac{2,5\pi}{2}\right| = 2A\left|\sigma\upsilon\nu(1,25\pi)\right| = 2A\left|\sigma\upsilon\nu\frac{5\pi}{4}\right| = 2A\frac{\sqrt{2}}{2} = A\sqrt{2} \Rightarrow A' = 0,1\sqrt{2}m$$

2) Όταν ζητάμε την **εξίσωση** της συνισταμένης ταλάντωσης ενός ορισμένου σημείου Η του μέσου ή την **απομάκρυνση** του σημείου αυτού μια ορισμένη χρονική στιγμή, χρησιμοποιούμε τον όρο $A' = 2A\sigma\upsilon\nu(2\pi\frac{r_2 - r_1}{2\lambda})$ **χωρίς απόλυτη τιμή.**

Εφαρμογή

Αν το σημείο Η απέχει από τις δύο πηγές αποστάσεις $r_1 = 1,5m$ και $r_2 = 2m$ αντίστοιχα, να γραφεί η εξίσωση ταλάντωσής του μετά τη συμβολή των δύο κυμάτων και να βρεθεί η απομάκρυνσή του τη χρονική στιγμή $t = 2s$

Απάντηση

$$y = 2A\sigma\upsilon\nu(2\pi\frac{r_2 - r_1}{2\lambda})\cdot\eta\mu 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{r_1 + r_2}{2\lambda}) = 0,2\sigma\upsilon\nu(2\pi\frac{2-1,5}{2\cdot 0,4})\eta\mu 2\pi(5t - \frac{2+1,5}{2\cdot 0,4}) \Rightarrow$$

$$y = 0,2\sigma\upsilon\nu(\frac{5\pi}{4})\eta\mu 2\pi(5t - 4,375) \Rightarrow y = 0,2(-\frac{\sqrt{2}}{2})\eta\mu(10\pi t - 8,75\pi) \Rightarrow$$

$$y = -0,1\sqrt{2}\eta\mu(10\pi t - 8,75\pi)(S.I)$$

Η πιο πάνω σχέση ισχύει για $t \ge \frac{r_2}{\upsilon} = 1s$

Η απομάκρυνση του σημείου Η τη χρονική στιγμή $t = 2s$ είναι ίση με:

$$y = -0,1\sqrt{2}\cdot\eta\mu(10\pi\cdot 2 - 8,75\pi) = -0,1\sqrt{2}\cdot\eta\mu(11,25\pi) \Rightarrow$$

$$y = -0,1\sqrt{2}\cdot\eta\mu(10\pi + \frac{5\pi}{4}) = -0,1\sqrt{2}(-\frac{\sqrt{2}}{2}) \Rightarrow y = 0,1m$$

3) Αν τα κύματα που συμβάλλουν σ' ένα ορισμένο σημείο Η δε βρίσκονται σε φάση, οπότε **το αποτέλεσμα της συμβολής δεν είναι ενίσχυση**, τότε για να βρούμε ποια **χρονική στιγμή** φθάνει σε ορισμένη θέση της **συνισταμένης** ταλάντωσης, π.χ: στη θετική ακρότατη, πρέπει **αναγκαστικά** να χρησιμοποιήσουμε

τριγωνομετρική εξίσωση. Δεν μπορούμε να προσθέσουμε στη χρονική στιγμή έναρξης της συμβολής το χρόνο που χρειάζεται για να μεταβεί από τη θέση ισορροπίας στην ακρότατη, δηλαδή $\frac{T}{4}$, αφού τη στιγμή που φθάνει και το δεύτερο κύμα, δηλαδή τη στιγμή έναρξης της συμβολής, το σημείο δε βρίσκεται στη θέση ισορροπίας.

Εφαρμογή

Να βρεθεί ποια χρονική στιγμή το σημείο Η φθάνει για $1^{η}$ φορά στη θέση μέγιστης θετικής απομάκρυνσης $y = 0,1\sqrt{2}m$

Απάντηση

$$y = -0,1\sqrt{2}\eta\mu(10\pi t - 8,75\pi) = 0,1\sqrt{2} \Rightarrow \eta\mu(10\pi t - 8,75\pi) = -1 = \eta\mu\frac{3\pi}{2} \Rightarrow$$

$$10\pi t - 8,75\pi = 2k\pi + \frac{3\pi}{2} \Rightarrow 10\pi t = 2k\pi + 10,25\pi \Rightarrow t = 0,2k + 1,025$$

Όμως:
$$t > 1s \Rightarrow 0,2k + 1,025 > 1 \Rightarrow 0,2k > -0,025 \Rightarrow k > -0,125 \Rightarrow k = 0,1,2,......$$

Η $1^{η}$ φορά αντιστοιχεί σε: $k = 0 \Rightarrow t = 1,025s$