Τα κύματα Ivanov και το θέμα Γ.

Όταν πρωτοδιάβασα το θέμα, η πρώτη απάντηση ήταν ότι πρόκειται για διακρότημα. Η ανάλυση του Διονύση Μάργαρη ότι μπορεί να ερμηνευτεί και με στάσιμο κύμα ήταν μια έκπληξη.

Πριν παρουσιάσω την άποψή μου θα ήθελα να κάνω κάποιες αρχικές παρατηρήσεις.

- Η τονούμενες εξισώσεις που βγάζεις Διονύση Μητρόπουλε δεν είναι αλχημείες αλλά οι εξισώσεις που προκύπτουν από τις εξισώσεις των δύο κυμάτων αν εφαρμόσουμε μετασχηματισμό Γαλιλαίου.
- Πράγματι έχουμε να κάνουμε με ένα φαινόμενο που σε επίπεδο κλασσικής Φυσικής έχουμε δύο ποιοτικά διαφορετικές ερμηνείες εξαρτώμενες από το σύστημα αναφοράς.
- Φαίνεται λογικό να «ακολουθήσουμε τον παρατηρητή» και να μελετήσουμε το φαινόμενο στο σύστημα ηρεμίας του. Ὅμως η άποψη ότι στην μελέτη των μηχανικών κυμάτων το μόνο κατάλληλο σύστημα αναφοράς είναι το σύστημα ηρεμίας του μέσου, μας οδηγεί μάλλον στην άποψη του Βαγγέλη του Κουντούρη ότι σωστή είναι η λύση από την σκοπιά του «ακίνητου παρατηρητή».

Παρόλα αυτά μπήκα στον πειρασμό να δω τι βλέπει ο κινούμενος παρατηρητής. Λίγο ως πολύ θα επαναλάβω τα βήματα του Γιάννη δίνοντας κάποιες επιπλέον παρατηρήσεις.

Στο σύστημα ηρεμίας του μέσου η εξίσωση του στασίμου κύματος είναι

$$y = 2A\sigma\upsilon\nu\frac{2\pi x}{\lambda}\eta\mu\omega t$$

Εφαρμόζοντας μετασχηματισμό Γαλιλαίου στην παραπάνω εξίσωση προκύπτει η

$$y' = 2A\sigma\upsilon\nu\frac{2\pi(x' + \upsilon_A t')}{\lambda}\eta\mu\omega t' = 2A\sigma\upsilon\nu\left(\frac{2\pi\upsilon_A}{\lambda}t' + \frac{2\pi x'}{\lambda}\right)\eta\mu\omega t' \Rightarrow$$

$$y' = 2A\sigma\upsilon\nu\left(\frac{\upsilon_A}{\upsilon}\omega t' + \frac{2\pi x'}{\lambda}\right)\eta\mu\omega t' \qquad (1)$$

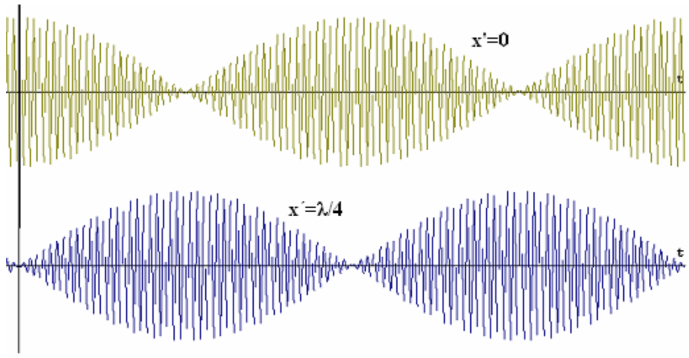
Υποθέτοντας ότι ο παρατηρητής βρίσκεται στην θέση x΄=0 η εξίσωση γίνεται

$$y' = 2A\sigma\upsilon\nu\left(\frac{\upsilon_A}{\upsilon}\omega t'\right)\eta\mu\omega t'$$

Η παραπάνω συνάρτηση (μετατρέποντας το γινόμενο σε άθροισμα) μπορεί να προκύψει ως άθροισμα δύο ταλαντώσεων με γωνιακές συχνότητες $\omega\frac{\upsilon + \upsilon_A}{\upsilon}$ και $\omega\frac{\upsilon - \upsilon_A}{\upsilon}$.

Δυο διαφορετικοί παρατηρητές που βρίσκονται σε διαφορετικές θέσεις του «κινούμενου συστήματος» αναφοράς συμφωνούν ότι ακούν διακρότημα αλλά διαφωνούν για τις χρονικές στιγμές που το πλάτος γίνεται μέγιστο.

Στο επόμενο σχήμα δίνονται οι κυματομορφές για δύο παρατηρητές που βρίσκονται στις θέσεις x΄=0 και x΄=λ/4.



Τα στιγμιότυπα είναι ημιτονοειδείς συναρτήσεις.

Ο παράγοντας πλάτους $2A\sigma\upsilon\nu\left(\frac{\upsilon_A}{\upsilon}\omega t' + \frac{2\pi x'}{\lambda}\right)$ είναι ένας παράγοντας που μεταβάλλεται αργά. Η εξάρτησή του από τον συνδυασμό αt΄+βx΄ σημαίνει ότι έχουμε διάδοση κατάστασης προς τα πίσω με ταχύτητα

$$\frac{\alpha}{\beta} = \upsilon_A$$

Τα κύματα Ivanov θα έλεγα ότι είναι με κάποια έννοια η αντίστροφη κατάσταση. Στα κύματα αυτά έχουμε συμβολή δύο κυμάτων με ην ίδια συχνότητα και λίγο διαφορετικά μήκη κύματος.

Επομένως οι δύο εξισώσεις κύματος είναι

$y_1 = A\eta\mu(\omega t - k_1 x)$ και $y_2 = A\eta\mu(\omega t + k_2 x)$ με $k_1 \cong k_2$

Εφαρμόζοντας την αρχή της επαλληλίας έχουμε (υποθέτουμε ότι $k_1 > k_2$).

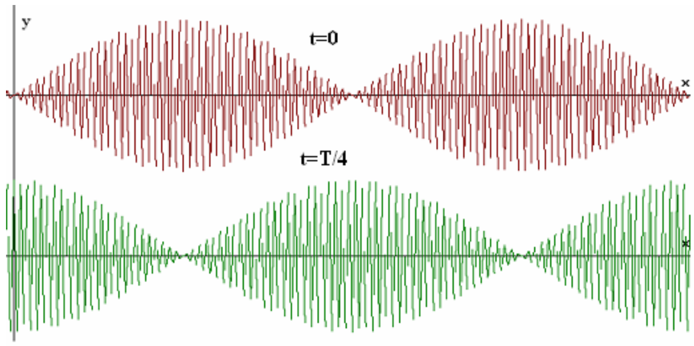
$$y = 2A\eta\mu(\omega t - \frac{k_1 - k_2}{2}x)\sigma\upsilon\nu(\frac{k_1 + k_2}{2}x)$$

Στην περίπτωση αυτή οι κυματομορφές y=f(t) για x=σταθερό, είναι ημιτονοειδείς συναρτήσεις.

Αντιθέτως για τα στιγμιότυπα έχουμε μια διαμόρφωση πλάτους από τον αργό παράγοντα $2A\eta\mu(\omega t - \frac{k_1 - k_2}{2}x)$.

Η κατάσταση αυτή διαδίδεται με ταχύτητα $\dfrac{\omega}{\frac{k_1 - k_2}{2}} = \dfrac{2}{\frac{1}{\upsilon_1} - \frac{1}{\upsilon_2}}$

Στο επόμενο έχουν σχεδιαστεί δύο στιγμιότυπα για τις χρονικές στιγμές 0 και T/4.



Ε. Κορφιάτης