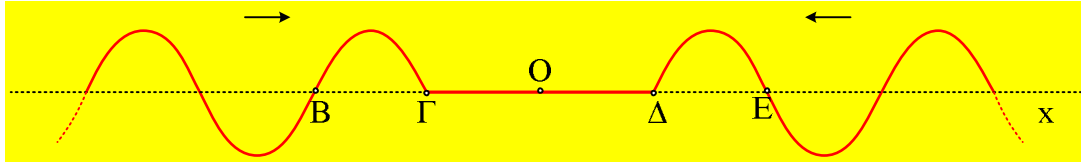


## Η συμβολή και τα ακίνητα σημεία

Κατά μήκος ενός γραμμικού ελαστικού μέσου διαδίδονται αντίθετα δυο αρμονικά κύματα με πλάτη  $A$ , μήκη κύματος  $\lambda$  και περίοδο  $T$  και σε μια στιγμή  $t=0$ , τα κύματα φτάνουν στα σημεία  $\Gamma$  και  $\Delta$ , όπου  $(\Gamma\Delta)=\lambda$ .



- i) Να σχεδιάσετε πάνω στο σχήμα τις ταχύτητες ταλάντωσης των σημείων B, Γ, Δ και E στην παραπάνω εικόνα.
- ii) Να σχεδιάσετε τη μορφή του μέσου τη χρονική στιγμή  $t_1=T$ .

Για τη στιγμή αυτή:

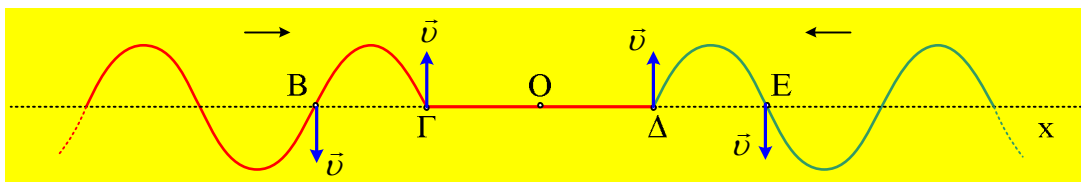
- α) Ποια η ταχύτητα ταλάντωσης του σημείου O, στο μέσον της  $\Gamma\Delta$ ;
- β) Μεταξύ των σημείων B και E του μέσου, το πλήθος των σημείων τα οποία έχουν μηδενική ταχύτητα ταλάντωσης είναι:

a) Δύο, b) Τέσσερα, c) Έξι, d) Άπειρα.

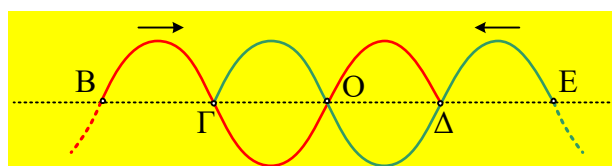
Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας

### Απάντηση:

- i) Το κύμα φτάνοντας στο σημείο  $\Gamma$ , θα θέσει σε ταλάντωση το υλικό σημείο που βρίσκεται στο  $\Gamma$ , με κατεύθυνση προς τα πάνω, όπου βρίσκονται και τα υλικά σημεία του μέσου στα αριστερά του. Στην λογική αυτή το σημείο B, θα έχει (μέγιστη) ταχύτητα με φορά προς τα κάτω, όπως στο σχήμα. Ομοίως το σημείο  $\Delta$  θα τεθεί επίσης σε κίνηση προς τα πάνω αφού το κύμα έρχεται από δεξιά και τα αντίστοιχα διπλανά του υλικά σημεία είναι πάνω από την θέση ισορροπίας. Αλλά τότε το σημείο E, έχει ταχύτητα προς τα κάτω, αφού χαμηλότερα βρίσκονται τα σημεία στα δεξιά του. (στο σχήμα το κύμα προς τα αριστερά χρωματίστηκε πράσινο για να ξεχωρίζουν τα δύο κύματα)

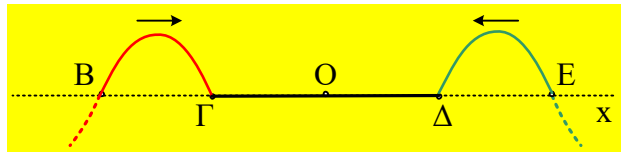


- ii) Την χρονική στιγμή  $t_1=T$ , κάθε κύμα διαδίδεται σε απόσταση ίση με το μήκος κύματος, αλλά τότε το κύμα προς τα δεξιά έχει φτάσει στο σημείο  $\Delta$ , ενώ το κύμα προς τα αριστερά στο σημείο  $\Gamma$ .



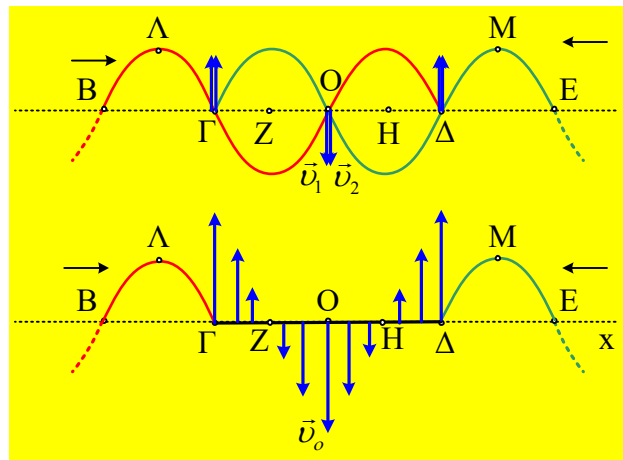
Αλλά με βάση την αρχή της επαλληλίας, το κάθε κύμα διαδίδεται ανεξάρτητα της παρουσίας του άλλου,

με αποτέλεσμα, σχεδιάζοντας τα δύο κύματα, να παίρνουμε την εικόνα, του παραπάνω σχήματος. Οπότε τελικά με βάση την αρχή της επαλληλίας η εικόνα που παίρνουμε είναι:



Όπου όλα τα σημεία μεταξύ των Γ και Δ (το μαύρο τμήμα) έχουν μηδενική απομάκρυνση.

α) Με βάση το πρώτο σχήμα συμβολής, στο οποίο εμφανίζονται και τα δύο κύματα και στην περιοχή συμβολής, το σημείο O εξαιτίας και των δύο κυμάτων έχει ταχύτητα ταλάντωσης, με μέγιστο μέτρο και με φορά προς τα κάτω, όπως στο πρώτο από τα παρακάτω διαγράμματα



Αλλά τότε την στιγμή αυτή το σημείο O έχει ταχύτητα με κατεύθυνση προς τα κάτω και μέτρο:

$$v_o = v_1 + v_2 = \omega A + \omega A = 2\omega A = 2A \frac{2\pi}{T}$$

β) Στο δεύτερο σχήμα έχουν σημειωθεί οι ταχύτητες ταλάντωσης για τα σημεία του ευθύγραμμου τμήματος ΓΔ. Όπου τα σημεία Γ, O και Δ ταλαντώνονται με μέγιστη ταχύτητα μέτρου  $2\omega A$ , ενώ στο μέσον της απόστασης ΓO, υπάρχει ένα σημείο Z, που έχει μηδενική ταχύτητα (το σημείο βρίσκεται σε θέση πλάτους και στα δύο κύματα), όπως μηδενική ταχύτητα θα έχει και το σημείο H, στο μέσον του τμήματος OΔ. Εκτός των δύο παραπάνω σημείων, υπάρχουν την στιγμή  $t_1$ , άλλα δύο σημεία, στο τμήμα BE, με μηδενική ταχύτητα. Και αυτά είναι τα σημεία Λ και Μ των δύο κυμάτων, τα οποία βρίσκονται σε μέγιστη απομάκρυνση. Άρα συνολικά έχουμε 4 σημεία με μηδενική ταχύτητα και σωστό είναι το b).

**Σχόλιο:**

Σύμφωνα με την θεωρία μας η συμβολή δύο όμοιων κυμάτων, τα οποία διαδίδονται αντίθετα, όπως τα παραπάνω, οδηγεί σε ένα στάσιμο κύμα. Έτσι στην περιοχή ΓΔ έχει σχηματισθεί ένα στάσιμο κύμα, όπου στα σημεία Γ, O και Δ έχουμε κοιλίες, οι οποίες περνάνε από την θέση ισορροπίας τους με ταχύτητα  $2\omega A$ , ενώ στα σημεία Z και H, έχουμε δεσμούς, οι οποίοι παραμένουν ακίνητοι.

[dmargaris@gmail.com](mailto:dmargaris@gmail.com)