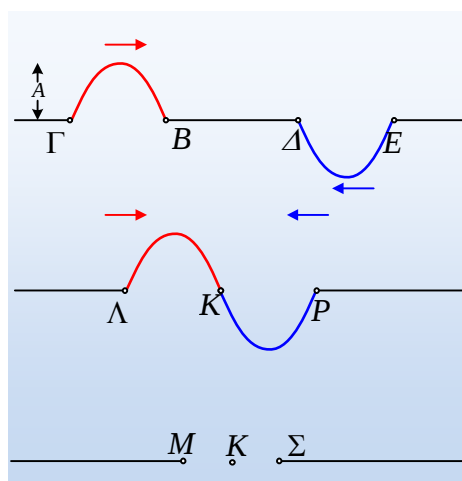


Ένα ελαστικό μέσο – Δύο «αντίθετοι» παλμοί.

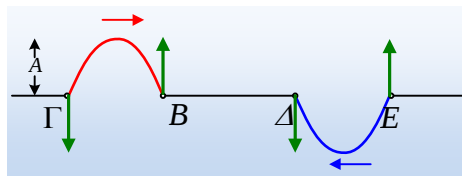
Κατά μήκος ενός γραμμικού ελαστικού μέσου διαδίδονται δύο παλμοί, ίδιου πλάτους και «μήκους κύματος» όπως στο πάνω σχήμα.



- i) Η φάση της απομάκρυνσης του σημείου B είναι ίση με, του σημείου Δ, του Γ και του E
- ii) Να σχεδιάσετε στο πρώτο σχήμα τις ταχύτητες ταλάντωσης των σημείων B, Γ, Δ και E.
- iii) Να συγκρίνετε τα μέτρα των ταχυτήτων των παραπάνω σημείων.
- iv) Μετά από λίγο, οι δύο παλμοί συναντώνται στο σημείο K. Να σχεδιάσετε ξανά τις ταχύτητες ταλάντωσης των σημείων που έχουν σημειωθεί στο μεσαίο σχήμα.
- v) Αν η ταχύτητα ταλάντωσης του σημείου B είναι 1m/s (πάνω σχήμα), πόση είναι η ταχύτητα ταλάντωσης του σημείου K (μεσαίο σχήμα);
- vi) Στο κάτω σχήμα, να σχεδιάσετε τη μορφή του μέσου τη στιγμή που τα άκρα και των δύο παλμών είναι τα σημεία M και Σ.
- vii) Πόσο είναι η ταχύτητα ταλάντωσης των σημείων M και Σ;
- viii) Κάθε παλμός μεταφέρει ενέργεια κατά τη διάδοσή του. Με ποια μορφή εμφανίζεται η ενέργεια του κύματος στο τελευταίο σχήμα;

Απάντηση:

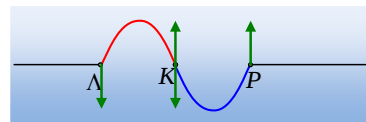
- i) Το σημείο B βρίσκεται στη θέση ισορροπίας και τη στιγμή αυτή ξεκινά την ταλάντωσή του, κινούμενο προς τα πάνω (θετική κατεύθυνση) συνεπώς η φάση της απομάκρυνσής του είναι μηδενική. Αντίθετα το σημείο Δ ξεκινά την ταλάντωσή του προς την αρνητική κατεύθυνση έχοντας αρχική φάση π (rad). Αλλά τότε το σημείο Γ θα έχει φάση π (rad), αφού έχει εκτελέσει μισή ταλάντωση και όμοια το σημείο E θα έχει φάση 2π (rad).
- ii) Στο διπλανό σχήμα, έχουν σχεδιαστεί οι ταχύτητες ταλάντωσης των σημείων που έχουν σημειωθεί.
- iii) Για τα μέτρα των ταχυτήτων έχουμε:



$$v_B = v_\Gamma = v_\Delta = v_E = \omega \cdot A$$

όπου A το πλάτος του παλμού και $\omega = 2\pi/T$ η γωνιακή συχνότητα του παλμού.

- iv) Στο διπλανό σχήμα έχουμε σχεδιάσει τα διανύσματα των ταχυτήτων ταλάντωσης, προφανώς σε συμφωνία με τις ταχύτητες στο ii) ερώτημα.

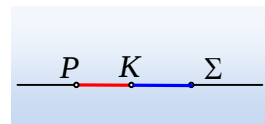


- v) Στο σημείο K οι δυο παλμοί συμβάλλουν συνεπώς η ταχύτητα του σημείου αυτού, με βάση την αρχή της επαλληλίας, θα είναι ίση με το διανυσματικό άθροισμα των ταχυτήτων, εξαιτίας των δύο παλμών:

$$\vec{v}_K = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 \text{ ή}$$

$$v_K = \omega \cdot A - \omega \cdot A = 0.$$

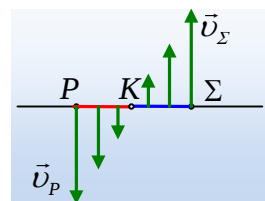
- vi) Τη στιγμή που οι δυο παλμοί φτάνουν στην ίδια περιοχή (μεταξύ P και Σ), με βάση την αρχή της επαλληλίας, για κάθε σημείο έχουμε:



$$\vec{y} = \vec{y}_1 + \vec{y}_2$$

Οπότε η μορφή του ελαστικού μέσου, είναι όπως στο διπλανό σχήμα, όπου όλα τα σημεία μεταξύ των P και Σ έχουν μηδενική απομάκρυνση.

- vii) Με βάση την αρχή της επαλληλίας, το σημείο P έχει ταχύτητα ίση με το διανυσματικό άθροισμα των ταχυτήτων των σημείων Γ και Δ του πρώτου σχήματος. Δηλαδή μια ταχύτητα εξαιτίας του πρώτου παλμού και μια εξαιτίας του δεύτερου. Αλλά τότε:

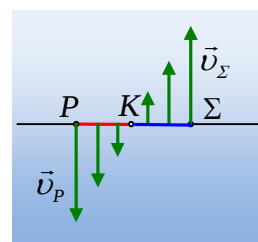


$$\vec{v}_P = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 \text{ ή}$$

$$v_P = v_2 + v_1 = \omega \cdot A + \omega \cdot A = 2\omega A$$

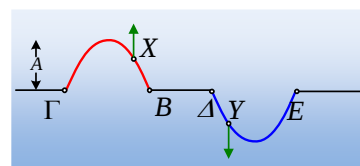
Το ίδιο συμβαίνει και για το σημείο Σ, το οποίο όμως έχει ταχύτητα με φορά προς τα πάνω.

- viii) Με βάση το προηγούμενο ερώτημα, παρατηρούμε ότι όλα τα σημεία μεταξύ P και Σ έχουν μηδενική απομάκρυνση ταλάντωσης, συνεπώς δεν έχουμε παραμόρφωση του μέσου και δυναμική ενέργεια ελαστικότητας. Αντίθετα κάθε υλικό σημείο που βρίσκεται μεταξύ των σημείων P και Σ έχει περνά από την θέση ισορροπίας του έχοντας ταχύτητα (προφανώς διαφορετικού μέτρου με μια κατανομή, όπως στο διπλανό σχήμα). Αλλά τότε όλη η ενέργεια που μετέφεραν οι δύο παλμοί βρίσκεται με τη μορφή της κινητικής ενέργειας των υλικών σημείων.



Σχόλιο.

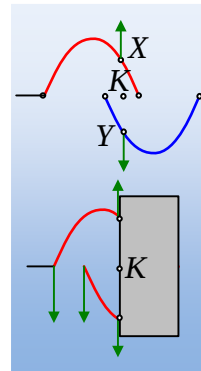
Βρήκαμε παραπάνω, ότι τη στιγμή που οι δυο παλμοί φτάνουν στο σημείο K, η ταχύτητα ταλάντωσής του είναι μηδενική. Αλλά μηδενική θα παραμείνει και κάθε επόμενη στιγμή.



Πράγματι ας πάρουμε μια επόμενη στιγμή, που στο σημείο K έχουν φτάσει τα σημεία X και Y, με τις ταχύτητες που έχουν σημειωθεί στο πρώτο σχήμα.

Τότε η απομάκρυνση και η ταχύτητα του σημείου K θα είναι μηδενικές. Αλλά αυτό σημαίνει, ότι η κατάσταση είναι ακριβώς η ίδια, ωσάν ο παλμός που κινείται προς τα δεξιά να ανακλάται σε ακλόνητο σημείο K ενός κατακόρυφου τοίχου, οπότε και ανακλάται με διαφορά φάσης π .

Για να το πούμε με «γλώσσα στάσιμου» η κατάσταση είναι όμοια με το να έχουμε δύο όμοια κύματα που διαδίδονται αντίθετα και συμβάλουν. Από τη στιγμή όμως, που θα δημιουργηθεί ένα δεσμός στο σημείο K, τα δυο κύματα ανακλώνται και το καθένα «συμβάλει με τον εαυτόν του» ανακλώμενο στο σημείο K. Αξίζει να προσεχθεί ότι στο τελευταίο σχήμα, το τέλος και η αρχή του παλμού, έχουν ίσες ταχύτητες μέτρου ωA , με φορά προς τα κάτω, οπότε τη στιγμή που θα συναντηθούν στο σημείο P, το σημείο θα έχει ταχύτητα $2\omega A$.



Υλικό Φυσικής-Χημείας

Γιατί το να μοιράζεσαι πράγματα, είναι καλό για όλους...

Επιμέλεια:

Διονύσης Μάργαρης