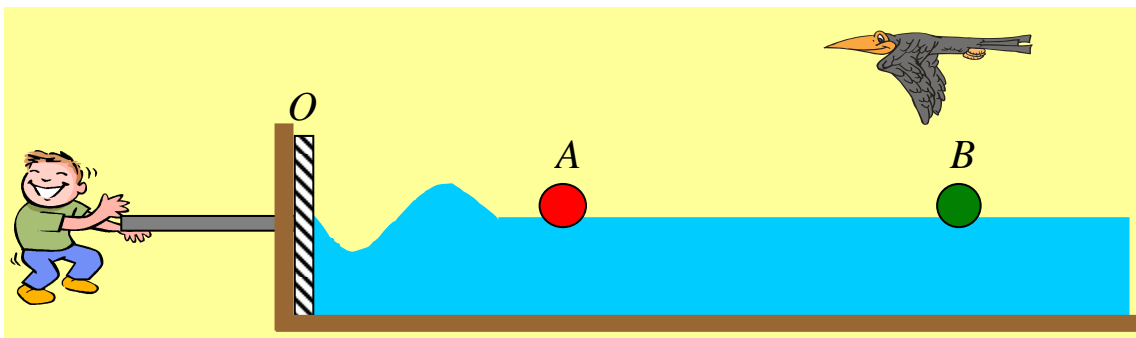


### Κύματα σε δεξαμενή. Οι δυνάμεις που δέχονται οι μπάλες.

Σε μια μεγάλη δεξαμενή νερού το παλλόμενο έμβολο δημιουργεί εγκάρσια κύματα πλάτους  $A = 0,2m$ . Κατά μήκος μιας γραμμής διάδοσης, στα σημεία A και B που απέχουν από το O αποστάσεις  $x_1 = 2m$  και  $x_2 = 5m$  επιπλέουν δυο μικρές όμοιες μπάλες με μάζα  $m = 0,12kg$  η κάθε μία. Το κύμα θέλει χρόνο  $\Delta t = 1s$  για να φτάσει από το A στο B. Κάθε μπάλα θέλει χρόνο 1s μεταξύ δύο διαδοχικών διαβάσεων από τη θέση ισοροπίας.



- i) Βρείτε την ταχύτητα διάδοσης, την συχνότητα και το μήκος κύματος.
- ii) Κάποια χρονική στιγμή στην οποία το κύμα έχει προσπεράσει τις δύο μπάλες η μπάλα A βρίσκεται στην κορυφή όρους. Που βρίσκεται η B;
- iii) Γράψτε τις εξισώσεις κίνησης των A και B (χρονική στιγμή μηδέν η στιγμή που το κύμα ξεκίνησε από το O).
- iv) Πόση είναι η μεγαλύτερη και πόση η μικρότερη τιμή της δύναμης που κάθε μπάλα δέχεται από το νερό;
- v) Ένα πουλί πετά κατά τη διεύθυνση της γραμμής διάδοσης προς το O με ταχύτητα  $9m/s$ . Πόσες κορυφές κυμάτων το προσπερνούν κάθε δευτερόλεπτο;

#### Απάντηση:

- i) Το κύμα πηγαίνει από το A στο B σε χρόνο  $\Delta t$  οπότε διαδίδεται με ταχύτητα:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{\Delta t} = 3m/s$$

Ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών διαβάσεων από τη θέση ισοροπίας είναι  $T/2$ , οπότε:

$$\frac{T}{2} = 1s \Rightarrow T = 2s \Rightarrow f = 0,5Hz$$

Από τη θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής  $v = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = 6m$

- ii) Οι δύο μπάλες απέχουν  $3m$  δηλαδή μισό μήκος κύματος. Όταν η A βρίσκεται σε όρος η B βρίσκεται σε κοιλάδα.

Αυτό όμως δεν θα τύχει σε άλλο πρόβλημα.

Ένας συστηματικότερος τρόπος απάντησης ερωτημάτων του τύπου «Όταν το Α βρίσκεται ... που βρίσκεται το Β», είναι ο εξής.

$$\varphi_A - \varphi_B = 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda} \right) - 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x_2}{\lambda} \right) = \frac{2\pi}{\lambda} (x_2 - x_1) = \frac{2\pi\Delta x}{\lambda} = \frac{2\pi \cdot 3}{6} = \pi$$

Η Β βρίσκεται σε απόσταση από τη θέση ισοροπίας της  $y_B$ .

$$\begin{aligned} y_B &= A \cdot \eta\mu\varphi_B = A \cdot \eta\mu \left( \varphi_A - \frac{2\pi\Delta x}{\lambda} \right) = A \eta\mu\varphi_A \sigma\upsilon\nu \frac{2\pi\Delta x}{\lambda} - A \sigma\upsilon\nu\varphi_A \eta\mu \frac{2\pi\Delta x}{\lambda} = \\ &= y_A \sigma\upsilon\nu\pi - A \sigma\upsilon\nu\varphi_A \eta\mu\pi = -y_A = -A \end{aligned}$$

Δηλαδή σε κοιλάδα.

iii) Η εξίσωση κύματος είναι  $y = A \cdot \eta\mu 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) = 0, 2\eta\mu 2\pi \left( \frac{t}{2} - \frac{x}{6} \right) = 0, 2\eta\mu \left( \pi t - \frac{\pi x}{3} \right)$  (S.I)

Στο Α φτάνει τη στιγμή  $t_1 = \frac{x_1}{v} = \frac{2}{3} s$

Επομένως  $y_A = 0$  όταν  $t \leq \frac{2}{3} s$

Και  $y_A = 0, 2\eta\mu \left( \pi t - \frac{\pi x_1}{3} \right) = 0, 2\eta\mu \left( \pi t - \frac{2\pi}{3} \right)$  (S.I)

Στο Β φτάνει τη στιγμή  $t_1 = \frac{x_2}{v} = \frac{5}{3} s$

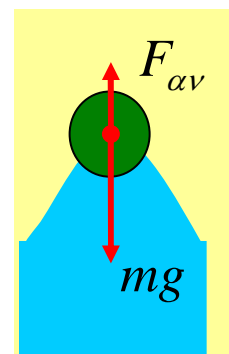
Επομένως  $y_B = 0$  όταν  $t \leq \frac{5}{3} s$

Και  $y_B = 0, 2\eta\mu \left( \pi t - \frac{\pi x_2}{3} \right) = 0, 2\eta\mu \left( \pi t - \frac{5\pi}{3} \right)$  (S.I)

iv) Η δύναμη επαναφοράς κάθε μπάλας είναι ίση με  $\sum F = -m\omega^2 y$

Όμως η δύναμη επαναφοράς είναι  $\sum F = F_{av} - mg$ , οπότε

$$-m\omega^2 y = F_{av} - mg \Rightarrow F_{av} = mg - m\omega^2 y$$



Προφανώς η δύναμη από το νερό μεγιστοποιείται όταν  $y = -A$ , δηλαδή σε κοιλάδα και ελαχιστοποιείται όταν  $y = +A$  δηλαδή σε όρος.

$$F_{\alpha\upsilon\mu\epsilon\gamma} = mg - m\omega^2(-A) = mg + m4\pi^2 f^2 A \approx 0,12\text{kg}(10 + 4 \cdot 10 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{2}{10})\text{m/s}^2 = 1,44\text{N}$$

$$F_{\alpha\nu\epsilon\lambda} = mg - m\omega^2 A = mg - m4\pi^2 f^2 A \approx 0,12\text{kg}(10 - 4 \cdot 10 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{2}{10})\text{m/s}^2 = 0,96\text{N}$$

v) Θα αντιμετωπίσουμε το ερώτημα χρησιμοποιώντας τους τύπους του φαινομένου Doppler. Περίπτωση ακίνητης πηγής κινούμενου παρατηρητή.

$$\text{Η συχνότητα που αντιλαμβάνεται το πουλί είναι } f' = \frac{\upsilon + \upsilon_{\text{πουλ}}}{\upsilon} f = \frac{3+9}{3} 0,5\text{Hz} = 2\text{Hz}$$

Δηλαδή το πουλί συναντά 2 κορυφές κυμάτων κάθε δευτερόλεπτο.

### Υλικό Φυσικής - Χημείας.

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

Επιμέλεια

**Γιάννης Κυριακόπουλος**