

2002

1. Το μήκος κύματος δύο κυμάτων που συμβάλλουν και δημιουργούν στάσιμο κύμα είναι λ . Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών του στάσιμου κύματος θα είναι:ⁱ

- a) λ b) $\frac{1}{2}\lambda$ c) 2λ d) $\frac{1}{4}\lambda$

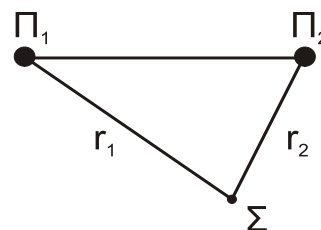
2. Κατά τη διάδοση ενός κύματος μεταφέρεται ενέργεια και ορμή από μια περιοχή του υλικού μέσου σε άλλη, αλλά δεν μεταφέρεταιⁱⁱ

3. Διαμήκη ονομάζονται τα κύματα στα οποία τα σημεία του ελαστικού μέσου ταλαντώνονται στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος.ⁱⁱⁱ

4. Το σημείο O ομογενούς ελαστικής χορδής, τη χρονική στιγμή $t=0$, αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με εξίσωση $y = 0,05 \cdot \eta\mu(8\pi t)$ (SI) κάθετα στη διεύθυνση της χορδής. Το κύμα που παράγεται διαδίδεται κατά τη θετική φορά του άξονα x' , κατά μήκος της χορδής, που διέρχεται από το σημείο O με ταχύτητα μέτρου $20 \frac{m}{s}$.^{iv}

- a) Να βρεθεί ο χρόνος που χρειάζεται ένα υλικό σημείο του ελαστικού μέσου για να εκτελέσει μια πλήρη ταλάντωση.
 b) Να βρεθεί το μήκος κύματος του αρμονικού κύματος.
 c) Να γραφεί η εξίσωση του ίδιου κύματος.
 d) Να βρεθεί το μέτρο της μέγιστης ταχύτητας με την οποία ταλαντώνεται ένα σημείο της χορδής.

5. Δύο αρμονικά εγκάρσια κύματα, που διαδίδονται σε επιφάνεια νερού, έχουν την ίδια συχνότητα και το ίδιο πλάτος. Τα κύματα βρίσκονται σε φάση και ξεκινούν ταυτόχρονα από τις πηγές Π_1 και Π_2 . Τα κύματα φτάνουν σε σημείο Σ που απέχει απόσταση r_1 από την πηγή Π_1 και απόσταση r_2 από την πηγή Π_2 , όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.^v



- a) Τι εννοούμε με τον όρο ενίσχυση του κύματος στο σημείο Σ ;
 b) Ποια σχέση καθορίζει τη θέση των σημείων στα οποία έχουμε ενισχυτική συμβολή;
 c) Τι εννοούμε με τον όρο απόσβεση του κύματος σε σημείο Σ ;
 d) Ποια σχέση καθορίζει τη θέση των σημείων στα οποία έχουμε απόσβεση;

2003

6. Αν η εξίσωση ενός αρμονικού κύματος είναι $y = 10 \cdot \eta\mu(6\pi t - 2\pi x)$ στο S.I, τότε η ταχύτητα διάδοσης του κύματος είναι ίση με:^{vi}

- a) $10 \frac{m}{s}$ b) $6 \frac{m}{s}$ c) $2 \frac{m}{s}$ d) $3 \frac{m}{s}$

7. Δύο όμοιες πηγές κυμάτων A και B στην επιφάνεια μιας ήρεμης λίμνης βρίσκονται σε

φάση και παράγουν υδάτινα αρμονικά κύματα. Η καθεμιά παράγει κύμα (πρακτικά) αμείωτου πλάτους 10 cm και μήκους κύματος 2 m . Ένα σημείο Γ στην επιφάνεια της λίμνης απέχει από την πηγή Α απόσταση 6 m και από την πηγή Β απόσταση 2 m . Το πλάτος της ταλάντωσης του σημείου Γ είναι:^{vii}

- a) 0 cm b) 10 cm c) 20 cm d) 40 cm

8. Η ταυτόχρονη διάδοση δύο ή περισσότερων κυμάτων στην ίδια περιοχή ενός ελαστικού μέσου ονομάζεται^{viii}

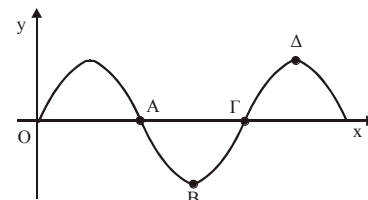
9. Τα σημεία που πάλλονται με μέγιστο πλάτος ταλάντωσης σε ένα στάσιμο κύμα ονομάζονται^{ix}

10. Η απόσταση στην οποία διαδίδεται ένα κύμα σε χρόνο μιας ονομάζεται μήκος κύματος.^x

11. Εγκάρσιο αρμονικό κύμα πλάτους $0,08\text{ m}$ και μήκους κύματος 2 m διαδίδεται κατά τη θετική φορά σε οριζόντια ελαστική χορδή που εκτείνεται κατά τη διεύθυνση του άξονα x' . Θεωρούμε ότι το σημείο της χορδής στη θέση $x=0$ τη χρονική στιγμή $t=0$ έχει μηδενική απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας του και θετική ταχύτητα. Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος είναι $100\frac{\text{m}}{\text{s}}$.^{xi}

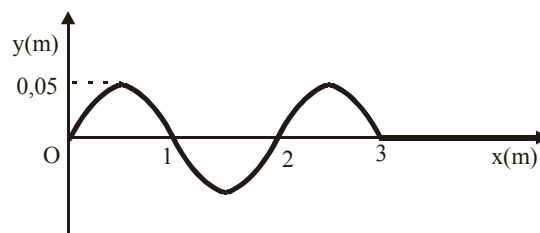
- a) Να υπολογίσετε τη συχνότητα με την οποία ταλαντώνονται τα σημεία της χορδής.
- b) Να γράψετε την εξίσωση του κύματος στο S.I.
- c) Να υπολογίσετε την ενέργεια της ταλάντωσης στοιχειώδους τμήματος της χορδής μάζας $0,002\text{ kg}$. (Να θεωρήσετε το στοιχειώδες τμήμα της χορδής ως υλικό σημείο).
- d) Έστω ότι στην παραπάνω χορδή διαδίδεται ταυτόχρονα άλλο ένα κύμα πανομοιότυπο με το προηγούμενο, αλλά αντίθετης φοράς, και δημιουργείται στάσιμο κύμα με κοιλία στη θέση $x=0$. Να υπολογίσετε στο θετικό ημιάξονα τη θέση του 11^{ου} δεσμού του στάσιμου κύματος από τη θέση $x=0$. Δίνεται: $\pi^2 = 10$.

12. Το σχήμα παριστάνει στιγμιότυπο εγκάρσιου αρμονικού κύματος. Το σημείο του ελαστικού μέσου που κινείται με μέγιστη ταχύτητα και φορά προς τα επάνω είναι το^{xii}



- a) A b) B c) Γ d) Δ

13. Η πηγή κύματος Ο αρχίζει τη χρονική στιγμή $t_0 = 0\text{ s}$ να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση πλάτους $A = 0,05\text{ m}$. Το αρμονικό κύμα που δημιουργείται διαδίδεται κατά μήκος γραμμικού ομογενούς ελαστικού μέσου, κατά τον άξονα Οx. Στο σχήμα απεικονίζεται το στιγμιότυπο του κύματος μετά από χρόνο $t_1 = 0,3\text{ s}$, κατά τον οποίο το κύμα έχει διαδοθεί σε απόσταση 3 m .^{xiii}



- a) Να βρείτε την ταχύτητα v διάδοσης του κύματος στο ελαστικό μέσο.
- b) Να βρείτε την περίοδο T του αρμονικού κύματος.

c) Να γράψετε την εξίσωση του αρμονικού κύματος.

d) Να απεικονίσετε το στιγμιότυπο του κύματος τη χρονική στιγμή $t_2 = t_1 + \frac{T}{4}$.

2004

14. Με τα στάσιμα κύματα μεταφέρεται ενέργεια από το ένα σημείο του μέσου σε άλλο σημείο του ίδιου μέσου (Σ/Λ).^{xiv}

15. Το αποτέλεσμα της συμβολής δύο όμοιων κυμάτων στην επιφάνεια υγρού είναι ότι όλα τα σημεία της επιφάνειας είτε παραμένουν διαρκώς ακίνητα είτε ταλαντώνονται με μέγιστο πλάτος (Σ/Λ).^{xv}

16. Ένα τεντωμένο οριζόντιο σχοινί OA μήκους L εκτείνεται κατά τη διεύθυνση του άξονα x. Το άκρο του A είναι στερεωμένο ακλόνητα στη θέση $x=L$, ενώ το άκρο O που βρίσκεται στη θέση $x=0$ είναι ελεύθερο, έτσι ώστε με κατάλληλη διαδικασία να δημιουργείται στάσιμο κύμα με 5 συνολικά κοιλίες. Στη θέση $x=0$ εμφανίζεται κοιλία και το σημείο του μέσου στη θέση αυτή εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση. Τη χρονική στιγμή $t=0$ το σημείο $x=0$ βρίσκεται στη θέση μηδενικής απομάκρυνσης κινούμενο κατά τη θετική φορά. Η απόσταση των ακραίων θέσεων της ταλάντωσης αυτού του σημείου του μέσου είναι $0,1\text{ m}$. Το συγκεκριμένο σημείο διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του 10 φορές κάθε δευτερόλεπτο και απέχει κατά τον άξονα x απόσταση $0,1\text{ m}$ από τον πλησιέστερο δεσμό.

a) Να υπολογίσετε την περίοδο του κύματος.

b) Να υπολογίσετε το μήκος L.

c) Να γράψετε την εξίσωση του στάσιμου κύματος.

d) Να υπολογίσετε το μέτρο της ταχύτητας της ταλάντωσης του σημείου του μέσου $x=0$ κατά τη χρονική στιγμή που η απομάκρυνσή του από τη θέση ισορροπίας έχει τιμή $y = +0,03\text{ m}$. Δίνεται $\pi=3,14$.^{xvi}

17. Δύο σύγχρονες πηγές κυμάτων Π_1 και Π_2 βρίσκονται στα σημεία A και B αντίστοιχα της ελεύθερης επιφάνειας νερού και προκαλούν όμοια εγκάρσια κύματα που διαδίδονται με ταχύτητα $v = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Ένα σημείο K της επιφάνειας του νερού βρίσκεται πάνω στο

ευθύγραμμο τμήμα AB και απέχει από τα A και B αποστάσεις $(AK) = r_1$ και $(BK) = r_2$ με $r_1 > r_2$. Το σημείο K είναι το πλησιέστερο προς το μέσο M του AB που ταλαντώνεται

με μέγιστο πλάτος. Η απομάκρυνση του σημείου K από τη θέση ισορροπίας λόγω της συμβολής των κυμάτων περιγράφεται σε συνάρτηση με το χρόνο t από την εξίσωση

$$y_K = 0,2 \cdot \eta\mu \frac{5\pi}{3}(t-2), (SI) \quad (\text{ΚΣ: κανονικά έπρεπε } y_K = -0,2 \cdot \eta\mu \frac{5\pi}{3}(t-2)).$$

Να υπολογίσετε.^{xvii}

a) την περίοδο, το μήκος κύματος και το πλάτος των κυμάτων που συμβάλλουν.

b) την απόσταση AB των δύο πηγών.

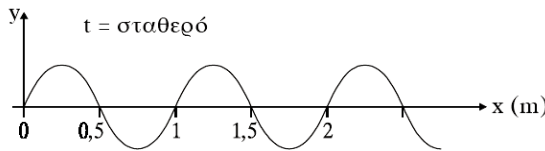
c) τις αποστάσεις r_1 και r_2 του σημείου K από τα σημεία A και B.

d) τον αριθμό των σημείων του ευθύγραμμου τμήματος AB που λόγω της συμβολής έχουν πλάτος ίσο με το πλάτος της ταλάντωσης του σημείου K.

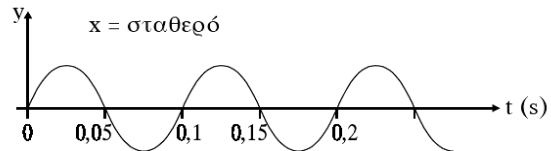
18. Τα διαμήκη κύματα διαδίδονται μόνο στα στερεά σώματα (Σ/Λ).^{xviii}

19. Το σχήμα 1 παριστάνει στιγμιότυπο εγκάρσιου αρμονικού κύματος, ενώ το σχήμα 2 παριστάνει την κατακόρυφη απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας ενός δεδομένου

σημείου του ελαστικού μέσου, στο οποίο διαδίδεται το παραπάνω κύμα, σε συνάρτηση



Σχήμα 1



Σχήμα 2

με το χρόνο. Από τη μελέτη των δύο σχημάτων προκύπτει ότι η ταχύτητα διάδοσης του κύματος είναι

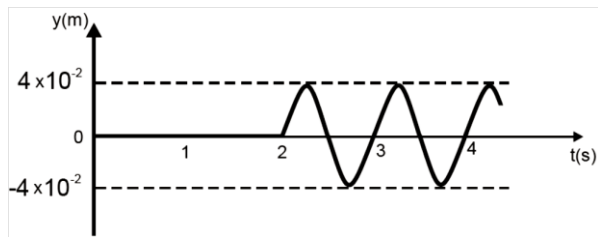
- a) $0,1 \frac{m}{s}$ b) $1 \frac{m}{s}$ c) $10 \frac{m}{s}$

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.^{xix}

20. Δύο όμοιες πηγές κυμάτων Π_1 και Π_2 , που βρίσκονται στην επιφάνεια νερού, ταλαντώνονται σε φάση παράγοντας αρμονικά κύματα ίδιου πλάτους A . Το πλάτος της ταλάντωσης ενός σημείου Σ που ισαπέχει από τις πηγές Π_1 και Π_2 , είναι:^{xx}

- a) A b) $2A$ c) $\frac{1}{2}A$ d) 0

21. Η πηγή O αρχίζει τη χρονική στιγμή $t=0$ να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση, που περιγράφεται από την εξίσωση $y = A \cdot \eta\mu\omega t$. Το κύμα που δημιουργεί, διαδίδεται κατά μήκος γραμμικού ομογενούς



ελαστικού μέσου και κατά τη θετική φορά. Ένα σημείο Σ απέχει από την πηγή O απόσταση $10 m$. Στη γραφική παράσταση που ακολουθεί φαίνεται η απομάκρυνση του σημείου Σ από τη θέση ισορροπίας του, σε συνάρτηση με το χρόνο.

A. Να υπολογίσετε:

- a) Τη συχνότητα του κύματος.
 b) Την ταχύτητα διάδοσης του κύματος.
 c) Τη μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης του σημείου Σ .

B. Να γράψετε την εξίσωση αυτού του κύματος.^{xxi}

2005

22. Η αρχή της επαλληλίας των κυμάτων.^{xxii}

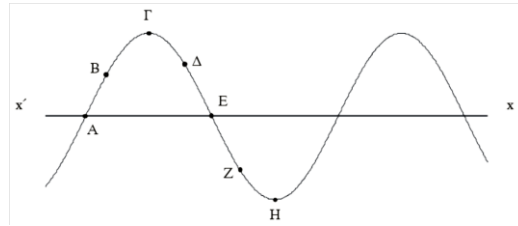
- a) παραβιάζεται μόνον όταν τα κύματα είναι τόσο ισχυρά, ώστε οι δυνάμεις που ασκούνται στα σωματίδια του μέσου, δεν είναι ανάλογες των απομακρύνσεων
 b) δεν παραβιάζεται ποτέ
 c) ισχύει μόνον όταν τα κύματα που συμβάλλουν, προέρχονται από πηγές που βρίσκονται σε φάση
 d) δεν ισχύει, όταν συμβάλλουν περισσότερα από δύο κύματα

23. Κατά μήκος του άξονα XX' εκτείνεται ελαστική χορδή. Στη χορδή διαδίδεται εγκάρσιο αρμονικό κύμα. Η εγκάρσια απομάκρυνση ενός σημείου Π_1 της χορδής περιγράφεται από την εξίσωση: $y_1 = A \cdot \sin 30\pi t, (SI)$ ενώ η εγκάρσια απομάκρυνση ενός σημείου Π_2 , που βρίσκεται $6 cm$ δεξιά του σημείου Π_1 , περιγράφεται από την εξίσωση:

$$y_2 = A \cdot \eta\mu \left(30\pi t + \frac{\pi}{6} \right), (SI).$$

Η απόσταση μεταξύ των σημείων Π_1 και Π_2 είναι μικρότερη από ένα μήκος κύματος

- a) Ποια είναι η φορά διάδοσης του κύματος;
 b) Ποια είναι η ταχύτητα διάδοσης του κύματος;
 c) Αν η ταχύτητα διάδοσης του κύματος είναι ίση με την μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης των σημείων της χορδής, να υπολογίσετε το πλάτος του κύματος.



- Στο σχήμα που ακολουθεί, απεικονίζεται ένα στιγμιότυπο του κύματος. Εκείνη τη στιγμή σε ποια από τα σημεία A, B, Γ, Δ, E, Z και H η ταχύτητα ταλάντωσης είναι μηδενική και σε ποια είναι μέγιστη (κατ' απόλυτη τιμή); Ποια είναι η φορά της ταχύτητας ταλάντωσης των σημείων B, Δ και Z;
 d) Να γράψετε την εξίσωση του κύματος που όταν συμβάλλει με το προηγούμενο, δημιουργεί στάσιμο κύμα. Δίνεται $\pi = 3,14$.^{xxiii}

- 24.** Δύο σύμφωνες πηγές (1) και (2) δημιουργούν στην επιφάνεια υγρού εγκάρσια αρμονικά κύματα με πλάτος A και μήκος κύματος $\lambda = 4 \text{ cm}$. Σημείο M της επιφάνειας του υγρού απέχει $r_1 = 17 \text{ cm}$ από την πηγή (1) και $r_2 = 9 \text{ cm}$ από την πηγή (2). Το πλάτος της ταλάντωσης στο σημείο M λόγω συμβολής είναι ίσο με

- a) 0 b) $A\sqrt{2}$ c) 2A

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.^{xxiv}

- 25.** Σε ένα σημείο μιας λίμνης, μια μέρα χωρίς αέρα, ένα σκάφος ρίχνει άγκυρα. Από το σημείο της επιφάνειας της λίμνης που πέφτει η άγκυρα ξεκινά εγκάρσιο κύμα. Ένας άνθρωπος που βρίσκεται σε βάρκα παρατηρεί ότι το κύμα φτάνει σ' αυτόν 50 s μετά την πτώση της άγκυρας. Το κύμα έχει ύψος 10 cm πάνω από την επιφάνεια της λίμνης, η απόσταση ανάμεσα σε δύο διαδοχικές κορυφές του κύματος είναι 1 m, ενώ μέσα σε χρόνο 5 s το κύμα φτάνει στη βάρκα 10 φορές. Να υπολογίσετε:^{xxv}

- a) Την περίοδο του κύματος που φτάνει στη βάρκα.
 b) Την ταχύτητα διάδοσης του κύματος.
 c) Την απόσταση της βάρκας από το σημείο πτώσης της άγκυρας.
 d) Τη μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης του ανθρώπου στη βάρκα.

- 26.** Η ταχύτητα με την οποία διαδίδεται ένα κύμα σε ένα μέσον, εξαρτάται μόνο από τις ιδιότητες του μέσου που διαταράσσεται, και όχι από το πόσο ισχυρή είναι η διαταραχή. (Σ/Λ) ^{xxvi}

- 27.** Σε στάσιμο κύμα τα σημεία του μέσου που ταλαντώνονται, διέρχονται ταυτόχρονα από τη θέση ισοροπίας τους (Σ/Λ) ^{xxvii}

- 28.** Στη χορδή μιας κιθάρας δημιουργείται στάσιμο κύμα συχνότητας f_1 . Το στάσιμο κύμα έχει τέσσερις δεσμούς, δύο στα άκρα της χορδής και δύο μεταξύ αυτών. Στην ίδια χορδή, με άλλη διέγερση, δημιουργείται άλλο στάσιμο κύμα συχνότητας f_2 , που έχει εννέα συνολικά δεσμούς, δύο στα άκρα της χορδής και 7 μεταξύ αυτών. Η συχνότητα f_2 είναι ίση με:^{xxviii}

- a) $\frac{4}{3} f_1$ b) $\frac{8}{3} f_1$ c) $\frac{5}{3} f_1$

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

29. Σ' ένα στάσιμο κύμα όλα τα μόρια του ελαστικού μέσου στο οποίο δημιουργείται^{xxix}
- έχουν ίδιες κατά μέτρο μέγιστες ταχύτητες
 - έχουν ίσα πλάτη ταλάντωσης
 - διέρχονται ταυτόχρονα από τη θέση ισορροπίας
 - έχουν την ίδια φάση
30. Σύμφωνα με την αρχή της επαλληλίας, η συνεισφορά κάθε κύματος στην απομάκρυνση κάποιου σημείου του μέσου εξαρτάται από την ύπαρξη του άλλου κύματος. (Σ/Λ)^{xxx}
31. Κατά μήκος ευθείας xx' βρίσκονται στις θέσεις Κ και Λ δύο σημειακές πηγές Π_1 και Π_2 παραγωγής μηχανικών αρμονικών κυμάτων. Η εξίσωση που περιγράφει τις απομακρύνσεις τους από τη θέση ισορροπίας τους σε συνάρτηση με το χρόνο είναι $y = A \cdot \eta\mu(\omega t)$. Η απόσταση (ΚΛ) είναι 6 cm . Το μήκος κύματος των παραγόμενων κυμάτων είναι 4 cm . Σε σημείο Σ της ευθείας xx' , το οποίο δεν ανήκει στο ευθύγραμμο τμήμα ΚΛ και δεν βρίσκεται κοντά στις πηγές, το πλάτος ταλάντωσης του Α' θα είναι^{xxxi}
- $A' = 2A$
 - $A' = 0$
 - $0 < A' < 2A$
- Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
32. Δυο σύγχρονες πηγές δημιουργούν στην επιφάνεια υγρού εγκάρσια κύματα πλάτους Α και μήκους κύματος λ. Ένα σημείο Σ βρίσκεται στην επιφάνεια του υγρού σε αποστάσεις r_1 και r_2 από τις πηγές αντίστοιχα. Αν ξέρουμε ότι ισχύει $|r_1 - r_2| = 11\lambda$, τότε το Σ ταλαντώνεται με πλάτος^{xxxii}
- A
 - $A\sqrt{2}$
 - 0
 - 2A
33. Δυο πηγές εκπέμπουν κύματα με το ίδιο μήκος κύματος. Για να παρατηρηθεί το φαινόμενο συμβολής των κυμάτων αυτών σε τυχαίο σημείο, θα πρέπει οι πηγές να είναι οπωσδήποτε σύγχρονες. (Σ/Λ)^{xxxiii}
34. Ημιτονοειδές κύμα με μήκος κύματος λ_1 διαδίδεται σε ένα μέσο με ταχύτητα u_1 . Όταν το κύμα εισέλθει σε δεύτερο μέσο διαδίδεται με ταχύτητα u_2 ($u_2 \neq u_1$). Το μήκος κύματος στο δεύτερο μέσο θα είναι^{xxxiv}
- $\lambda_2 = \lambda_1 \cdot \frac{u_2}{u_1}$
 - $\lambda_2 = \lambda_1 \cdot \frac{u_1}{u_2}$
 - $\lambda_2 = \lambda_1$

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

35. Εγκάρσια ονομάζονται τα κύματα στα οποία όλα τα σημεία του ελαστικού μέσου ταλαντώνονται παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. (Σ/Λ)^{xxxv}
36. Δύο σημαδούρες Α και Β απέχουν μεταξύ τους απόσταση $AB = 13,5 \text{ m}$ και η ευθεία που διέρχεται από αυτές είναι κάθετη στην ακτογραμμή. Πλοίο που κινείται παράλληλα στην ακτογραμμή, μακριά από τις σημαδούρες δημιουργεί κύμα, με φορά διάδοσης από την Α προς την Β, το οποίο θεωρούμε εγκάρσιο αρμονικό. Το κύμα διαδίδεται προς την ακτή. Εξ αιτίας του κύματος η κάθε σημαδούρα διέρχεται από τη θέση ισορροπίας της 30 φορές το λεπτό. Ο χρόνος που απαιτείται, για να φθάσει ένα «όρος» του κύματος από τη σημαδούρα Α στη Β, είναι 9 s . Η μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης κάθε σημαδούρας είναι $\frac{\pi}{5} \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Θεωρούμε ως αρχή μέτρησης των αποστάσεων τη σημαδούρα Α και ως αρχή μέτρησης των χρόνων τη στιγμή που η σημαδούρα Α

βρίσκεται στη θέση ισορροπίας και κινείται προς τα θετικά.^{xxxvi}

- Να υπολογιστεί το μήκος του κύματος.
- Πόσο απέχει η σημαδούρα Α από την ακτή, αν αυτή βρίσκεται για $21^{\text{η}}$ φορά στην ανώτερη θέση της ταλάντωσής της, όταν το κύμα φθάσει στην ακτή.
- Να γραφεί η εξίσωση ταλάντωσης της σημαδούρας Β, καθώς το κύμα διαδίδεται από τη σημαδούρα Α προς τη Β.
- Να βρεθεί το μέτρο της ταχύτητας ταλάντωσης της σημαδούρας Β κάποια χρονική στιγμή που η σημαδούρα Α βρίσκεται στο ανώτατο σημείο της ταλάντωσής της.

2007

37. Τα μηχανικά κύματα μεταφέρουν ενέργεια και ύλη. (Σ/Λ)^{xxxvii}

38. Δύο σύγχρονες σημειακές πηγές Π_1 και Π_2 δημιουργούν εγκάρσια αρμονικά κύματα πλάτους Α και συχνότητας 4 Hz , τα οποία διαδίδονται στην επιφάνεια ενός υγρού με ταχύτητα $20 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$. Ένα σημείο που απέχει από τις δύο πηγές αποστάσεις $r_1 = 17 \text{ cm}$ και

$r_2 = 12 \text{ cm}$ αντίστοιχα^{xxxviii}

- ταλαντώνεται με πλάτος Α
- ταλαντώνεται με πλάτος 2Α
- παραμένει ακίνητο

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

39. Κατά τη διάδοση ενός κύματος μεταφέρεται ενέργεια από ένα σημείο στο άλλο, αλλά δεν μεταφέρεται ούτε ύλη, ούτε ορμή. (Σ/Λ)^{xxxix}

40. Σε στάσιμο κύμα, μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών, όλα τα σημεία έχουν την ίδια φάση. (Σ/Λ)^{xl}

41. Σε μια χορδή δημιουργείται στάσιμο κύμα, η εξίσωση του οποίου είναι

$$y = 10 \sigma \nu \frac{\pi x}{4} \cdot \eta \mu 2\pi t, \text{ όπου } x, y \text{ δίνονται σε cm και } t \text{ σε s. Να βρείτε:}^{\text{xli}}$$

- το μέγιστο πλάτος της ταλάντωσης, τη συχνότητα και το μήκος κύματος.
- τις εξισώσεις των δύο κυμάτων που παράγουν το στάσιμο κύμα.
- την ταχύτητα που έχει τη χρονική στιγμή $t = 0,1 \text{ s}$ ένα σημείο της χορδής το οποίο απέχει 3 cm από το σημείο $x = 0$.
- σε ποιες θέσεις υπάρχουν κοιλίες μεταξύ των σημείων $x_A = 3 \text{ cm}$ και $x_B = 9 \text{ cm}$.

$$\text{Δίνονται: } \pi = 3,14 \text{ και } \sigma \nu \frac{3\pi}{4} = -\frac{\sqrt{2}}{2}.$$

42. Μήκος κύματος λ είναι η απόσταση στην οποία διαδίδεται το κύμα σε χρόνο μιας περιόδου. (Σ/Λ)^{xlii}

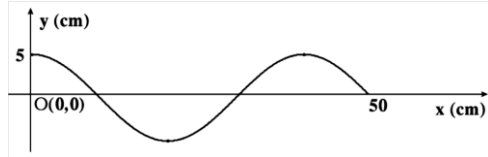
43. Στην επιφάνεια υγρού συμβάλλουν δύο όμοια κύματα που δημιουργούνται από δύο σύγχρονες αρμονικές πηγές. Σε σημείο Φ που απέχει από τις δύο πηγές αποστάσεις r_1 και r_2 έχουμε ενίσχυση όταν:^{xliii}

$$\text{a) } |r_1 - r_2| = \left(2N + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \text{b) } |r_1 - r_2| = N\lambda \quad \text{c) } |r_1 - r_2| = (2N + 1)\lambda$$

όπου $N = 0, 1, 2, \dots$ και λ το μήκος κύματος. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

44. Στα διαμήκη κύματα τα σημεία του ελαστικού μέσου ταλαντώνονται κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. (Σ/Λ)^{xliv}

45. Το άκρο Ο γραμμικού ομογενούς ελαστικού μέσου, που εκτείνεται κατά τη διεύθυνση του ημιάξονα Οx, αρχίζει να ταλαντώνεται τη στιγμή $t=0$, σύμφωνα με την εξίσωση



$$y = A \cdot \eta\mu\left(\frac{\pi}{2}t\right) \quad (\gamma \text{ σε cm, } t \text{ σε s}).$$

Το εγκάρσιο κύμα, που δημιουργείται, διαδίδεται κατά μήκος του γραμμικού ελαστικού μέσου. Κάποια χρονική στιγμή το στιγμιότυπο του κύματος απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.^{xlv}

- a) Να βρείτε το μήκος κύματος και την περίοδο του κύματος.
- b) Να υπολογίσετε την ταχύτητα διάδοσης του κύματος.
- c) Να γράψετε την εξίσωση του κύματος.
- d) Να βρείτε την ενέργεια ενός πολύ μικρού τμήματος του ελαστικού μέσου μάζας $\Delta m = 8 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$.

Δίνεται: $\pi^2 \approx 10$

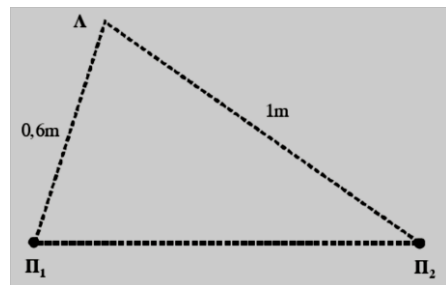
46. Το διάγραμμα της συνάρτησης $y = A \cdot \eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{T} - \text{σταθ.}\right)$ είναι στιγμιότυπο κύματος.

(Σ/Λ)^{xlvi}

47. Ένα εγκάρσιο μηχανικό κύμα είναι αδύνατο να διαδίδεται στα αέρια. (Λ/Σ)^{xlvii}

48. Κατά τη διάδοση ενός κύματος μεταφέρεται ενέργεια από το ένα σημείο του μέσου στο άλλο, όχι όμως ορμή και ύλη. (Σ/Λ)^{xlviii}

49. Δύο σύγχρονες πηγές Π_1, Π_2 δημιουργούν στην επιφάνεια υγρού εγκάρσια αρμονικά κύματα. Η εξίσωση της ταλάντωσης κάθε πηγής είναι $y = 0,01 \cdot \eta\mu(10\pi t)$ (SI) και η ταχύτητα διάδοσης των εγκάρσιων κυμάτων στην επιφάνεια του υγρού είναι ίση με $1,5 \frac{m}{s}$. Ένα σημείο Λ της επιφάνειας



του υγρού απέχει από την πηγή Π_1 απόσταση $0,6 \text{ m}$ και από την πηγή Π_2 απόσταση 1 m , όπως δείχνει το σχήμα. Οι πηγές Π_1, Π_2 αρχίζουν να ταλαντώνονται τη χρονική στιγμή $t=0$.^{xlix}

- a) Να υπολογισθεί το μήκος κύματος των κυμάτων που δημιουργούν οι πηγές.
- b) Πόση είναι η συχνότητα της ταλάντωσης του σημείου Λ μετά την έναρξη της συμβολής;
- c) Να υπολογισθεί το πλάτος της ταλάντωσης του σημείου Λ μετά την έναρξη της συμβολής.
- d) Να προσδιορισθεί η απομάκρυνση του σημείου Λ από τη θέση ισορροπίας του, τη

χρονική στιγμή $t = \frac{4}{3} \text{ s}$.

Δίνεται $\sigma\upsilon\nu \frac{4\pi}{3} = -\frac{1}{2}$

50. Στη διεύθυνση διάδοσης ενός αρμονικού κύματος κάποια σημεία του ελαστικού μέσου παραμένουν συνεχώς ακίνητα.ⁱ

51. Ένα στάσιμο κύμα περιγράφεται από την εξίσωση $y = 10 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{4}x\right) \sin(2\pi t)$, όπου

τα x, y είναι σε cm και το t σε s. Το μήκος κύματος των δύο κυμάτων που συμβάλλουν για να δημιουργήσουν το στάσιμο κύμα είναι:ⁱⁱ

- a) 2 cm b) 4 cm c) 8 cm

Να επιλέξετε το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

2009

52. Σε στάσιμο κύμα δύο σημεία του ελαστικού μέσου βρίσκονται μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών. Τότε τα σημεία αυτά έχουνⁱⁱⁱ

- a) διαφορά φάσης π
b) την ίδια φάση
c) διαφορά φάσης που εξαρτάται από την απόστασή τους

- d) διαφορά φάσης $\frac{\pi}{2}$

53. Στα στάσιμα κύματα, τα σημεία που παρουσιάζουν μέγιστο πλάτος ταλάντωσης ονομάζονται κοιλίες. (Σ/Λ)ⁱⁱⁱⁱ

54. Η εξίσωση ενός γραμμικού αρμονικού κύματος που διαδίδεται κατά μήκος του άξονα xx' είναι: $y = 0,4\eta\mu 2\pi(2t - 0,5x)$ (SI). Να βρείτε:

- a) Το μήκος κύματος λ και την ταχύτητα διάδοσης του κύματος $υ$.^{liv}
b) Τη μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης των σημείων του ελαστικού μέσου.
c) Τη διαφορά φάσης που παρουσιάζουν την ίδια χρονική στιγμή δύο σημεία του ελαστικού μέσου, τα οποία απέχουν μεταξύ τους απόσταση ίση με 1,5 m.

- d) Για τη χρονική στιγμή $t_1 = \frac{11}{8}$ s να βρείτε την εξίσωση που περιγράφει το

στιγμιότυπο του κύματος, και στη συνέχεια να το σχεδιάσετε.

(Το στιγμιότυπο του κύματος να σχεδιαστεί με στυλό ή μολύβι στο μιλιμετρέ).

55. Στα εγκάρσια μηχανικά κύματα τα σημεία του ελαστικού μέσου ταλαντώνονται παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. (Σ/Λ)^{lv}

56. Στη χορδή μιας κιθάρας, της οποίας τα άκρα είναι σταθερά στερεωμένα, δημιουργείται στάσιμο κύμα. Το μήκος της χορδής είναι ίσο με L . Τέσσερα (4) συνολικά σημεία (μαζί με τα άκρα) παραμένουν συνεχώς ακίνητα. Αν λ είναι το μήκος κύματος των κυμάτων από τη συμβολή των οποίων προήλθε το στάσιμο κύμα, τότε:^{lvi}

- a) $L = 3\lambda$ b) $L = 2\lambda$ c) $L = \frac{3\lambda}{2}$ d) $L = \frac{2\lambda}{3}$

2010

57. Μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών στάσιμου κύματος τα σημεία του ελαστικού μέσου^{lvii}

- a) έχουν το ίδιο πλάτος ταλάντωσης
b) έχουν την ίδια φάση

- c) έχουν την ίδια ταχύτητα ταλάντωσης
d) είναι ακίνητα
- 58.** Στα άκρα της χορδής μιας κιθάρας δημιουργούνται πάντα κοιλίες στάσιμου κύματος. (Σ/Λ)^{lviii}
- 59.** Στην ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού δύο σύγχρονες πηγές αρμονικών κυμάτων εκτελούν κατακόρυφες ταλαντώσεις με συχνότητα f και δημιουργούν εγκάρσια κύματα ίδιου πλάτους A . Ένα σημείο Σ της επιφάνειας του υγρού ταλαντώνεται εξ αιτίας της συμβολής των δύο κυμάτων με πλάτος $2A$. Αν οι δύο πηγές εκτελέσουν ταλάντωση με συχνότητα $2f$ και με το ίδιο πλάτος A , τότε το σημείο Σ θα^{lix}
- a) ταλαντωθεί με πλάτος $2A$ b) ταλαντωθεί με πλάτος $4A$ c) παραμένει ακίνητο
2A
- Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.
- 60.** Κατά τη συμβολή δύο κυμάτων που δημιουργούνται στην επιφάνεια υγρού από δύο σύγχρονες πηγές A και B , παρατηρείται ταλάντωση με μέγιστο πλάτος στα σημεία O της επιφάνειας, που η διαφορά $OA - OB$ είναι (για όλες τις ακέραιες τιμές του N)^{lx}
- a) $(2N + 1)\frac{\lambda}{2}$ b) $N\frac{\lambda}{2}$ c) $3N\frac{\lambda}{4}$ d) $N\lambda$
- 61.** Η αρχή της επαλληλίας δεν ισχύει στα κύματα που δημιουργούνται από μια έκρηξη. (Σ/Λ)^{lxi}
- 62.** Η εξίσωση ενός γραμμικού αρμονικού κύματος είναι: $y = 0,2\eta\mu 2\pi(t - 2x)$, (SI). Να υπολογίσετε:^{lxii}
- a) την περίοδο και το μήκος κύματος.
b) την ταχύτητα του κύματος.
c) τη μέγιστη επιτάχυνση της ταλάντωσης των σημείων του ελαστικού μέσου.
d) την απόσταση μεταξύ δύο σημείων του ελαστικού μέσου που παρουσιάζουν διαφορά φάσης $4\pi \text{ rad}$.
- Δίδεται $\pi^2 \approx 10$.
- 63.** Όταν σε μια ελαστική χορδή δημιουργείται στάσιμο κύμα, τότε όλα τα σημεία της χορδής διέρχονται ταυτόχρονα από τη θέση ισορροπίας τους. (Σ/Λ)^{lxiii}
- 64.** Η ταχύτητα διάδοσης ενός μηχανικού κύματος εξαρτάται από^{lxiv}
- a) το μήκος κύματος
b) τις ιδιότητες του μέσου διάδοσης
c) τη συχνότητα του κύματος
d) το πλάτος του κύματος
- 65.** Σε ένα στάσιμο κύμα, τα σημεία που βρίσκονται μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών έχουν φάσεις που διαφέρουν κατά π . (Σ/Λ)^{lxv}

2011

- 66.** Τα διαμήκη κύματα διαδίδονται τόσο στα στερεά όσο και στα υγρά και τα αέρια. (Σ/Λ)^{lxvi}
- 67.** Στα στάσιμα κύματα μεταφέρεται ενέργεια από το ένα σημείο του μέσου στο άλλο. (Σ/Λ)^{lxvii}
- 68.** Στην επιφάνεια ενός υγρού που ηρεμεί, βρίσκονται δύο σύγχρονες σημειακές πηγές Π_1 και Π_2 , που δημιουργούν στην επιφάνεια του υγρού εγκάρσια αρμονικά κύματα

ίσου πλάτους. Οι πηγές αρχίζουν να ταλαντώνονται τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ ξεκινώντας από τη θέση ισορροπίας τους και κινούμενες προς την ίδια κατεύθυνση, την οποία θεωρούμε θετική. Η χρονική εξίσωση της ταλάντωσης ενός σημείου Μ, που βρίσκεται στη μεσοκάθετο του ευθύγραμμου τμήματος $\Pi_1\Pi_2$, μετά τη συμβολή των κυμάτων δίνεται στο SI από τη σχέση: $y_M = 0,2\eta\mu 2\pi(5t - 10)$. Η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων στην επιφάνεια του υγρού είναι $v = 2 \frac{m}{s}$. Έστω Ο το μέσο του ευθύγραμμου τμήματος $\Pi_1\Pi_2$ και $d = 1 m$ η απόσταση μεταξύ των πηγών. Να βρείτε.^{lxviii}

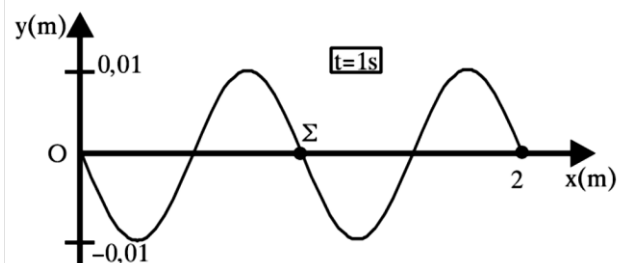
- Την απόσταση $M\Pi_1$.
- Τη διαφορά φάσης των ταλαντώσεων των σημείων Ο και Μ.
- Πόσα σημεία του ευθύγραμμου τμήματος $\Pi_1\Pi_2$ ταλαντώνονται με μέγιστο πλάτος.
- Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση της απομάκρυνσης του σημείου Μ σε συνάρτηση με τον χρόνο t για $0 \leq t \leq 2,5 s$.

69. Στην επιφάνεια ενός υγρού που ηρεμεί βρίσκονται δύο σύγχρονες σημειακές πηγές Π_1 και Π_2 , που δημιουργούν στην επιφάνεια του υγρού εγκάρσια αρμονικά κύματα πλάτους A , συχνότητας f και μήκους κύματος λ . Ένα σημείο Κ της επιφάνειας του υγρού ταλαντώνεται με μέγιστο πλάτος $2A$. Διπλασιάζουμε τη συχνότητα ταλάντωσης των δύο πηγών. Το σημείο Κ ταλαντώνεται τώρα με πλάτος^{lxix}

- a) 2 b) A c) 0
A

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

70. Το άκρο Ο γραμμικού ομογενούς ελαστικού μέσου, που εκτείνεται κατά τη διεύθυνση του ημιάξονα Οx, αρχίζει τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ να ταλαντώνεται με θετική ταχύτητα, δημιουργώντας αρμονικό κύμα. Στο σχήμα απεικονίζεται το στιγμιότυπο του κύματος τη χρονική στιγμή $t = 1 s$.^{lxx}



- Να βρείτε την ταχύτητα διάδοσης του κύματος v και το μήκος κύματος λ .
- Να γράψετε την εξίσωση του κύματος.
- Να βρείτε τη μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης των σημείων του μέσου
- Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση της απομάκρυνσης ενός σημείου Σ του ελαστικού μέσου που βρίσκεται στη θέση $x_\Sigma = 1 m$, σε συνάρτηση με το χρόνο.

2012

71. Η ταχύτητα διάδοσης ενός αρμονικού κύματος εξαρτάται από^{lxxi}

- τη συχνότητα του κύματος
- τις ιδιότητες του μέσου διάδοσης
- το πλάτος του κύματος
- την ταχύτητα ταλάντωσης των μορίων του μέσου διάδοσης

72. Η ταυτόχρονη διάδοση δύο ή περισσότερων κυμάτων στην ίδια περιοχή ενός ελαστικού μέσου ονομάζεται συμβολή. (Σ/Λ)^{lxxii}

73. Σε γραμμικό ελαστικό μέσο, κατά μήκος του ημιάξονα Οχ, δημιουργείται στάσιμο κύμα με κοιλία στη θέση $x=0$. Δύο σημεία Κ και Λ του ελαστικού μέσου βρίσκονται αριστερά και δεξιά του πρώτου δεσμού, μετά τη θέση $x=0$, σε αποστάσεις $\frac{\lambda}{6}$ και $\frac{\lambda}{12}$ από αυτόν αντίστοιχα, όπου λ το μήκος κύματος των κυμάτων που δημιουργούν το στάσιμο κύμα.

Ο λόγος των μεγίστων ταχυτήτων $\frac{v_K}{v_\Lambda}$ των σημείων αυτών είναι:^{lxxiii}

a) $\sqrt{3}$ b) $\frac{1}{3}$ c) 3

Να επιλέξετε τη σωστή πρόταση. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

74. Ένα απλό αρμονικό κύμα διαδίδεται μέσα σε ένα γραμμικό ελαστικό μέσο με μήκος κύματος λ . Την χρονική στιγμή t δύο σημεία Α και Β που βρίσκονται στις θέσεις $x_A = \frac{3\lambda}{8}$ και $x_B = \frac{5\lambda}{8}$, έχουν διαφορά φάσης:^{lxxiv}

a) $\Delta\phi = 0$ b) $\Delta\phi = \frac{\pi}{2}$ c) $\Delta\phi = \pi$

Να επιλέξετε την σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

75. Σε γραμμικό ελαστικό μέσο έχει δημιουργηθεί στάσιμο κύμα. Μερικοί διαδοχικοί δεσμοί ($\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$) και μερικές διαδοχικές κοιλίες (K_1, K_2, K_3) του στάσιμου κύματος φαίνονται στο σχήμα. Αν λ το μήκος κύματος των κυμάτων που δημιούργησαν το στάσιμο κύμα, τότε η απόσταση ($\Delta_1 K_2$) είναι:^{lxxv}



a) λ b) $3\frac{\lambda}{4}$ c) $\frac{\lambda}{2}$ d) $3\frac{\lambda}{2}$

76. Το πλάτος ενός αρμονικού κύματος εξαρτάται από το μήκος κύματος λ του κύματος αυτού. (Σ/Λ)^{lxxvi}

77. Δύο σύγχρονες σημειακές πηγές Α και Β, που βρίσκονται στην επιφάνεια υγρού, ταλαντώνονται αρμονικά παράγοντας κύματα, πλάτους Α, με μήκος κύματος $\lambda = 16 \text{ cm}$. Σημείο Γ, που βρίσκεται σε αποστάσεις $r_A = 24 \text{ cm}$ και $r_B = 20 \text{ cm}$ από τις πηγές Α και Β αντίστοιχα, έχει πλάτος ταλάντωσης:^{lxxvii}

a) $\sqrt{3}A$ b) 0 c) $\sqrt{2}A$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

2013

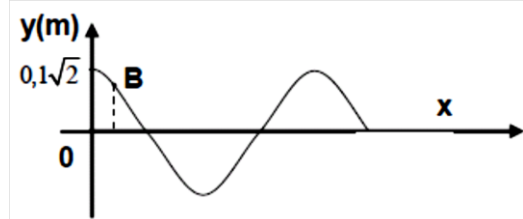
78. Κατά τη διάδοση μηχανικού κύματος μεταφέρεται ορμή από ένα σημείο του μέσου στο άλλο. (Σ/Λ)^{lxxviii}

79. Δύο σύγχρονες πηγές κυμάτων Π_1 και Π_2 που βρίσκονται αντίστοιχα στα σημεία Κ και Λ της επιφάνειας υγρού παράγουν πανομοιότυπα εγκάρσια αρμονικά κύματα με ίδιο πλάτος, ίσες συχνότητες f_1 και ίσα μήκη κύματος λ_1 . Αν η απόσταση των σημείων Κ και Λ είναι $d = 2\lambda_1$, τότε δημιουργούνται τέσσερις υπερβολές απόσβεσης, μεταξύ των σημείων Κ και Λ (δηλ. ο αριθμός των σημείων απόσβεσης πάνω στο ευθύγραμμο τμήμα ΚΛ είναι 4). Αλλάζοντας την συχνότητα των δύο πηγών σε $f_2 = 3f_1$ και διατηρώντας το ίδιο πλάτος, ο αριθμός των υπερβολών απόσβεσης (δηλ. των σημείων απόσβεσης), που δημιουργούνται μεταξύ των δύο σημείων Κ και Λ, είναι:^{lxxxix}

- a) 6 b) 8 c) 12

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

80. Το σχήμα δίνει το στιγμιότυπο στάσιμου κύματος, με περίοδο T και μήκος κύματος λ , τη χρονική στιγμή $t = \frac{1}{8}T$. Το σημείο 0 είναι κοιλία που για $t = 0$ s διέρχεται από τη θέση ισορροπίας με θετική ταχύτητα. Το πλάτος της ταλάντωσης σημείου Β με $x_B = \frac{1}{8}\lambda$ είναι:^{lxxx}



- a) 0,05 m b) 0,1 m c) $0,1\sqrt{2}$ m

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

81. Κατά μήκος δύο χορδών 1 και 2, που είναι κατασκευασμένες από το ίδιο υλικό, διαδίδονται δύο αρμονικά εγκάρσια κύματα πλάτους A_1 και A_2 και μήκους κύματος λ_1 και λ_2 , αντίστοιχα. Αν ισχύει ότι $A_2 = 2A_1$ και $\lambda_2 = \frac{1}{2}\lambda_1$, τότε για τις αντίστοιχες μέγιστες επιταχύνσεις των ταλαντώσεων $a_{\max 1}$ και $a_{\max 2}$ ισχύει:^{lxxxii}

- 1) $\frac{a_{\max 1}}{a_{\max 2}} = \frac{1}{4}$ 2) $\frac{a_{\max 1}}{a_{\max 2}} = \frac{1}{8}$ 3) $\frac{a_{\max 1}}{a_{\max 2}} = 4$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

82. Στάσιμο κύμα δημιουργείται σε γραμμικό ελαστικό μέσο. Για όλα τα σημεία του ελαστικού μέσου που ταλαντώνονται ισχύει ότι:^{lxxxiii}

- a) έχουν την ίδια μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης
 b) έχουν την ίδια περίοδο
 c) το πλάτος ταλάντωσής τους δεν εξαρτάται από την θέση τους
 d) έχουν την ίδια φάση

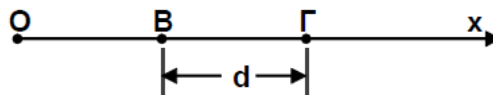
83. Το άκρο Ο μιας ομογενούς και ελαστικής χορδής, που εκτείνεται κατά τη διεύθυνση του θετικού ημιάξονα Οx, εκτελεί ταυτόχρονα δύο αρμονικές ταλαντώσεις κατά τη διεύθυνση του άξονα γ'γ και γύρω από την ίδια θέση ισορροπίας. Οι εξισώσεις των ταλαντώσεων στο S.I. είναι : $y_1 = 0,1 \eta\mu(50\pi t)$, $y_2 = 0,05 \eta\mu(50\pi t - \pi)$. Από την ταλάντωση του άκρου Ο δημιουργείται αρμονικό κύμα που διαδίδεται κατά μήκος της χορδής με ταχύτητα $v = 2 \frac{m}{s}$.^{lxxxiii}

- a) Να γράψετε την εξίσωση ταλάντωσης του άκρου Ο της χορδής.
 b) Να γράψετε την εξίσωση του αρμονικού κύματος που δημιουργείται.
 c) Να υπολογίσετε την ταχύτητα ταλάντωσης υλικού σημείου της χορδής που βρίσκεται στη θέση $x = 0,4$ m τη χρονική στιγμή $t_1 = 0,1$ s και τη χρονική στιγμή

$$t_1 = 0,3 \text{ s}.$$

d) Αν τα σημεία Β και Γ της χορδής

$$\text{απέχουν μεταξύ τους } B\Gamma = d = \frac{3\lambda}{2},$$



όπως φαίνεται στο σχήμα, να

υπολογίσετε την απομάκρυνση του σημείου Β (y_B), όταν το σημείο Γ βρίσκεται στη μέγιστη θετική του απομάκρυνση. (λ είναι το μήκος του κύματος)

2014

84. Η ταχύτητα ενός ηχητικού κύματος εξαρτάται από: ^{lxxxiv}

- την περίοδο του ήχου
- το υλικό στο οποίο διαδίδεται το κύμα
- το μήκος κύματος
- το πλάτος του κύματος.

85. Κριτήριο για τη διάκριση των μηχανικών κυμάτων σε εγκάρσια και διαμήκη είναι η διεύθυνση ταλάντωσης των μορίων του ελαστικού μέσου σε σχέση με την διεύθυνση διάδοσης του κύματος. (Σ/Λ) ^{lxxxv}

86. Δύο σύγχρονες σημειακές πηγές Π_1 και Π_2 δημιουργούν στην επιφάνεια υγρού εγκάρσια κύματα που διαδίδονται με ταχύτητα $v = 5 \frac{m}{s}$. Μικρό κομμάτι φελλού

βρίσκεται σε κάποιο σημείο Σ της επιφάνειας πλησιέστερα στην πηγή Π_2 . Η απομάκρυνση του σημείου Σ από τη θέση ισορροπίας του σε συνάρτηση με τον χρόνο περιγράφεται από τη γραφική παράσταση του σχήματος. Οι πηγές αρχίζουν να ταλαντώνονται τη χρονική στιγμή $t = 0$ και εκτελούν ταλαντώσεις της μορφής $y = A\eta\mu(\omega t)$.

- Να βρείτε τις αποστάσεις r_1 και r_2 του σημείου Σ από τις πηγές Π_1 και Π_2 , αντίστοιχα.
- Να γράψετε τη σχέση που δίνει την απομάκρυνση του φελλού από τη θέση ισορροπίας του σε συνάρτηση με τον χρόνο, για $t \geq 0$.
- Ποιο είναι το μέτρο της ταχύτητας ταλάντωσης του φελλού κάποια χρονική στιγμή t_1 , κατά την οποία η απομάκρυνσή του από τη θέση ισορροπίας του είναι

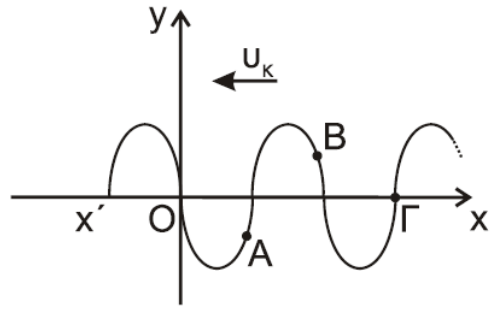
$$y_1 = 5\sqrt{3} \cdot 10^{-3} \text{ m};$$

- Έστω K_1 η μέγιστη κινητική ενέργεια του φελλού μετά τη συμβολή. Αλλάζουμε τη συχνότητα των ταλαντώσεων των πηγών Π_1 και Π_2 έτσι ώστε η συχνότητά τους να είναι ίση με τα $\frac{10}{9}$ της αρχικής τους συχνότητας. Αν μετά τη νέα συμβολή η

μέγιστη κινητική ενέργεια του φελλού είναι K_2 , να βρεθεί ο λόγος $\frac{K_1}{K_2}$. ^{lxxxvi}

$$\text{Δίνεται: } \sigma\upsilon\nu\left(\frac{\pi}{3}\right) = \frac{1}{2}$$

87. Στο σχήμα απεικονίζεται το στιγμιότυπο ενός εγκάρσιου αρμονικού κύματος που διαδίδεται κατά την αρνητική φορά του άξονα $x'Ox$ τη χρονική στιγμή t_1 . Για τις ταχύτητες ταλάντωσης των σημείων A, B και Γ ισχύει:^{lxxxvii}



- a) $v_A > 0, v_B > 0, v_\Gamma > 0$
 b) $v_A < 0, v_B > 0, v_\Gamma > 0$
 c) $v_A > 0, v_B < 0, v_\Gamma > 0$
 d) $v_A < 0, v_B > 0, v_\Gamma < 0$

88. Εγκάρσια ονομάζονται τα κύματα στα οποία τα μόρια του ελαστικού μέσου ταλαντώνονται παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. (Σ/Λ) ^{lxxxviii}

89. Δύο σύγχρονες πηγές κυμάτων Π_1 και Π_2 δημιουργούν στην επιφάνεια υγρού εγκάρσια κύματα. Ένα μικρό κομμάτι φελλού βρίσκεται σε κάποιο σημείο Σ της επιφάνειας του υγρού σε τέτοιες αποστάσεις από τις πηγές, ώστε τα κύματα να συμβάλλουν σε αυτό με χρονική διαφορά $\Delta t = \frac{T}{4}$, όπου T η περίοδος ταλάντωσης των πηγών. Δεύτερο κομμάτι φελλού ίδιας μάζας με το προηγούμενο βρίσκεται στο μέσο M της απόστασης των πηγών Π_1 και Π_2 . Αν A_Σ και A_M είναι τα πλάτη ταλάντωσης των δύο κομματιών φελλού μετά τη συμβολή, τότε ο λόγος των ενεργειών τους $\frac{E_\Sigma}{E_M}$ είναι^{lxxxix}

- a) $\frac{E_\Sigma}{E_M} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ b) $\frac{E_\Sigma}{E_M} = \frac{1}{2}$ c) $\frac{E_\Sigma}{E_M} = \frac{1}{4}$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

90. Στη χορδή ενός μουσικού οργάνου έχει δημιουργηθεί στάσιμο κύμα συχνότητας f_1 . Το στάσιμο κύμα έχει συνολικά πέντε (5) δεσμούς, δύο (2) στα άκρα της χορδής και τρεις (3) μεταξύ αυτών. Στην ίδια χορδή με άλλη διέγερση δημιουργείται άλλο στάσιμο κύμα συχνότητας $f_2 = 2f_1$. Ο συνολικός αριθμός των δεσμών που έχει τώρα το στάσιμο κύμα είναι:^{xc}

- a) 7 b) 9 c) 11

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

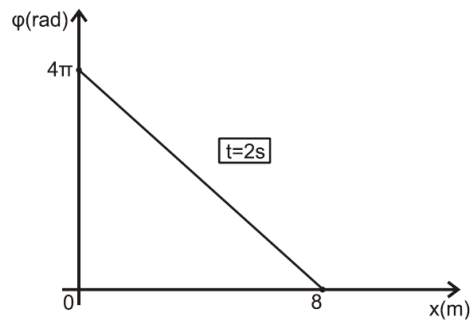
2015

91. Ένα στάσιμο κύμα που δημιουργείται σε ένα γραμμικό ελαστικό μέσο περιγράφεται από την εξίσωση: $y = 2A \sigma \nu \nu \left(2\pi \frac{x}{\lambda} \right) \eta \mu \left(2\pi \frac{t}{T} \right)$. Το πλάτος ταλάντωσης A' ενός σημείου M του ελαστικού μέσου που βρίσκεται δεξιά του τρίτου δεσμού από το σημείο $x = 0$ και σε απόσταση $\frac{1}{12} \lambda$ από αυτόν είναι (δίνεται $\cos \frac{2\pi}{3} = -\frac{1}{2}$)^{xc1}:

- a) $A' = A\sqrt{3}$ b) $A' = \frac{A}{2}$ c) $A' = A$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

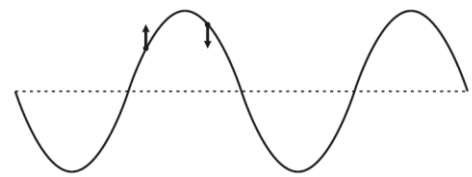
92. Στο διάγραμμα του σχήματος, δίνεται η φάση των σημείων ελαστικού μέσου, στο οποίο διαδίδεται απλό αρμονικό κύμα σε συνάρτηση με την απόσταση των σημείων του ελαστικού μέσου από την πηγή. Η εξίσωση ταλάντωσης της πηγής του κύματος είναι $y = A\eta\mu\omega t$. Η εξίσωση απομάκρυνσης των σημείων του ελαστικού μέσου θα είναι:^{xcii}



a) $y = A\eta\mu 2\pi \left(t - \frac{x}{4} \right)$ b) $y = A\eta\mu 2\pi \left(t + \frac{x}{4} \right)$ c) $y = A\eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{4} - x \right)$

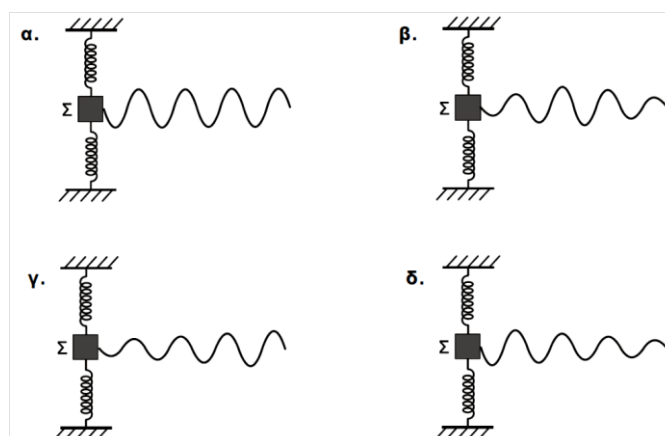
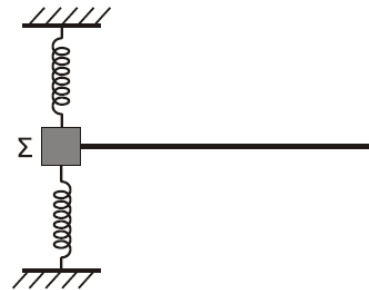
Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

93. Στο στιγμιότυπο αρμονικού μηχανικού κύματος του διπλανού σχήματος, παριστάνονται οι ταχύτητες ταλάντωσης δύο σημείων του. Το κύμα^{xciii}



- a) διαδίδεται προς τα αριστερά
- b) διαδίδεται προς τα δεξιά
- c) είναι στάσιμο
- d) μπορεί να διαδίδεται και προς τις δύο κατευθύνσεις (δεξιά ή αριστερά)

94. Το διπλανό σχήμα παριστάνει σώμα Σ συνδεδεμένο με δύο ελατήρια και εκτελεί φθίνουσα αρμονική ταλάντωση. Το σύστημα είναι τοποθετημένο σε οριζόντιο επίπεδο. Επιπλέον, το σώμα Σ είναι συνδεδεμένο με οριζόντια ελαστική χορδή κατά μήκος της οποίας **διαδίδεται** μηχανικό κύμα με πηγή το σώμα Σ. Να επιλέξετε τη σωστή εκδοχή του επόμενου σχήματος (α-δ) που περιγράφει το στιγμιότυπο του κύματος που διαδίδεται στη χορδή.^{xciv}



95. Η πηγή έχει τη μεγαλύτερη φάση από τη φάση όλων των σημείων ενός αρμονικού κύματος. (Σ/Λ) ^{xcv}

96. Στην επιφάνεια υγρού δύο σύμφωνες πηγές Π_1 και Π_2 εκτελούν απλή αρμονική ταλάντωση, οπότε στα σημεία του υγρού συμβάλλουν αρμονικά κύματα. Τα σημεία της

μεσοκαθέτου του ευθύγραμμου τμήματος $\Pi_1\Pi_2$ παραμένουν συνεχώς ακίνητα. $(\Sigma/\Lambda)^{\text{xcvi}}$

97. Σε γραμμικό ελαστικό μέσο (1) δημιουργείται στάσιμο κύμα έτσι ώστε το ένα άκρο του μέσου να είναι δεσμός και το άλλο άκρο να είναι κοιλία. Μεταξύ των δύο άκρων υπάρχουν άλλοι 5 δεσμοί. Σε ένα δεύτερο ελαστικό μέσο (2) από το ίδιο υλικό αλλά με διπλάσιο μήκος από το πρώτο, δημιουργείται άλλο στάσιμο κύμα, έτσι ώστε και τα δύο άκρα του δεύτερου μέσου να είναι δεσμοί. Μεταξύ των δύο άκρων του δεύτερου μέσου υπάρχουν άλλοι οκτώ δεσμοί. Ο λόγος των συχνοτήτων ταλάντωσης των δύο μέσων είναι^{xcvii}

$$\text{a) } \frac{f_1}{f_2} = \frac{1}{1} \quad \text{b) } \frac{f_1}{f_2} = \quad \text{c) } \frac{f_1}{f_2} = \frac{9}{11}$$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας

98. Οι φάσεις δύο σημείων A, B ενός ελαστικού μέσου στο οποίο διαδίδεται αρμονικό κύμα είναι $\phi_A = \frac{\pi}{6}$ και $\phi_B = \frac{\pi}{3}$ αντίστοιχα. Ο λόγος των δυναμικών ενεργειών ταλάντωσης $\frac{E_A}{E_B}$ των σημείων A, B είναι (εσπερινού)^{xcviii}

$$\text{a) } \quad \text{b) } \quad \text{c) } \frac{1}{2}$$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

99. Κατά μήκος ενός γραμμικού ελαστικού μέσου δημιουργείται στάσιμο κύμα με περισσότερους από δύο δεσμούς. Όλα τα σημεία του ελαστικού μέσου που ταλαντώνονται^{xcix}

- a) έχουν την ίδια ολική ενέργεια
- b) έχουν την ίδια μέγιστη ταχύτητα
- c) έχουν κάθε στιγμή την ίδια φορά κίνησης
- d) ακινητοποιούνται στιγμιαία ταυτόχρονα

100. Το άκρο O ενός γραμμικού ομογενούς ελαστικού μέσου, που εκτείνεται κατά τη διεύθυνση του ημιάξονα Ox, αρχίζει τη χρονική στιγμή $t = 0$ να ταλαντώνεται σύμφωνα με την εξίσωση: $y = 5\eta\mu(2\pi t)$ (το y σε cm και το t σε s). Η ταλάντωση του σημείου O

διαδίδεται στο μέσο με ταχύτητα $v = 1 \frac{m}{s}$. Σημείο B του μέσου απέχει από το O κατά

$x = 1 m$. Η ταχύτητα του σημείου B του μέσου τις χρονικές στιγμές $t_1 = 0,5 s$ και $t_2 = 2 s$ έχει τιμές, αντίστοιχα:^c

$$\text{a) } v_1 = -0,1\pi \frac{m}{s} \text{ και } v_2 = -0,1\pi \frac{m}{s}$$

$$\text{b) } v_1 = 0 \frac{m}{s} \text{ και } v_2 = 0,1\pi \frac{m}{s}$$

$$\text{c) } v_1 = -0,1\pi \frac{m}{s} \text{ και } v_2 = 0,1\pi \frac{m}{s}$$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

- 101.** Ένα σύνθετο κύμα μπορούμε να το θεωρήσουμε ως αποτέλεσμα της επαλληλίας ενός αριθμού αρμονικών κυμάτων με επιλεγμένα πλάτη και μήκη κύματος. (Σ/Λ)^{ci}
- 102.** Σε κάθε στάσιμο κύμα μεταφέρεται ενέργεια από ένα σημείο του ελαστικού μέσου σε άλλο. (Σ/Λ)^{cii}
- 103.** Σε χορδή που εκτείνεται κατά μήκος του άξονα $x'x$, έχει δημιουργηθεί στάσιμο κύμα που προέρχεται από τη συμβολή δύο απλών αρμονικών κυμάτων πλάτους A , μήκους κύματος λ και περιόδου T . Το σημείο O , που βρίσκεται στη θέση $x_0 = 0$, είναι κοιλία και τη χρονική στιγμή $t=0$ βρίσκεται στη θέση ισορροπίας του, κινούμενο προς τη θετική κατεύθυνση της απομάκρυνσής του. Το μέτρο της μέγιστης ταχύτητας ταλάντωσης ενός σημείου M της χορδής που βρίσκεται στη θέση $x_M = \frac{9\lambda}{8}$, είναι ίσο με:^{ciii}

$$\text{a) } \frac{2\sqrt{2}\pi A}{T} \quad \text{b) } \frac{2\pi A}{T} \quad \text{c) } \frac{4\pi A}{T}$$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

- 104.** Δύο σύγχρονες πηγές όμοιων κυμάτων Π_1 και Π_2 δημιουργούν στην επιφάνεια ηρεμούντος υγρού εγκάρσια κύματα ίδιου πλάτους ταλάντωσης A . Ένα μικρό κομμάτι φελλού βρίσκεται σε κάποιο σημείο P της επιφάνειας του υγρού, σε τέτοιες αποστάσεις από τις πηγές, ώστε τα κύματα να συμβάλλουν στο σημείο P με διαφορά φάσης $\pi/3$ rad. Το πλάτος ταλάντωσης του φελλού που βρίσκεται στο σημείο P μετά τη συμβολή των κυμάτων είναι ίσο με:^{civ}

$$\text{a) } A\sqrt{3} \quad \text{b) } A\sqrt{2} \quad \text{c) } A$$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

- 105.** Ένα απλό αρμονικό κύμα που διαδίδεται σε ελαστικό μέσο έχει εξίσωση της μορφής $y = A\eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$. Για να είναι η ταχύτητα διάδοσης του κύματος διπλάσια από τη μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης ενός σημείου του ελαστικού μέσου, θα πρέπει να ισχύει^{cv}

$$\text{a) } \lambda = \pi A \quad \text{b) } \lambda = 2\pi A \quad \text{c) } \lambda = 4\pi A$$

Να επιλέξετε τη σωστή. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας

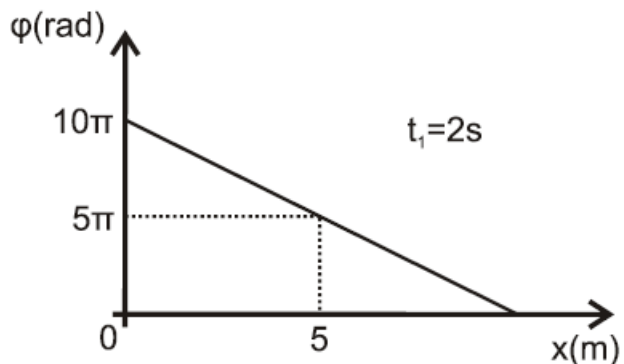
- 106.** Κατά τη διάδοση ενός κύματος σε ένα μέσο, από το ένα σημείο του μέσου σε κάποιο άλλο μεταφέρεται^{cvi}
- μόνο ενέργεια
 - ενέργεια και ύλη
 - ενέργεια και ορμή
 - ορμή και ύλη

- 107.** Εγκάρσια μηχανικά ονομάζονται τα κύματα^{cvi}

- στα οποία όλα τα σημεία του ελαστικού μέσου ταλαντώνονται παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος
- στα οποία σχηματίζονται πυκνώματα και αραιώματα
- στα οποία όλα τα σημεία του ελαστικού μέσου ταλαντώνονται κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος
- που διαδίδονται στα αέρια

- 108.** Η ταυτόχρονη διάδοση δύο ή περισσότερων κυμάτων στην ίδια περιοχή ενός ελαστικού μέσου ονομάζεται συμβολή. (Σ/Λ)^{cvi}

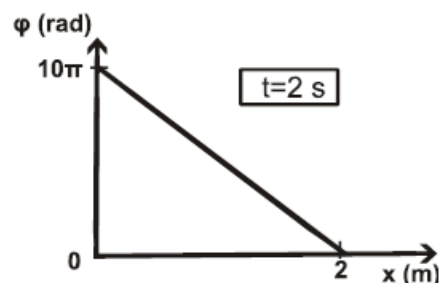
109. Εγκάρσιο αρμονικό κύμα διαδίδεται χωρίς απώλειες ενέργειας σε γραμμικό ελαστικό μέσο που ταυτίζεται με τον άξονα x' Οκ προς τη θετική κατεύθυνση. Η πηγή του κύματος βρίσκεται στην αρχή Ο του άξονα x' Οκ και εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με εξίσωση $y = A\eta\mu\omega t$. Στο διάγραμμα του σχήματος παριστάνεται η φάση των σημείων του ελαστικού μέσου σε συνάρτηση με την απόστασή τους x από την πηγή, τη χρονική στιγμή $t_1=2s$. Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος είναι ίση με:^{cix}



a) $v = 0,8 \frac{m}{s}$ b) $v = 5 \frac{m}{s}$ c) $v = 12,5 \frac{m}{s}$

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

110. Γραμμικό ομογενές ελαστικό μέσο εκτείνεται κατά μήκος του θετικού ημιάξονα Ox ενός συστήματος συντεταγμένων. Τη χρονική στιγμή $t=0$ το άκρο O ($x=0$) του ελαστικού μέσου αρχίζει να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση εξίσωσης απομάκρυνσης $y = 0,1\eta\mu\omega t$ (SI), με αποτέλεσμα, τη χωρίς απώλειες ενέργειας, διάδοση στο ελαστικό μέσο ημιτονοειδούς εγκάρσιου κύματος. Στο σχήμα δίνεται η γραφική παράσταση της φάσης των σημείων του κύματος σε συνάρτηση με την απόστ



ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ⁱ Β

ⁱⁱ ύλη

ⁱⁱⁱ παράλληλα

^{iv} $T = 0,25 s, \lambda = 5 m, y = 0,05 \sin(8\pi t - 0,4\pi x), v_{max} = 0,4\pi \frac{m}{s}$

^v Θεωρία

^{vi} Δ

^{vii} Γ

^{viii} συμβολή

^{ix} κοιλίες

^x περιόδου

^{xi} $f = 50 Hz, y = 0,08 \cdot \sin(100\pi t - \pi x), K = 10,5 J, x = (2 \cdot 10 + 1) \frac{2}{4} = 10,5 m$

^{xii} το Α

^{xiii} $v = 10 \frac{m}{s}, \lambda = 4 m, y = 0,05 \cdot \sin\left(5\pi t - \frac{\pi}{2} x\right)$, μετατοπισμένη κατά $\frac{\lambda}{4} = 1 m$ προς τα

δεξιά

^{xiv} Λάθος

xv Λάθος

$$\text{xvi } 2A_{\max} = 0,1 \text{ m}, \frac{\lambda}{4} = 0,1 \text{ m}, L = 9 \frac{\lambda}{4} = 0,9 \text{ m}, y = 0,05 \cdot \cos(5\pi x) \sin(10\pi t)$$

$$, v_y = \omega \sqrt{A_{\max}^2 - y^2} = 0,4\pi \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{xvii } r_1 - r_2 = \lambda, k \frac{r_1 + r_2}{2} = \frac{10\pi}{3}, r_1 = 1,3 \text{ m}, r_2 = 0,7 \text{ m}, T = 1,2 \text{ s}, \lambda = 0,6 \text{ m}, A = 0,1 \text{ m},$$

$$x - (d - x) = 2x - 2 = N\lambda, 0 < x < 2, \rightarrow x = 0,3, 1,1, 1,9, \dots$$

$$x = 0,1, 0,4, 0,7, 1,0, 1,3, 1,6, 1,9, \dots$$

xviii Λάθος

$$\text{xix } \left(\begin{array}{l} \lambda = 1 \text{ m} \\ T = 0,1 \text{ s} \end{array} \right) \rightarrow v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ η } \Gamma$$

xx B

$$\text{xxi } v = \frac{10}{2} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}, f = 1 \text{ Hz}, v_{y,\max} = \omega A = 8\pi 10^{-2} \frac{\text{m}}{\text{s}}, y = 4 \cdot 10^{-2} \cdot \sin(2\pi t - 0,4\pi x)$$

xxii A

$$\text{xxiii } \phi_1 < \phi_2 \Rightarrow \Pi_2 \rightarrow \Pi_1, \Delta\phi = \frac{\Delta x}{\lambda} 2\pi \rightarrow \lambda = 0,72 \text{ m}, v = 10,8 \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

$$A = \frac{v_{y,\max} = v}{\omega} = 0,114 \text{ m}, \text{ το κύμα διαδίδεται προς τα αριστερά } \rightarrow \text{ το B προς τα πάνω, το } \Delta \text{ προς}$$

$$\text{τα κάτω, το Z προς τα κάτω, } y = 0,114 \cdot \sin\left(30\pi t - \frac{25}{9}\pi x\right)$$

$$\text{xxiv } r_1 - r_2 = 2\lambda, \text{ η } \Gamma$$

$$\text{xxv } f = \frac{10}{5} = 2 \text{ Hz}, T = 0,5 \text{ s}, v = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}, x = 100 \text{ m}, v_{\max} = 0,4\pi \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

xxvi Σωστή

xxvii Σωστή

$$\text{xxviii } L = 3 \frac{\lambda_1}{2} = 8 \frac{\lambda_2}{2} \rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{8}{3} \rightarrow \frac{f_2}{f_1} = \frac{8}{3}, \text{ η B}$$

xxix Γ

xxx Λάθος

$$\text{xxxi } r_1 - r_2 = d = \frac{3}{2}\lambda \rightarrow \min, \text{ η B}$$

xxxii Δ

xxxiii Λάθος

$$\text{xxxiv } \text{ίδια } f = \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2} \rightarrow \lambda_2 = \lambda_1 \frac{v_2}{v_1}, \text{ η A}$$

xxxv Λάθος

$$\text{xxxvi } \text{(A) } f = 0,25 \text{ Hz}, T = 4 \text{ s}, v = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \lambda = 6 \text{ m}, \quad \text{(B) } t = \frac{T}{4} + 20T = 81 \text{ s},$$

$$x_A = 121,5 \text{ m}, \text{ (Γ) } y = 0,4 \cdot \sin\left(0,5\pi t - \frac{\pi}{3}x\right), y_B = 0,4 \cdot \sin(0,5\pi t - 4,5\pi) \text{ με } t \geq 9 \text{ s}, \text{ (Δ)}$$

$$\text{για } 0,5\pi t = 2N\pi + \frac{\pi}{2} \rightarrow \left(\begin{array}{l} t = 4N + 1 \\ \text{με } t \geq 9 \text{ s} \end{array} \right) \rightarrow t = 4N + 1, N \geq 2,$$

$$v_B = 0, 2\pi \cdot \cos(0, 5\pi t - 4, 5\pi), \quad v_B(t = 4N + 1) = 0, 2\pi \frac{m}{s} \quad \text{ή}$$

$d_{AB} = 2\lambda + \frac{\lambda}{4} \rightarrow t_{AB} = 2T + \frac{T}{4}$ που σημαίνει ότι όταν η Α βρίσκεται στο ανώτατο σημείο η Β βρίσκεται στη θέση ισορροπίας κινούμενη με τη μέγιστη ταχύτητα προς τα πάνω

xxxvii Λάθος

xxxviii $\lambda = 5 \text{ cm}, \Delta r = 5 \text{ cm} = \lambda \rightarrow 2A$

xxxix Λάθος

xl Σωστή

xli $A_{\max} = 10 \text{ cm}, f = 10 \text{ Hz}, \lambda = 8 \text{ cm}, y_{1,2} = 5 \cdot \sin\left(20\pi t \pm \frac{\pi}{4} x\right) (\text{cm}, \text{s}),$

$$v = 200\pi \cos\left(\frac{\pi x}{4}\right) \cos(20\pi t), \quad v = -100\pi\sqrt{2} \frac{\text{cm}}{\text{s}},$$

$$\frac{\pi x}{4} = N\pi \rightarrow 3 \leq x = 4N \leq 9 \rightarrow N = 1, 2 \rightarrow x = 4 \text{ cm}, 8 \text{ cm}$$

xlii Σωστή

xliii Θεωρία, Β

xliv Λάθος

xlv $0, 4 \text{ m}, 0, 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}, y = 5 \cdot 10^{-2} \sin\left(\frac{\pi}{2} t - 5\pi x\right), 25 \cdot 10^{-6} \text{ J}$

xlvi Λάθος

xlvii Σωστή

xlviii Λάθος

xlix $\lambda = 0, 3 \text{ m}, f = 5 \text{ Hz}, A' = 0, 01 \text{ m}, y = 0$

l Λάθος

li η Γ

lii Β

liii Σωστή

$$\omega = 4\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}, \quad \frac{2\pi}{\lambda} = \pi \rightarrow \lambda = 2 \text{ m}, T = 0, 5 \text{ s}, v = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

liv $v_{\max} = \omega A = 1, 6\pi \frac{\text{m}}{\text{s}}, \Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x = 1, 5\pi \text{ rad}$

$$y = 0, 4 \sin(5, 5\pi - \pi x), \quad x \leq 5, 5 \text{ m} = 2\lambda + \frac{3}{4} \lambda$$

lv Λάθος

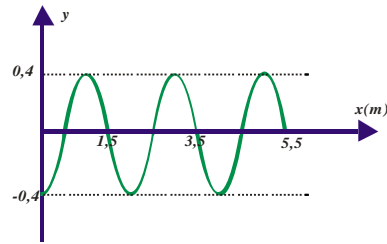
lvi Γ

lvii Β

lviii Λάθος

lix $\text{πλάτος} = 2A = \text{max} \rightarrow r_1 - r_2 = N\lambda, N = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \rightarrow$

$$r_1 - r_2 = N \frac{v}{f} = 2N \frac{v}{2f} = (2N) \lambda' = N' \lambda', N' = 0, \pm 2, \pm 4, \dots \rightarrow \text{max} = 2A$$



$$\text{πλάτος} = 2A = \text{max} \rightarrow r_1 - r_2 = N\lambda, N = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$\text{H} \quad \lambda' = \frac{v}{2f} = \frac{1}{2}\lambda, \text{ πλάτος}' = 2A \left| \cos \frac{2\pi}{\lambda'} \frac{r_1 - r_2}{2} \right| = 2A \left| \cos \frac{2\pi}{\frac{1}{2}\lambda} \frac{N\lambda}{2} \right| = 2A |\cos N2\pi| = 2A'$$

η Α

lx Δ

lxii Σωστή

$$T = 1 \text{ s}, f = 1 \text{ Hz}, \lambda = \frac{1}{2} \text{ m}, v = \lambda f = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

lxii

$$a_{\text{max}} = \omega^2 A = 4\pi^2 f^2 A = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, \Delta x = \lambda \frac{\Delta\phi}{2\pi} = 2\lambda = 1 \text{ m}$$

lxiii Σωστή

lxiv B(;;)

lxv Λάθος

lxvi Σωστή

lxvii Λάθος

lxviii (Α) Στα σημεία της μεσοκαθέτου τα δύο κύματα συμβάλλουν με τη μέγιστη ενίσχυση. Από τη

$$\text{σύγκριση των } y_M = 0,2 \sin 2\pi(5t - 10) \text{ και } y = 2A \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{r_1 - r_2}{2}\right) \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} \frac{r_1 + r_2}{2}\right)$$

$$\text{προκύπτουν } 2A = 0,2 \text{ m}, \quad \omega = 10\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}, \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = 0,2 \text{ s}, \quad \lambda = vT = 0,4 \text{ m},$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} \frac{r_1 + r_2}{2} = 20\pi \rightarrow r_1 + r_2 = 20\lambda = 8 \text{ m} \rightarrow r_1 = r_2 = M\Pi_1 = 4 \text{ m}$$

$$(B) \phi_M = 2\pi(5t - 10) = 10\pi t - 20\pi,$$

$$\phi_O = \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} \frac{r_1 + r_2}{2} = 10\pi t - \frac{2\pi}{0,4} \frac{d}{2} = 10\pi t - \frac{2\pi}{0,4} \frac{1}{2} = 10\pi t - 2,5\pi,$$

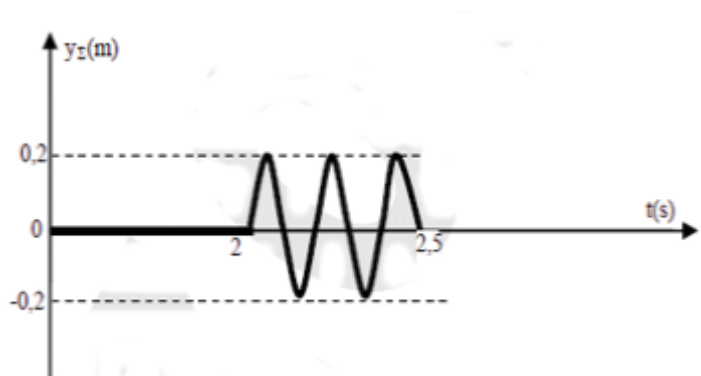
$$\text{και } \Delta\phi = \phi_O - \phi_M = 17,5\pi \text{ rad}$$

$$(Γ) r_1 - r_2 = N\lambda \rightarrow r_1 - (d - r_1) = 0,4N \rightarrow 2r_1 - 1 = 0,4N \rightarrow r_1 = 0,2N + 0,5$$

$$0 < r_1 = 0,2N + 0,5 < d = 1 \text{ m} \rightarrow -2,5 < N < 2,5 \text{ m} \rightarrow N = 0, \pm 1, \pm 2, \text{ άρα πέντε σημεία}$$

(Δ) Τα κύματα συμβάλλουν ταυτόχρονα στο Μ την $t = \frac{4}{2} = 2 \text{ s}$ οπότε ταλαντώνεται για 0,5 s δηλ.

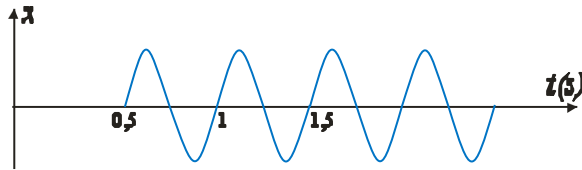
$$2,5 \text{ περιόδους εκτελώντας } 2,5 \text{ ταλαντώσεις. Έτσι: } y = \begin{cases} 0, & 0 \leq t \leq 2 \text{ s} \\ 0,2 \sin(10\pi t - 20\pi), & t \geq 2 \text{ s} \end{cases}$$



$$\text{lxix } r_1 - r_2 = N\lambda = N \frac{v}{f} = 2N \frac{v}{2f} = 2N\lambda' = N'\lambda' \rightarrow 2A, \text{ η Α}$$

$$A = 0,01 \text{ m}, v = \frac{2}{1} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \lambda = 1 \text{ m}, T = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ s}, \omega = 4\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}},$$

$$y = 0,01 \sin(4\pi t - 2\pi x), v_{y,\max} = \omega A = 0,04\pi \frac{\text{m}}{\text{s}}, y_{\Sigma} = 0,01 \sin(4\pi t - 2\pi), t \geq 0,5 \text{ s}$$



lxxi B

lxxii Σωστή

lxxiii Τα πλάτη των διαφόρων σημείων x (με κοιλία στη θέση x=0) δίνονται από τη σχέση,

$$2A \left| \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right) \right| \text{ και αντίστοιχες μέγιστες ταχύτητες, } v_{\max} = 2A \left| \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right) \right| \omega. \text{ Η θέση του}$$

πρώτου δεσμού είναι η $x = \frac{\lambda}{4}$.

$$\text{Έτσι: } \frac{v_{K,\max}}{v_{\Lambda,\max}} = \frac{2A \left| \cos\left[\frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{\lambda}{4} - \frac{\lambda}{6}\right)\right] \right| \omega}{2A \left| \cos\left[\frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{\lambda}{4} + \frac{\lambda}{12}\right)\right] \right| \omega} = \frac{\left| \cos \frac{\pi}{6} \right|}{\left| \cos \frac{2\pi}{3} \right|} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3} \rightarrow \boxed{A}$$

$$\text{lxxiv } \Delta\phi = 2\pi \frac{\Delta x}{\lambda} = 2\pi \frac{8}{\lambda} = \frac{\pi}{2}, \text{ η Β}$$

lxxv B

lxxvi Λάθος

$$\text{lxxvii } 2A \left| \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{r_A - r_B}{2}\right) \right| = 2A \cos \frac{\pi}{4} = A\sqrt{2}, \text{ η Γ}$$

lxxviii Σ

$$\text{lxxix } v = \lambda_1 f_1 = \lambda_2 3f_1 \rightarrow \lambda_2 = \frac{1}{3} \lambda_1 = \frac{1}{6} d,$$

$$r_1 - r_2 = (2n+1) \frac{\lambda_2}{2} \rightarrow r_1 - (d - r_1) = (2n+1) \frac{d}{12} \rightarrow 2r_1 - d = (2n+1) \frac{d}{12}$$

$$r_1 = (2n+1) \frac{d}{24} + \frac{d}{2} \rightarrow 0 < (2n+1) \frac{d}{24} + \frac{d}{2} < d \rightarrow -\frac{1}{2} < (2n+1) \frac{1}{24} < \frac{1}{2} \rightarrow -12 < 2n+1 < 12$$

$-6,5 < n < 5,5 \rightarrow N = -6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5$, άρα 12 σημεία απόσβεσης, η Γ

Η στην ευθεία που συνδέει τις δύο πηγές έχουμε διάδοση δύο όμοιων κυμάτων με αντίθετες κατευθύνσεις. Συνεπώς έχουμε στάσιμα κύματα σε αυτή την ευθεία και με δεδομένο ότι στη μέση (x=0) του ευθυγράμμου τμήματος έχουμε κοιλία οι θέσεις των δεσμών βρίσκονται στις θέσεις

$$-\frac{d}{2} < x = (2N+1) \frac{\lambda}{4} < \frac{d}{2}, \text{ κλπ}$$

$$y = 2A \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right) \sin(\omega t) \stackrel{x=0, t=\frac{T}{8}}{=} 2A \cdot 1 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \frac{T}{8}\right) = 2A \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,1\sqrt{2} \rightarrow A = 0,1 \text{ m}$$

$$A'(x) = 0,2 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right) \rightarrow A'(x = \frac{1}{8}\lambda) = 0,2 \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,1\sqrt{2} \text{ m}$$

C

$$\frac{a_{\max 1}}{a_{\max 2}} = \frac{\omega_1^2 A_1}{\omega_2^2 A_2} = \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2 \frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 \frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{\lambda_2}{\nu}\right)^2 \frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^2 \frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{4} \frac{1}{2} = \frac{1}{8}, \text{ B}$$

lxxxii B

$$y = 0,05 \sin(50\pi t), \quad k \equiv \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{\nu} = 25\pi \frac{\text{rad}}{\text{m}}, \quad y = 0,05 \sin(50\pi t - 25\pi x),$$

$\nu_y = 2,5\pi \cdot \cos(50\pi t - 25\pi x)$, την t_1 το κύμα δεν έχει φτάσει στο x ($0,1 \cdot 2 = 0,2 \text{ m} < x = 0,4 \text{ m}$, οπότε $\nu_y = 0$, ενώ έχει φτάσει την t_2 ($0,3 \cdot 2 = 0,6 \text{ m} > x = 0,4 \text{ m}$,

$$\nu_y(0,3s, 0,4m) = 2,5\pi \cdot \cos(50\pi \cdot 0,3 - 25\pi \cdot 0,4) = 2,5\pi \cdot \cos(5\pi) = -2,5\pi \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Τα Β και Γ βρίσκονται σε αντίθεση φάσης (απέχουν $3\frac{\lambda}{2}$ που αντιστοιχεί σε διαφορά φάσης 3π), άρα

$$y_B = -0,05 \text{ m (αφού } y_\Gamma = 0,05 \text{ m)}$$

lxxxiv B

lxxxv Σωστή

lxxxvi από το σχήμα προκύπτουν:

$$r_2 = 5 \cdot 0,2 = 1 \text{ m}, \quad r_1 = 5 \cdot 1,4 = 7 \text{ m}, \quad A = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m},$$

$$T = \frac{2,2 - 1,4}{2} = 0,4 \text{ s}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 5\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}, \quad \lambda = \nu T = 2 \text{ m}, \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} = \pi \frac{\text{rad}}{\text{m}}$$

$$y = \left\{ \begin{array}{l} 0, \quad t < 0,2 \text{ s} \\ A \sin(\omega t - kr_2) = 5 \cdot 10^{-3} \sin(5\pi t - \pi), \quad 0,2 \text{ s} \leq t \leq 1,4 \text{ s} \\ 2A \cos\left(k \frac{r_1 - r_2}{2}\right) \sin\left(\omega t - k \frac{r_1 + r_2}{2}\right) = 10^{-2} \cos(3\pi) \sin(5\pi t - 4\pi) = \\ = -10^{-2} \sin(5\pi t - 4\pi), \quad 1,4 \text{ s} \leq t \end{array} \right.$$

Κάθε σημείο του μέσου εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση με ω (των πηγών), οπότε συνδυάζοντας τις σχέσεις απομάκρυνσης και ταχύτητας στη βασική τριγωνομετρική εξίσωση προκύπτει η γνωστή σχέση

$$\nu_1 = \omega \sqrt{A'^2 - y_1^2} = 2,5\pi \cdot 10^{-2} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{το υπουργείο έδωσε την } \frac{1}{2} DA'^2 = \frac{1}{2} Dy_1^2 + \frac{1}{2} m \omega_1^2 \text{ με}$$

$D = m\omega^2$ αντί για $D = m\omega_0^2$ που αναφέρεται σε αρμονικό ταλαντωτή ιδιοσυχνότητας ω_0 που είναι άγνωστο)

Η αλλαγή συχνότητας σε $f' = \frac{10}{9} f$ (ομοίως και τη γωνιακή συχνότητα $\omega' = \frac{10}{9} \omega$), θα μεταβάλλει

το μήκος κύματος (η ταχύτητα μετάδοσης δεν αλλάζει) σε $\lambda' = \frac{9}{10} \lambda$ και το $k' = \frac{2\pi}{\lambda'} = \frac{10}{9} k$. Το

πλάτος ταλάντωσης από $2A$ γίνεται

$$2A \left| \cos \left(\frac{10}{9} k \frac{r_1 - r_2}{2} \right) \right| = 2A \left| \cos \left(\frac{10}{9} \pi 3 \right) \right| = 2A \left| \cos \left(\frac{10}{3} \pi \right) \right| = 2A \left| \cos \left(3\pi + \frac{\pi}{3} \right) \right| = A$$

$$\text{Έτσι: } \frac{K_1}{K_2} = \frac{\frac{1}{2} m v_{1,\max}^2}{\frac{1}{2} m v_{2,\max}^2} = \frac{\omega_1^2 (2A)^2}{\omega_2^2 A^2} = \frac{\omega_1^2 4A^2}{\left(\frac{10}{9} \omega_1\right)^2 A^2} = \frac{81}{25}$$

lxxxvii Γ

lxxxviii Λ

lxxxix Παρακάμπτοντας το λάθος του ερωτήματος,

$$\Delta r_\Sigma = v \Delta t_\Sigma = v \frac{T}{4} = \frac{1}{4} \lambda, \quad \Delta r_M = 0$$

$$\frac{E_\Sigma}{E_M} = \frac{K_{\Sigma,\max}}{K_{M,\max}} = \frac{\frac{1}{2} m \omega^2 A_\Sigma^2}{\frac{1}{2} m \omega^2 A_M^2} = \left(\frac{A_\Sigma}{A_M} \right)^2 = \left[\frac{2A \cos \left(\frac{2\pi \frac{\lambda}{4}}{\lambda \frac{1}{2}} \right)}{2A} \right]^2 = \frac{1}{2} \rightarrow B$$

$$\text{xc } L = 4 \frac{\lambda_1}{2} = n \frac{\lambda_2}{2} \rightarrow 4 \frac{v}{f_1} = n \frac{v}{2f_1} \rightarrow n = 8 \rightarrow 8 + 1 = 9 \text{ δεσμοί}$$

$$\text{xci } \text{Για } x=0 \text{ έχουμε κοιλία, οπότε } x_M = 5 \frac{\lambda}{4} + \frac{\lambda}{12} = \frac{16}{12} \lambda = \frac{4}{3} \lambda,$$

οπότε

$$A'_M = 2A \left| \cos \left(2\pi \frac{x_M}{\lambda} \right) \right| = 2A \left| \cos \left(2\pi \frac{\frac{4}{3} \lambda}{\lambda} \right) \right| = 2A \left| \cos \left(\frac{8}{3} \pi \right) \right| = 2A \left| \cos \left(\frac{2}{3} \pi \right) \right| = A \rightarrow \Gamma$$

xcii

$$\left(\begin{array}{l} \omega t = 4\pi \rightarrow \omega = \frac{4\pi}{2} = 2\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} \rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = 1 \text{ s,} \\ v = \frac{x}{t} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow \lambda = vT = 4 \text{ m} \end{array} \right) \rightarrow y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) = A \sin 2\pi \left(t - \frac{x}{4} \right) \rightarrow \boxed{A}$$

xciii α, διότι από την καμπύλη που φανταζόμαστε να μετατοπίζεται προς τα αριστερά πρέπει το αριστερό σημείο να απομακρύνεται από τη θέση ισοροπίας και το δεξί να πλησιάζει προς τη θέση ισοροπίας που συμβαδίζουν με τα σημειωμένα βέλη του σχήματος

xciv Γ, το πλάτος θα πρέπει να μικραίνει καθώς περνά η ώρα

xcv Σ

xcvi Λ

$$\text{xcvii } \left(\begin{array}{l} \ell = 5 \frac{\lambda_1}{2} + \frac{\lambda_1}{4} = \frac{11}{4} \lambda_1 = \frac{11}{4} \frac{v}{f_1} \rightarrow f_1 = \frac{11v}{4\ell} \\ 2\ell = 18 \frac{\lambda_2}{4} = \frac{9}{2} \frac{v}{f_2} \rightarrow f_2 = \frac{9v}{4\ell} \end{array} \right) \rightarrow \frac{f_1}{f_2} = \frac{\frac{11v}{4\ell}}{\frac{9v}{4\ell}} = \frac{11}{9} \rightarrow \boxed{A}$$

$$\text{xcviii} \left(\begin{array}{l} y_A = A \sin \frac{\pi}{6} = \frac{1}{2} A \\ y_B = A \sin \frac{\pi}{3} = \frac{\sqrt{3}}{2} A \end{array} \right) \rightarrow \frac{E_A}{E_B} = \frac{\frac{1}{2} D y_A^2}{\frac{1}{2} D y_B^2} = \left(\frac{y_A}{y_B} \right)^2 = \left(\frac{\frac{1}{2} A}{\frac{\sqrt{3}}{2} A} \right)^2 = \frac{1}{3} \rightarrow \boxed{A}$$

xcix Γ

$$\frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v} = 2\pi \frac{\text{rad}}{s}$$

$$y(x, t) = 5 \cdot 10^{-2} \sin(2\pi t - 2\pi x) \rightarrow v_y(x, t) = 0,1\pi \cos(2\pi t - 2\pi x)$$

$$^c v_y(1m, t) = 0,1\pi \cos(2\pi t - 2\pi)$$

$$v_y(1m, 0,5s) = 0,1\pi \cos(\pi - 2\pi) = 0, \text{αρνητική φάση}$$

$$v_y(1m, 2s) = 0,1\pi \cos(4\pi - 2\pi) = 0,1\pi \frac{m}{s}$$

Το κύμα φτάνει στο Β την $t = \frac{x}{v} = \frac{1}{1} s$, οπότε την δοσμένη πρώτη χρονική στιγμή το κύμα δεν έχει

φτάσει στο Β, οπότε είναι ακίνητο στη θέση ισορροπίας του. Άρα, σωστή η Β

ci Σ

cii Λ

$$\text{ciii} \left(\begin{array}{l} v_{\max} = 2A \left| \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right) \right| \omega = 2A \left| \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{9\lambda}{8}\right) \right| \frac{2\pi}{T} = 2A \left| \cos(2,25\pi) \right| \frac{2\pi}{T} = \\ = 2A \left| \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) \right| \frac{2\pi}{T} = \frac{2\sqrt{2}\pi A}{T} \rightarrow A \end{array} \right)$$

$$\text{civ} A' = 2A \left| \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{\Delta r}{2}\right) \right| = 2A \left| \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{\frac{\pi/3}{2\pi} \lambda}{2}\right) \right| = 2A \left| \cos\left(\frac{\pi}{6}\right) \right| A\sqrt{3} \rightarrow A$$

$$\text{cv} v = \lambda f = 2v_{\max} = 2\omega A = 2 \cdot 2\pi f \cdot A \rightarrow \boxed{\lambda = 4\pi A} \rightarrow \Gamma$$

cvi Γ

cvii Δ

cviii Σ

cix

$$\varphi(x, t) = \omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \rightarrow \left(\begin{array}{l} \varphi(0, 2) = \omega 2 = 10\pi \rightarrow \omega = 5\pi \frac{\text{rad}}{s} \\ \varphi(5, 2) = 5\pi \cdot 2 - \frac{2\pi}{\lambda} 5 = 5\pi \rightarrow \lambda = 2 m \end{array} \right) \rightarrow v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\lambda \omega}{2\pi} = 5 \frac{m}{s} \rightarrow B$$

από το σχήμα προκύπτει ότι φάση της πηγής (ωt) διπλασιάστηκε (από τα 5π στα 10π) σε διπλάσιο χρόνο και το κύμα μεταδίδεται σε διπλάσια απόσταση, από τα $5 m$ στα $10 m$. Έτσι $10/2=5 m/s$