

Στάσιμο κύμα Μεταβατική κατάσταση

Οδηγίες λειτουργίας
με τη μορφή ερωταπαντήσεων



Ερωτήσεις

1. Να εκτελέσετε το λογισμικό είτε από [εδώ](#) είτε χρησιμοποιώντας το QR Code που εμφανίζεται πάνω δεξιά.
2. Στην πτυσσόμενη λίστα **Επιλογή πειράματος (Εικόνα 1-12)** να ενεργοποιήσετε την περίπτωση **Δεξιό άκρο ακλόνητο (πρόσδεση σε τοίχο)**.
3. Να παρατηρήσετε ότι στα δεξιά του γραφήματος εμφανίζεται ένα χρονόμετρο (13), το οποίο δείχνει τη χρονική στιγμή που αντιστοιχεί στο εμφανιζόμενο στιγμιότυπο. Η ένδειξη του χρονομέτρου εμφανίζεται:
 - α) ως τιμή στρογγυλοποιημένη σε τρία δεκαδικά ψηφία,
 - β) ως ανάγωγο κλάσμα της περιόδου T και
 - γ) ως γινόμενο της περιόδου T επί τον κατάλληλο πολλαπλασιαστικό συντελεστή με προσέγγιση χιλιοστού.
4. Να ενεργοποιήσετε την **Προσομοίωση (2)**.
5. Να παρατηρήσετε ότι η πρόσοψη του κουμπιού **2** αλλάζει σε **Παύση**, προκειμένου να μπορείτε να διακόψετε την προσομοίωση.

1

2

3

4

5

6

Στάσιμο κύμα σε μονοδιάστατη χορδή

Επιλογή πειράματος:

Δεσμός στη θέση $x=0$
12

Πλάτος A (m): 2 7

Περίοδος T (s): 2 8

Μήκος κύματος λ (m): 4 9

$u_{\Delta} = 2.0000 \text{ m/s}$

x_{\min} (m): -5 10

x_{\max} (m): 5 11

$t = 0.000 \text{ s} = 0T = 0.000T$ 13

Επιλογή στιγμιότυπου:

0
 $\frac{T}{8}$
 $\frac{T}{4}$
 $\frac{3T}{8}$
 $\frac{T}{2}$
 $\frac{5T}{8}$
 $\frac{3T}{4}$
 $\frac{7T}{8}$
 $+T$

14

Εικόνα 1

6. Να διακόψετε την προσομοίωση τη χρονική στιγμή $t_1 = 2,5$ s. Τι δείχνει το απεικονιζόμενο στιγμιότυπο;

7. Να συνεχίσετε την προσομοίωση από τη χρονική στιγμή που τη διακόψατε. Τι παρατηρείτε;

8. Να διακόψετε την προσομοίωση τη χρονική στιγμή έστω t_2 που ομαλοποιείται η καμπυλότητα του μονοδιάστατου ελαστικού μέσου. Αν χρειαστεί, να διακόψετε την αυτοματοποιημένη προσομοίωση λίγο νωρίτερα και να χρησιμοποιήσετε τα κουμπιά **Προηγούμενο (5)** και **Επόμενο (6)**, για να εντοπίσετε επακριβώς τη ζητούμενη χρονική στιγμή. Είναι:

$$t_2 = \dots\dots\dots \text{ s}$$

9. Ποια σχέση συνδέει τις χρονικές στιγμές t_1 και t_2 ;

10. Να διατυπώσετε μια υπόθεση που να εξηγεί την παραπάνω σχέση.

11. Σε ποιο φαινόμενο οφείλεται η αλλαγή στη μορφή του μονοδιάστατου ελαστικού μέσου στο χρονικό διάστημα $[t_1, t_2]$;

12. Να κάνετε κλικ στο κουμπί **4**, ώστε να εμφανίσετε τις **Ρυθμίσεις** της εφαρμογής.

13. Να απενεργοποιήσετε την εμφάνιση του **Στάσιμου κύματος (Εικόνα 2-21)**.

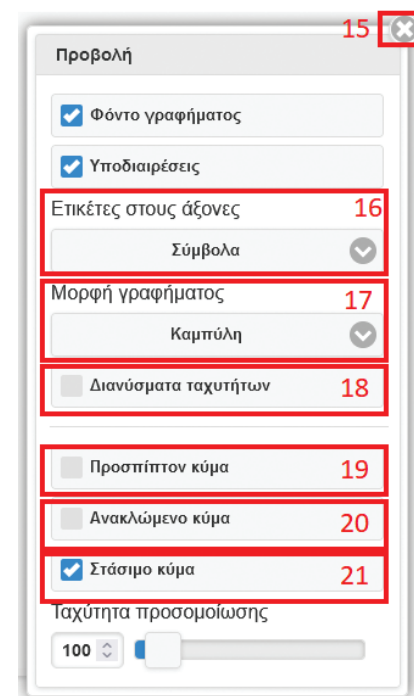
14. Να ενεργοποιήσετε την εμφάνιση του **Προσπίπτοντος κύματος (19)**.

15. Να κλείσετε το παράθυρο των ρυθμίσεων είτε πατώντας το πλήκτρο **ESCape** είτε κάνοντας κλικ στο κουμπί που βρίσκεται πάνω δεξιά (**15**).

16. Να ενεργοποιήσετε την **Προσομοίωση** μέχρι τη χρονική στιγμή t_2 . Να παρατηρήσετε ότι το λογισμικό εμφανίζει ένα εικονικό κύμα μπλε χρώματος που ξεκινάει από την πηγή και εκτείνεται δεξιότερα του ακλόνητου σημείου. Τη χρονική στιγμή t_2 φτάνει στο σημείο $x = 5$ m.

17. Αν η προσομοίωση εκτελείται ακόμη, να τη σταματήσετε και να πατήσετε το κουμπί **Αρχικοποίηση (1)**.

18. Να μεταβείτε στο παράθυρο των ρυθμίσεων. Να απενεργοποιήσετε το **Προσπίπτον κύμα** και να ενεργοποιήσετε το **Ανακλώμενο κύμα (20)**.



Εικόνα 2

19. Να κλείσετε το παράθυρο των ρυθμίσεων και να ενεργοποιήσετε την **Προσομοίωση**. Να δώσετε μια συνοπτική περιγραφή του ανακλώμενου κύματος.

20. Σε τι διαφέρει το ανακλώμενο από το προσπίπτον κύμα;

21. Να τερματίσετε την προσομοίωση, να την αρχικοποιήσετε και να μεταβείτε στο παράθυρο των ρυθμίσεων. Να ενεργοποιήσετε ξανά το **Προσπίπτον κύμα**. Να κλείσετε τις ρυθμίσεις και να ενεργοποιήσετε την **Προσομοίωση**. Τι παρατηρείτε;

22. Να τερματίσετε την προσομοίωση τη χρονική στιγμή t_1 . Τι παρατηρείτε;

23. Να συνεχίσετε την προσομοίωση από τη χρονική στιγμή που τη διακόψατε και να τη σταματήσετε τη χρονική στιγμή $t_3 = 3,5 \text{ s}$. Τι παρατηρείτε;

24. Πώς θεωρείτε ότι θα συμπεριφέρεται το σημείο του ελαστικού μέσου που βρίσκεται στη θέση $x = -1 \text{ m}$;

25. Να μεταβείτε στις **Ρυθμίσεις** και να ενεργοποιήσετε την εμφάνιση του **Στάσιμου κύματος**. Επαληθεύεται η απάντησή σας;

26. Τι παρατηρείτε για τα σημεία του ελαστικού μέσου με $x < -1 \text{ m}$; Πώς αιτιολογείται η παρατήρησή σας;

27. Να συνεχίσετε την προσομοίωση μέχρι τη χρονική στιγμή $t_4 = 3,750 \text{ s}$. Τι παρατηρείτε;

28. Να ενεργοποιήσετε ξανά την **Προσομοίωση** και να επιβεβαιώσετε ότι στα σημεία του ελαστικού μέσου που παρατηρείται δεσμός τα συνιστώντα κύματα βρίσκονται πάντα σε αντίθεση φάσης, ενώ όπου υπάρχουν κοιλίες η υπέρθεση λειτουργεί ενισχυτικά.

29. Αντί να στερεώσουμε το δεξιό άκρο του ελαστικού μέσου σε ακλόνητο σημείο, αν το δέναμε σε αβαρή κρίκο ο οποίος μπορεί να κινείται ελεύθερα κατά μήκος ενός λεπτού κατακόρυφου σωλήνα, θα παρατηρούσαμε να σχηματίζεται κοιλία στο σημείο αυτό μετά την ανάκλαση του κύματος. Να περιγράψετε τα χαρακτηριστικά των δύο εικονικών κυμάτων που θα έδιναν το παραπάνω στάσιμο κύμα.

30. Στην πτυσσόμενη λίστα **Επιλογή πειράματος (12)** να ενεργοποιήσετε την περίπτωση **Δεξιό άκρο ελεύθερο (πρόσδεση σε κινούμενο αβαρή δακτύλιο)**. Επιβεβαιώνεται η απάντησή σας;

31. Κατά πόσο μετατοπίζονται οι δεσμοί και οι κοιλίες σε σύγκριση με την περίπτωση πρόσδεσης σε τοίχο;

6. Δείχνει ένα κύμα που ξεκινά από τη θέση $x = -5 \text{ m}$ και τη χρονική στιγμή t_1 φτάνει στη θέση $x = 0 \text{ m}$, όπου το δεξιό άκρο του μονοδιάστατου ελαστικού μέσου προσδένεται σε ακλόνητο σημείο (τοίχος).
7. Το κύμα δεν προχωρά δεξιότερα του σημείου $x = 0 \text{ m}$. Παρατηρείται μια ανομοιομορφία στην καμπυλότητα του ελαστικού μέσου. Αυτή η ανομοιομορφία φαίνεται να κινείται προς τα αριστερά.
8. $t_2 = 5 \text{ s}$.
9. $t_2 = 2t_1$.
10. Όπως φαίνεται από τις αναγραφόμενες παραμέτρους του λογισμικού, το κύμα έχει ταχύτητα διάδοσης $v = 2 \text{ m/s}$. Άρα, έχει διανύσει την απόσταση των 5 m έως το ακλόνητο σημείο τη χρονική στιγμή t_1 . Εκεί, αφού η ενέργεια δεν μπορεί να εισέλθει εντός του τοίχου, το κύμα υπόκειται σε ανάκλαση και διανύει την ίδια απόσταση στο ίδιο χρονικό διάστημα, οπότε φτάνει στην αφετηρία του τη χρονική στιγμή $t_2 = 2t_1$.
11. Η αλλαγή στη μορφή του μέσου οφείλεται στο φαινόμενο της *συμβολής* που παρατηρείται ανάμεσα στο αρχικό και στο ανακλώμενο κύμα.
19. Το ανακλώμενο είναι ένα εικονικό κύμα (πράσινο). Ξεκινά από τη θέση $x = 5 \text{ m}$ και διαδίδεται προς τα αριστερά.
20. Η πηγή του ανακλώμενου κύματος ξεκινά την ταλάντωσή της προς τα κάτω, σε αντίθεση με την πηγή του προσπίπτοντος που ξεκινά να ταλαντώνεται προς τη θετική κατεύθυνση του κατακόρυφου άξονα.
21. Τα δύο εικονικά κύματα διαδίδονται στο ίδιο ελαστικό μέσο ανεξάρτητα το ένα από το άλλο. Επειδή το λογισμικό σχεδιάζει πρώτα το πράσινο κύμα, τα σημεία ($x > 0$) που ταλαντώνονται εξαιτίας αυτού φαίνονται να «αναδύονται» πίσω από όσα σημεία του μπλε παραμένουν ακίνητα μέχρι να φτάσει σε αυτά το κύμα. Αντίστοιχα, τα σημεία ($x < 0$) του μπλε κύματος που είναι σε ταλάντωση επιτρέπουν τη θέαση σημείων του πράσινου που ακόμη δεν έχουν ξεκινήσει τη δική τους κίνηση.
22. Λόγω της διαφορετικής αρχικής κατεύθυνσης των δύο πηγών, τα κύματα φτάνουν στο $x = 0 \text{ m}$ σε αντίθεση φάσης, με αποτέλεσμα οι δύο απομακρύνσεις να αλληλοαναιρούνται και να δημιουργείται ένας δεσμός.
23. Το πράσινο κύμα έχει διαδοθεί μέχρι τη θέση $x = -2 \text{ m}$ και επικαλύπτεται πλήρως από το μπλε.
24. Στο σημείο αυτό τα δύο εικονικά κύματα λειτουργούν ενισχύοντας το ένα το άλλο. Συνεπώς, στο σημείο αυτό περιμένουμε να εμφανιστεί κοιλία.
25. Πράγματι, στο σημείο $x = -1 \text{ m}$ εμφανίζεται κοιλία.
26. Τα σημεία αυτά εκτελούν ταλάντωση πλάτους A και δεν εμφανίζουν δεσμούς ή κοιλίες, επειδή το πράσινο κύμα δεν τα έχει επηρεάσει ακόμη.
27. Το πράσινο κύμα έχει φτάσει μέχρι τη θέση $x = -2,5 \text{ m}$. Όλα τα σημεία του ελαστικού μέσου στα οποία το πράσινο υπερτίθεται με το μπλε δίνουν στιγμιότυπο στάσιμου κύματος. Τα σημεία που βρίσκονται αριστερότερα της θέσης $-2,5 \text{ m}$ είναι ακόμη σε ταλάντωση μόνο εξαιτίας του μπλε. Άρα, στο σημείο αυτό το ελαστικό μέσο παρουσιάζει μια ανομοιομορφία της καμπυλότητάς του.

- 29.** Τα δύο εικονικά κύματα θα ξεκινούσαν και πάλι από τα αντίθετα άκρα του οριζόντιου άξονα με τη διαφορά ότι θα βρίσκονταν σε συμφωνία φάσης, δηλαδή και οι δύο πηγές θα ξεκινούσαν τις ταλαντώσεις τους προς την ίδια κατεύθυνση. Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα η συνάντησή τους στο $x = 0 \text{ m}$ να λειτουργεί ενισχυτικά και στο σημείο αυτό να σχηματίζεται κοιλία.
- 30.** Πράγματι, στο $x = 0 \text{ m}$ δημιουργείται κοιλία.
- 31.** Κατά $\lambda / 4$.