

ο μια μικρή ιστορία

Το 1996 στους Ολυμπιακούς Αγώνες της Ατλάντα ο Έλληνας ιστιοπλόος Νίκος Κακλαμανάκης, που χαρακτηρίστηκε και ως «γιός του ανέμου», κατέκτησε την 1η θέση στο αγώνισμα της ιστιοσανίδας.

Ένα χρόνο μετά με την ιστιοσανίδα του διέσχισε σε δύο ημέρες το Αιγαίο από την Αθήνα ως την Κρήτη με ταχύτητες που μερικές φορές πλησίαζαν και τα 80 km/h.

Έτσι διαφήμισε και την υποψηφιότητα της Αθήνας για την ανάληψη των Ολυμπιακών Αγώνων του 2004.

Το 1998, τρεις Έλληνες πέρασαν τον Ατλαντικό με τον ίδιο τρόπο.

Το κατάφεραν διασχίζοντας περίπου 2.000 ναυτικά μίλια σε επτά ημέρες. Πώς συνδέεται ο άνεμος με τα θαλάσσια κύματα και την κίνηση της ιστιοσανίδας;



Στο κεφάλαιο αυτό:

- Θα μελετήσεις τα μηχανικά κύματα και θα μάθεις ότι μεταφέρουν ενέργεια και όχι ύλη.
- Θα γνωρίσεις τα μεγέθη με τα οποία περιγράφουμε ένα κύμα και τη σχέση που τα συνδέει.
- Θα διαπιστώσεις ότι ο ήχος είναι μηχανικό κύμα και θα γνωρίσεις τα αντικειμενικά και υποκειμενικά χαρακτηριστικά του.

ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ



Εικόνα 5.1

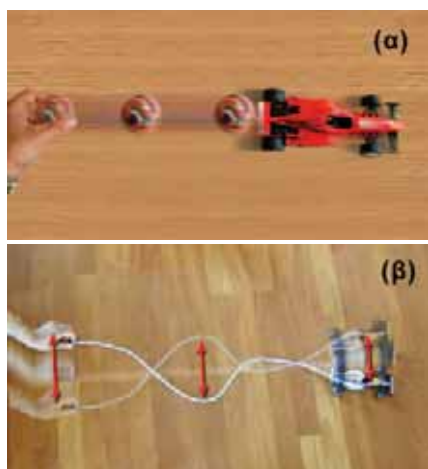
Μέσω του κύματος μεταφέρεται ενέργεια στον αθλητή και η ταχύτητά του αυξάνεται.

Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΑΞΙΔΕΥΕΙ

Πολλές φορές μπορεί να παρακολουθήσες στην τηλεόραση ή στην πραγματικότητα έναν αγώνα με ιστιοσανίδα το γνωστό surfing (σέρφινγκ) με ή χωρίς πανί. Θα παρατήρησες ότι, όταν ο αθλητής της ιστιοσανίδας κινείται «μαζί» με το κύμα, τότε μπορεί να αποκτήσει πολύ μεγάλη ταχύτητα, οπότε η κινητική του ενέργεια αυξάνεται σημαντικά (εικόνα 5.1). Θα είδες αρκετές φορές τα κύματα της θάλασσας να μεταφέρουν και να εναποθέτουν στην ακτή διάφορα αντικείμενα.

Τι είναι το κύμα της θάλασσας; Μετατοπίζεται το νερό μαζί με το κύμα; Υπάρχει σχέση ανάμεσα στα θαλάσσια κύματα, τα σεισμικά κύματα, τον ήχο, το φως;

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναζητήσουμε απαντήσεις σ' αυτά τα ερωτήματα.



Εικόνα 5.2

Δύο διαφορετικοί τρόποι διάδοσης της ενέργειας

(α) Η μπάλα μεταφέρει ενέργεια στο αμαξάκι κατά την κρούση.
(β) Το κύμα μεταφέρει ενέργεια μέσω του σχοινού στο αμαξάκι.

5.1

Μηχανικά κύματα

Αν ρίξεις μια μπάλα προς ένα αμαξάκι και συγκρουστεί με αυτό, το αμαξάκι θα μετακινηθεί. Μετά τη σύγκρουση το αμαξάκι αποκτά κινητική ενέργεια (εικόνα 5.2α). Με αυτό τον τρόπο μεταφέρεται κινητική ενέργεια από την μπάλα στο αμαξάκι. Αν δέσεις στο αμαξάκι ένα σκοινί, το τεντώσεις και κουνήσεις την ελεύθερη άκρη του δεξιά ή αριστερά, το αμαξάκι θα μετακινηθεί (εικόνα 5.2β). Το σκοινί θα παραμένει στη θέση του. Το αμαξάκι όμως αποκτά κινητική ενέργεια.

Με ποιο τρόπο μεταφέρθηκε, στην περίπτωση αυτή, ενέργεια στο αμαξάκι;

Λέμε ότι μέσω του σκοινοῦ διαδίδεται ένα κύμα το οποίο μεταφέρει ενέργεια. Κύματα μπορούν να δημιουργηθούν όταν ένα σύστημα, όπως για παράδειγμα ο αέρας, η επιφάνεια της θάλασσας, ένα σκοινί, ο φλοιός της γης κ.λπ., διαταράσσεται από την κατάσταση ισορροπίας του και **ενέργεια** ταξιδεύει από μια περιοχή του συστήματος σε μια άλλη.

Τα κύματα στο νερό, τα κύματα που διαδίδονται κατά μήκος ενός σκοινοῦ ή ελατηρίου, τα ηχητικά και τα σεισμικά κύματα ονομάζονται **μηχανικά κύματα** γιατί μεταφέρουν μηχανική ενέργεια. Στα κύματα αυτά η ενέργεια μεταφέρεται μέσω του νερού, του αέρα, των πετρωμάτων στο εσωτερικό της γης, καθώς και των ελατηρίων ή των σκοινοῦν. Η δημιουργία κάθε είδους μηχανικών



Εικόνα 5.3

Εγκάρσιο κύμα σε ελατήριο

Οι σπείρες του ελατηρίου κινούνται κάθετα προς τη διεύθυνση κατά την οποία διαδίδεται η διαταραχή (το κύμα).

νικού κύματος απαιτεί κάποιο υλικό μέσα στο οποίο μεταφέρεται η μηχανική ενέργεια. Το υλικό αυτό ονομάζεται **μέσο διάδοσης του κύματος**.

Όστε τα μηχανικά κύματα έχουν δύο βασικά κοινά χαρακτηριστικά:

- α. Διαδίδονται μέσα στα υλικά μέσα.
- β. Μεταφέρουν μηχανική ενέργεια.

Είδη κυμάτων

Πώς κινούνται τα σωματίδια του υλικού μέσου στο οποίο διαδίδεται ένα μηχανικό κύμα;

Διακρίνουμε δύο βασικούς τύπους κυμάτων ανάλογα με τον τρόπο κίνησης των σωματιδίων του μέσου διάδοσης.

Αν ταλαντώσεις το ένα άκρο τεντωμένου ελατηρίου που βρίσκεται πάνω σε λείο πάτωμα, κάθετα στον άξονά του, παρατηρείς ότι η παραμόρφωση/διαταραχή «ταξιδεύει» κατά μήκος του ελατηρίου (εικόνα 5.3). Οι σπείρες όμως του ελατηρίου κινούνται κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος.

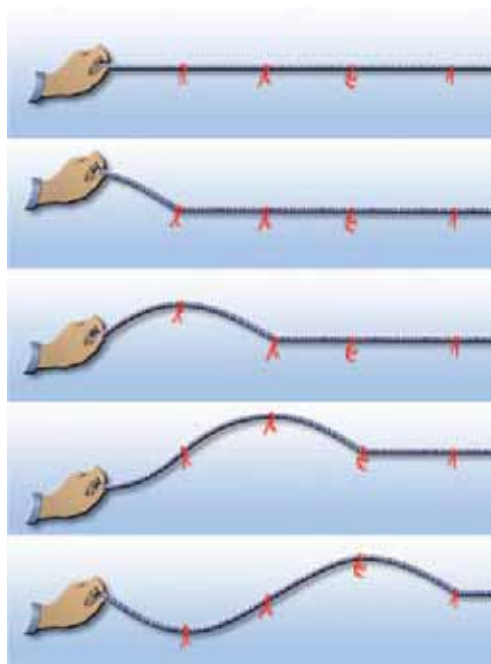
Αν κουνήσεις δεξιά ή αριστερά το άκρο οριζόντιου τεντωμένου σχοινοῦ, η παραμόρφωση ταξιδεύει κατά μήκος του σχοινοῦ. Διαδοχικά τμήματα του σχοινοῦ κάνουν την ίδια κίνηση που προκαλέσαμε στο άκρο του αλλά σε επόμενους χρόνους. Τα σωματίδια του σχοινοῦ μετατοπίζονται κάθετα στη διεύθυνσή του (εικόνα 5.4).

Στα δύο προηγούμενα παραδείγματα τα σωματίδια του μέσου ταλαντώνονται κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Ένα τέτοιο κύμα ονομάζεται **εγκάρσιο κύμα**. Τα κύματα στις χορδές της κιθάρας ή του πιάνου είναι επίσης εγκάρσια κύματα.

Σε ελατήριο είναι δυνατόν να διαδοθεί και ένας άλλος τύπος κύματος: Αν στο ένα άκρο του ελατηρίου πλησιάσουμε με τα δύο μας χέρια τις σπείρες του ελατηρίου έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα πύκνωμα σπειρών και μετά τις αφήσουμε ελεύθερες, τότε το πύκνωμα των σπειρών διαδίδεται κατά μήκος του ελατηρίου (εικόνα 5.5).

Στην εικόνα 5.6 βλέπεις ένα σωλήνα ο οποίος είναι κλειστός στο ένα άκρο του, ενώ το άλλο κλείνεται με ένα έμβολο. Αν μετακινήσεις το έμβολο μπρος ή πίσω, τότε στο χώρο μέσα στο σωλήνα που είναι ακριβώς πίσω από το έμβολο δημιουργούνται στρώματα αέρα μεγάλης και μικρής πίεσης ή μεγάλης και μικρής πυκνότητας αντίστοιχα (πυκνώματα ή αραιώματα). Τα πυκνώματα και αραιώματα αυτά διαδίδονται κατά μήκος του σωλήνα μέσα στο αέριο.

Σ' αυτά τα παραδείγματα τα σωματίδια του μέσου μέσα στο οποίο διαδίδεται το κύμα ταλαντώνονται κατά την ίδια διεύθυνση που διαδίδεται το κύμα. Ένα τέτοιο κύμα ονομάζεται **διάμηκες κύμα**. Παράδειγμα διαμήκους κύματος είναι τα ηχητικά κύματα. Τα **διαμήκη κύματα διαδίδονται στα στερεά, στα υγρά και στα αέρια, ενώ τα εγκάρσια διαδίδονται μόνο στα στερεά**.



Εικόνα 5.4

Εγκάρσιο κύμα σε σχοινί

Οι κόκκινες κορδέλες (σωματίδια του μέσου) αρχικά ισορροπούν. Καθώς το χέρι κινεί το ένα άκρο του σχοινοῦ, αυτό απομακρύνεται από τη θέση ισορροπίας και εκτελεί τελικά ταλάντωση γύρω από αυτή.



Εικόνα 5.5

Διάμηκες κύμα σε ελατήριο

Οι σπείρες κινούνται παράλληλα προς τη διεύθυνση που διαδίδεται η διαταραχή. Έτσι σε άλλες θέσεις πλησιάζουν και πυκνώνουν, ενώ σε άλλες θέσεις απομακρύνονται και αραιώνουν.



Εικόνα 5.6.

Διάμηκες κύμα σε στήλη αέρα.

Καθώς το έμβολο κινείται, εξαναγκάζει τα μόρια του αέρα που βρίσκονται πίσω από αυτό σε άλλες θέσεις να πλησιάσουν και να πυκνώσουν, ενώ σε άλλες θέσεις να απομακρυνθούν και να αραιώσουν. Έτσι κατά μήκος του σωλήνα δημιουργούνται πυκνώματα και αραιώματα.



Εικόνα 5.7

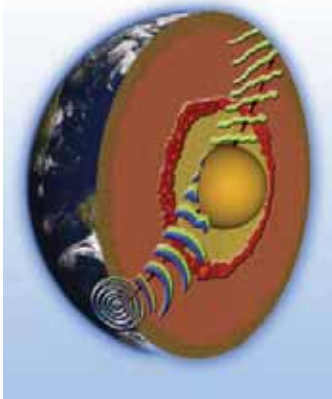
Τα επιφανειακά κύματα

Η πτώση της σταγόνας στο νερό δημιουργεί επιφανειακά κύματα.

Ένας άλλος τύπος κύματος: το επιφανειακό κύμα.

Αν και τα κύματα που δημιουργούνται στο βάθος μιας λίμνης ή της θάλασσας είναι διαμήκη, τα κύματα που δημιουργούνται στην επιφάνεια του νερού δεν μοιάζουν με αυτά. Καθώς διαδίδεται ένα κύμα στην επιφάνεια ενός υγρού, τα σωματίδια κινούνται τόσο παράλληλα όσο και κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος, με τελικό αποτέλεσμα οι τροχιές τους να είναι κυκλικές. Το κύμα που διαδίδεται με αυτό τον τρόπο αποτελεί ένα μίγμα εγκάρσιων και διαμηκών κυμάτων.

Φυσική και Γεωλογία και Τεχνολογία



Σεισμικά κύματα

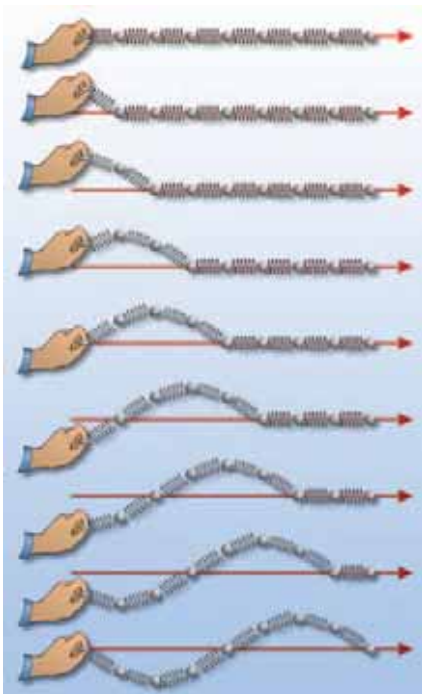
Φακός του εσωτερικού της γης

Ένας σεισμός παράγει δύο είδη κυμάτων: Πρωτεύοντα κύματα (κύματα P) που είναι διαμήκη (παριστάνονται με πράσινο χρώμα στην εικόνα) και δευτερεύοντα κύματα (κύματα S) που είναι εγκάρσια (παριστάνονται με μπλε χρώμα στην εικόνα).

Οι γεωφυσικοί, μελετώντας τα σεισμικά κύματα με τη βοήθεια των σειсмоγράφων, βρήκαν ότι τα διαμήκη κύματα διέρχονται από τον πυρήνα της γης, ενώ τα εγκάρσια όχι. Από αυτό το δεδομένο συμπεράναν ότι ο πυρήνας της γης είναι σε ρευστή κατάσταση.

5.2

Κύμα και ενέργεια



Εικόνα 5.8

Μηχανισμός διάδοσης του κύματος

Ο παλμός ταξιδεύει κατά μήκος του ελατηρίου θέτοντας σε ταλάντωση όλα τα σφαιρίδια.

Πώς παράγονται τα κύματα; Με ποιο τρόπο διαδίδονται σ' ένα μέσο;

Τα κύματα της θάλασσας δημιουργούνται συνήθως εξαιτίας των ανέμων. Η μηχανική τους ενέργεια προέρχεται από την κινητική ενέργεια των ανέμων (αιολική ενέργεια).

Κράτησε με το χέρι σου το άκρο ενός ελατηρίου όπως φαίνεται στην εικόνα 5.8. Το ελατήριο βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας. Τίναξε απότομα το άκρο και επανάφερε το γρήγορα στη αρχική του θέση. Τότε θα δεις έναν παλμό, μια διαταραχή, να ταξιδεύει από το ένα άκρο του ελατηρίου στο άλλο. Κάθε σφαιρίδιο του ελατηρίου βρισκόταν αρχικά σε ισορροπία. Όταν φθάσει σ' αυτό ο παλμός, τότε μετατοπίζεται από τη θέση όπου ισορροπούσε. Η διαταραχή δεν είναι παρά η μετατόπιση των σφαιριδίων του ελατηρίου από τη θέση ισορροπίας τους.

Μεταξύ των γειτονικών σπειρών του ελατηρίου ασκούνται δυνάμεις. Οι δυνάμεις αυτές επαναφέρουν κάθε σφαιρίδιο στην αρχική θέση ισορροπίας του. Ταυτόχρονα μέσω του έργου που παράγουν μεταφέρουν ενέργεια από σφαιρίδιο σε σφαιρίδιο. Έτσι κάθε σφαιρίδιο θα μετατοπιστεί με τη σειρά του από τη θέση ισορροπίας του.

Ο παλμός ταξιδεύει μεταφέροντας ενέργεια. Τα σφαιρίδια μετατοπίζονται και όταν η ενέργεια που προσέλαβαν μεταφερθεί στα επόμενα επιστρέφουν στην αρχική θέση ισορροπίας τους. Έτσι αυτή η κίνηση διαδίδεται τελικά σε όλα τα σφαιρίδια του ελατηρίου. Λέμε τότε ότι ένα **κύμα** διαδίδεται κατά μήκος του ελατηρίου. Το **κύμα μεταφέρει ενέργεια** σε κάθε σφαιρίδιο του ελατηρίου **χωρίς να μεταφέρει ύλη**. Μια **πηγή που ταλαντώνεται** μπορεί να **παράγει κύμα**. Η ενέργεια που μεταφέρει το κύμα προσφέρεται από την πηγή.

5.3 Χαρακτηριστικά μεγέθη του κύματος

Για να περιγράψουμε ένα κύμα χρησιμοποιούμε ορισμένα χαρακτηριστικά φυσικά μεγέθη: τη **συχνότητα**, την **περίοδο**, το **πλάτος** ταλάντωσης των σωματιδίων, την **ταχύτητα** και το **μήκος κύματος**.

Στην εικόνα 5.9 παριστάνεται ένα σκοινί κατά μήκος του οποίου διαδίδεται ένα κύμα. Αν παρατηρήσουμε την κίνηση ενός σημείου του σκοινιού (Α), διαπιστώνουμε ότι αυτό ταλαντώνεται μεταξύ των θέσεων ΟΟ', ενώ η διαταραχή προχωρεί σταθερά προς τα αριστερά. Τα σωματίδια από τα οποία αποτελείται το σκοινί εκτελούν ταλαντώσεις. Το ίδιο συμβαίνει και με τα σωματίδια κάθε άλλου μέσου στο οποίο διαδίδεται ένα παρόμοιο κύμα. Η **περίοδος Τ** και **συχνότητα f** αυτών των ταλαντώσεων ονομάζονται περίοδος και συχνότητα του κύματος αντίστοιχα.

Αν φωτογραφήσουμε το παλλόμενο σκοινί μια ορισμένη χρονική στιγμή, τότε λαμβάνουμε ένα στιγμιότυπο ολόκληρου του κύματος (εικόνα 5.9). Παρατηρώντας το στιγμιότυπο του κύματος συμπεραίνουμε ότι η μορφή του επαναλαμβάνεται ίδια σε ίσες αποστάσεις. Η μικρότερη απόσταση μεταξύ δύο σημείων με την ίδια απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας και την ίδια κατεύθυνση κίνησης ονομάζεται **μήκος κύματος** και συμβολίζεται με **λ**.

Σ' ένα **εγκάρσιο κύμα** σχηματίζονται «**όρη**» και «**κοιλιάδες**». Το μήκος κύματος ισούται με την απόσταση δύο διαδοχικών κοιλάδων ή δύο διαδοχικών ορέων.

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα ρευστό μέσο στο οποίο διαδίδεται ένα **διάμηκες κύμα**. Στην προηγούμενη παράγραφο αναφέραμε ότι σ' αυτή την περίπτωση δημιουργούνται περιοχές αυξημένης πίεσης (**πυκνώματα**) και περιοχές μειωμένης πίεσης (**αραιώματα**). Το μήκος κύματος ισούται με την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πυκνωμάτων ή αραιωμάτων (εικόνα 5.10).

Μια χορδή μπορεί να διεγερθεί αν τη χτυπήσουμε με μικρή ή μεγάλη δύναμη. Ένας ήχος μπορεί να είναι δυνατός ή ασθενής. Ένα θαλάσσιο κύμα μπορεί να είναι ένα γιγάντιο παλιρροϊκό κύμα (τσουνάμι) ή ένας ελαφρύς κυματισμός. Στα παραδείγματα αυτά λέμε ότι τα κύματα έχουν διαφορετικό πλάτος.

Πλάτος του κύματος ονομάζεται το πλάτος της ταλάντωσης των σωματιδίων του μέσου στο οποίο διαδίδεται το κύμα. Το πλάτος του κύματος σχετίζεται με το ποσό της ενέργειας που μεταφέρεται μέσω του κύματος. Όσο **μεγαλύτερο** είναι το **πλάτος** τόσο **μεγαλύτερη** είναι και η **ενέργεια** που μεταφέρεται. Τα μεγά-

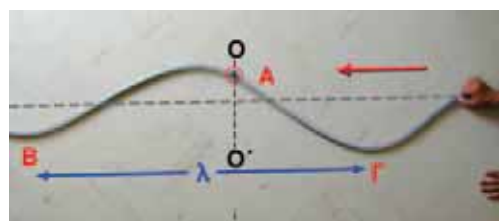
Δραστηριότητα

1° μέρος: Δημιουργία εγκάρσιων κυμάτων

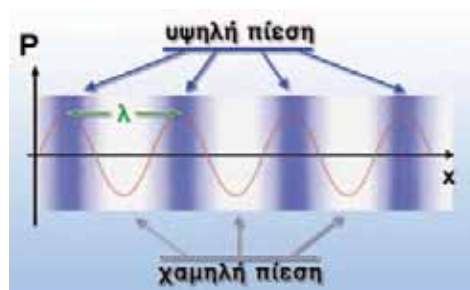
- ▶ Δέσε ένα κομμάτι κορδέλας ή νήματος στο μέσον ενός μακριού σπειροειδούς ελατηρίου.
- ▶ Με ένα φίλο σου τέντωσε το ελατήριο στο διπλάσιο του αρχικού του μήκους. Ενώ ο φίλος σου κρατάει το ένα άκρο του ελατηρίου, εσύ κούνησε γρήγορα το άλλο άκρο πλάγια ώστε να δώσεις έναν παλμό ενέργειας στο ελατήριο.
- ▶ Παρακολούθησε προσεκτικά την κορδέλα. Μετατοπίζεται η κορδέλα κατά τη διεύθυνση του ελατηρίου;
- ▶ Περιγράψε την κίνησή της.

2° μέρος: Δημιουργία διαμήκων κυμάτων

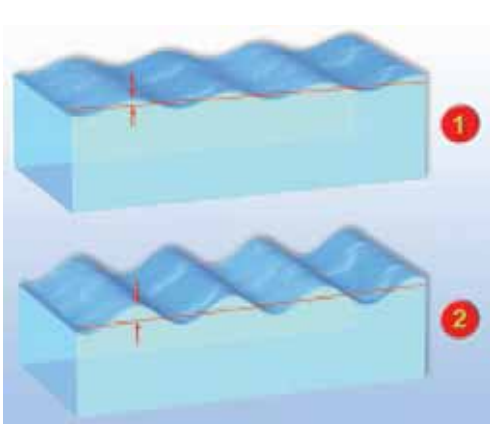
- ▶ Πιάσε σφιχτά τη μια άκρη του ελατηρίου κυματισμών με τα δύο σου χέρια ώστε να απέχουν μεταξύ τους περίπου 30 cm.
- ▶ Μετακίνησε τα χέρια σου ώστε οι σπείρες του ελατηρίου που βρίσκονται μεταξύ τους να πλησιάσουν. Έτσι δημιουργείται μια περιοχή μεγαλύτερης πυκνότητας σπειρών (πύκνωμα). Ελευθέρωσε τις σπείρες. Το πύκνωμα θα κινηθεί κατά μήκος του ελατηρίου.
- ▶ Παρακολούθησε προσεκτικά την κορδέλα και περιγράψε την κίνησή της.



Εικόνα 5.9
Εγκάρσια κύματα και μήκος κύματος
Τα Β και Γ έχουν την ίδια χρονική στιγμή την ίδια απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας (αρχική θέση του σκοινιού) ΒΓ=λ.



Εικόνα 5.10
Διαμήκη κύματα και μήκος κύματος
Το μήκος κύματος λ είναι ίσο με την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πυκνωμάτων ή αραιωμάτων. Η καμπύλη παριστάνει τις μεταβολές της πίεσης.



Εικόνα 5.11

Ενέργεια και πλάτος του κύματος

Το κύμα που έχει μεγαλύτερο πλάτος (2) μεταφέρει μεγαλύτερο ποσό ενέργειας από το κύμα με το μικρότερο πλάτος (1).

λα θαλάσσια κύματα μεταφέρουν στον ίδιο χρόνο περισσότερη ενέργεια απ' ό,τι τα μικρά (εικόνα 5.11).

Πόσο γρήγορα διαδίδεται ένα κύμα;

Σε χρόνο μιας περιόδου T η απόσταση που διανύει η διαταραχή είναι ίση με ένα μήκος κύματος λ (εικόνες 5.9 και 5.10).

Σύμφωνα με τον ορισμό της ταχύτητας u του κύματος $u = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, αν $\Delta t = T$, τότε $\Delta x = \lambda$, οπότε προκύπτει: $u = \frac{\lambda}{T}$. Επειδή όμως $T = \frac{1}{f}$, όπου f η συχνότητα, η προηγούμενη σχέση παίρνει τη μορφή:

$$u = \lambda \cdot f$$

Η σχέση αυτή ονομάζεται **θεμελιώδης νόμος της κυματικής: Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος σ' ένα μέσο ισούται με το γινόμενο της συχνότητάς του επί το μήκος κύματος.**

Η ταχύτητα:

- Δεν εξαρτάται από το πλάτος του κύματος.
- Εξαρτάται από τις ιδιότητες του μέσου διάδοσης. Στο ίδιο μέσο διάδοσης τα εγκάρσια κύματα διαδίδονται με μικρότερη ταχύτητα απ' ό,τι τα διαμήκη.

Δραστηριότητα

Ταχύτητα διάδοσης του κύματος

- ▶ Άπλωσε στο πάτωμα ένα μακρύ ελατήριο μήκους 4 ή 5 μέτρων και κράτα το ένα του άκρο. Ένας φίλος σου ας κρατήσει το άλλο άκρο του ελατηρίου ώστε να διατηρείται τεντωμένο.
- ▶ Μετακίνησε απότομα το άκρο του ελατηρίου που κρατάς, κάθετα στο ελατήριο, και επανάφερε το στην αρχική του θέση. Τι είδους παλμός σχηματίζεται;
- ▶ Μέτρησε το χρόνο που χρειάζεται ο παλμός για να ταξιδέψει κατά μήκος του ελατηρίου.
- ▶ Άλλαξε το πλάτος του παλμού και μέτρησε το χρόνο άφιξής του στο άλλο άκρο του ελατηρίου. Υπολόγισε την ταχύτητα διάδοσης του κύματος.

Παράδειγμα 5.1

Στις 27 Μαρτίου 1964 στον υποθαλάσσιο χώρο στον κόλπο Βαλντέζ στην Αλάσκα εκδηλώθηκε σεισμός 8,4 Ρίχτερ ο οποίος προκάλεσε καταστροφικά παλιρροϊκά κύματα (τσουνάμι). Να υπολογίσεις τη συχνότητα των κυμάτων αυτών αν γνωρίζεις ότι το μήκος κύματος ήταν 150 km και η ταχύτητα που διαδίδονταν στον ωκεανό μακριά από τις ακτές ήταν 540 km/h.

Δεδομένα	Ζητούμενα	Βασική εξίσωση
μήκος κύματος: $\lambda = 150 \text{ km}$ Ταχύτητα διάδοσης του κύματος: $u = 540 \text{ km/h}$	Συχνότητα f σε Hz	$u_{\text{κύματος}} = \lambda \cdot f$

Λύση

Βήμα 1: Μετατρέπω τα δεδομένα σε μονάδες του S.I.:

$$\lambda = 150 \text{ km} \quad \text{ή} \quad \lambda = 150 \text{ km} \cdot 1.000 \frac{\text{m}}{\text{km}} \quad \text{ή} \quad \lambda = 15 \cdot 10^4 \text{ m} \qquad u = 540 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 540 \frac{1.000 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} = 150 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Βήμα 2: Εφαρμόζω τη βασική εξίσωση:

$$u_{\text{κύματος}} = \lambda \cdot f \Leftrightarrow f = \frac{u_{\text{κύματος}}}{\lambda} \Leftrightarrow f = \frac{150 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{15 \cdot 10^4 \text{ m}} \Leftrightarrow f = 10^{-3} \text{ Hz}$$

Κυματικά φαινόμενα: Ανάκλαση και διάθλαση των μηχανικών κυμάτων

Τι θα συμβεί όταν ένα μηχανικό κύμα, καθώς διαδίδεται, συναντήσει ένα εμπόδιο ή αλλάξει μέσο διάδοσης;

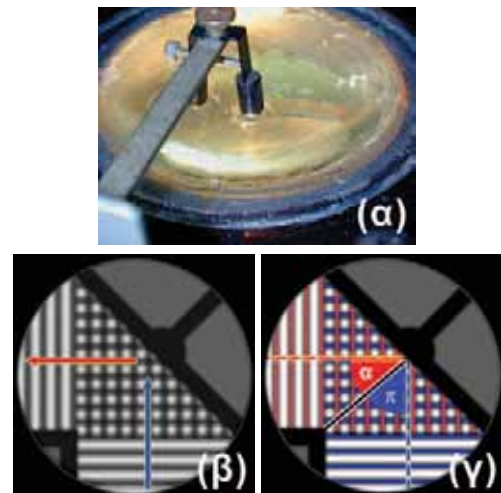
Μπορούμε να μελετήσουμε την αλλαγή στη διεύθυνση διάδοσης των κυμάτων όταν αυτά συναντήσουν ένα εμπόδιο ή αλλάξουν μέσο διάδοσης (ανάκλαση και διάθλαση) με τη συσκευή κυματισμών. Μια τέτοια συσκευή περιέχει ένα λεπτό στρώμα νερού. Μια ακίδα που ταλαντώνεται παράγει κύματα ορισμένης συχνότητας. Μια λάμπα πάνω από τη συσκευή παράγει σκιές κάτω από τη συσκευή που δείχνουν τις θέσεις των κορυφών των κυμάτων (εικόνα 5.12α).

Ανάκλαση

Αν ένα κύμα κατευθύνεται προς ένα εμπόδιο, δηλαδή προς ένα επίπεδο στερεό τοίχωμα, τότε το κύμα θα ανακλαστεί. Στην εικόνα 5.12β το αρχικό κύμα κινείται προς τα πάνω (μπλε βέλος), ενώ το ανακλώμενο κύμα κινείται προς τα αριστερά (κόκκινο βέλος). Η κατεύθυνση κίνησης των κυμάτων που διαδίδονται σε δύο ή τρεις διαστάσεις συχνά παριστάνεται με ακτίνες (σκεφθείτε τις φωτεινές ακτίνες) (εικόνα 5.12γ). Όμως προσοχή! Μια ακτίνα δείχνει μόνο την κατεύθυνση διάδοσης του κύματος και όχι το πραγματικό κύμα. Κατά τη μελέτη της ανάκλασης των κυμάτων σχεδιάζουμε την ευθεία που είναι κάθετη στο εμπόδιο και ορίζουμε τη γωνία πρόσπτωσης π και τη γωνία ανάκλασης α . Με τη μέτρηση των γωνιών αυτών προκύπτει ο νόμος της ανάκλασης σύμφωνα με τον οποίο η γωνία πρόσπτωσης ισούται με τη γωνία ανάκλασης (εικόνα 5.12γ).

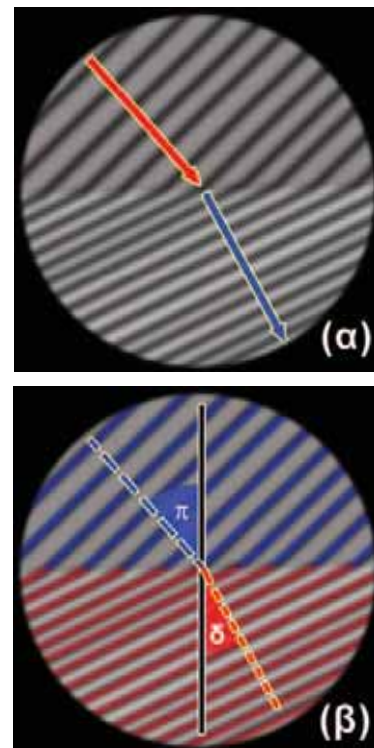
Διάθλαση

Με τη βοήθεια μιας συσκευής κυματισμών μπορούμε να μελετήσουμε επίσης τη συμπεριφορά των κυμάτων καθώς διαδίδονται από ένα μέσο σε ένα άλλο. Τοποθετούμε μια γυάλινη πλάκα ημικυκλικού σχήματος στον πυθμένα της συσκευής (εικόνα 5.13α). Το νερό πάνω από την πλάκα έχει μικρότερο βάθος συγκριτικά με το υπόλοιπο νερό της συσκευής. Η ταχύτητα των κυμάτων εξαρτάται από το βάθος του νερού. Έτσι το νερό πάνω από την πλάκα συμπεριφέρεται ως ένα διαφορετικό μέσο. Καθώς το κύμα διαδίδεται από το βαθύ προς το ρηχό νερό, η διεύθυνσή του διαδίδεται αλλάζει και το μήκος κύματος μειώνεται (εικόνα 5.13β). Επειδή το κύμα στο ρηχό νερό προέρχεται από το κύμα που διαδίδεται στο βαθύ νερό, η συχνότητά τους είναι η ίδια. Από την εξίσωση $u = \lambda \cdot f$ η μείωση του μήκους κύματος σημαίνει ότι η ταχύτητα είναι μικρότερη σε νερό μικρότερου βάθους. Τα κύματα πλησιάζουν τη διαχωριστική επιφάνεια με μια αρχική γωνία, δηλαδή η διεύθυνση της ακτίνας δεν είναι παράλληλη με την κάθετη στη διαχωριστική επιφάνεια. Σ' αυτή την περίπτωση όχι μόνο ελαττώνεται το μήκος κύματος, αλλά επίσης αλλάζει η διεύθυνση διάδοσης των κυμάτων (εικόνα 5.13β). Το φαινόμενο της μεταβολής της διεύθυνσης διάδοσης των κυμάτων στο σύνορο μεταξύ δύο διαφορετικών μέσων ονομάζεται **διάθλαση**.



Εικόνα 5.12

(α) Συσκευή κυματισμών. (β) Ανάκλαση μηχανικού κύματος στη συσκευή κυματισμών. (γ) Με μπλε γραμμές παριστάνονται οι κορυφές του προσπίπτοντος κύματος με κόκκινες του ανακλώμενου. Με την μπλε διακεκομμένη γραμμή παριστάνεται η προσπίπτουσα ακτίνα και με την κόκκινη η ανακλώμενη. Παρατήρησε ότι η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης.



Εικόνα 5.13

(α) Διάθλαση μηχανικού κύματος στη συσκευή κυματισμών. (β) Με μπλε γραμμές παριστάνονται οι κορυφές του αρχικού κύματος, ενώ με κόκκινες οι κορυφές του διαθλώμενου κύματος. Με την μπλε διακεκομμένη γραμμή παριστάνεται η προσπίπτουσα ακτίνα και με την κόκκινη η διαθλώμενη.

Ακόνισε το μυαλό σου



Διάθλαση επιφανειακών κυμάτων στη θάλασσα. Διακρίνεται η αλλαγή στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος (κόκκινα βέλη).

Μπορείς να σκεφθείς για ποιο λόγο μεταβάλλεται η διεύθυνση διάδοσης του κύματος;

Φυσική και Βιολογία



Εικόνα 5.14

Νυχτερίδα: το ζωντανό ηχητικό ραντάρ. Η νυχτερίδα εκπέμπει υπερήχους τους οποίους χρησιμοποιεί για να προσανατολίζεται και να εντοπίζει το θήραμά της.

Δραστηριότητα

Παραγωγή ήχου

- ▶ Τοποθέτησε ένα πλαστικό χάρακα πάνω στο θρανίο σου, ώστε ο μισός να προεξέχει. Κράτα σταθερά το μέρος του χάρακα που είναι πάνω στο θρανίο.
- ▶ Τράβηξε προς τα κάτω την ελεύθερη άκρη του χάρακα και άφησέ την ελεύθερη.
- ▶ Περιέγραψε και χαρακτήρισε την κίνηση που εκτελεί ο χάρακας. Παράγεται ήχος;
- ▶ Αύξησε το μήκος του χάρακα που προεξέχει και επανέλαβε τα ίδια.
- ▶ Ο ήχος που παράγεται τώρα από το χάρακα είναι ίδιος με τον προηγούμενο;

5.4 Ήχος

Πώς παράγεται ένας ήχος; Πότε είναι ευχάριστος και πότε ενοχλητικός; Τι είναι αυτό που κάνει χαρακτηριστική την ομιλία κάθε ανθρώπου; Πώς προσανατολίζονται οι νυχτερίδες τη νύχτα; Πώς τα ηχοπετάσματα σταματούν το θόρυβο;

Απαντήσεις σ' αυτά τα ερωτήματα θα βρούμε στις επόμενες παραγράφους.

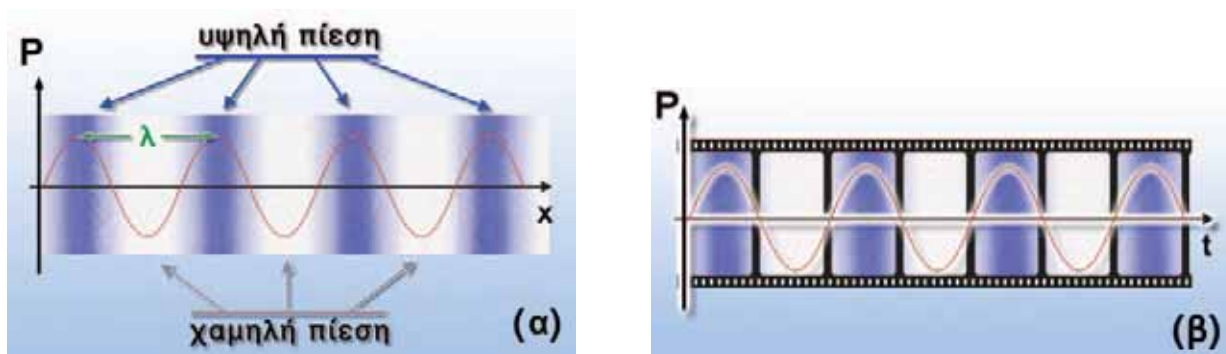
Ο ήχος και η μουσική αποτελούν σημαντικά στοιχεία της ανθρώπινης εμπειρίας. Οι πρωτόγονοι άνθρωποι παρήγαν ήχους όχι μόνο με το στόμα τους αλλά και με τα τύμπανα, τα κρόταλα και τις σφυρίχτρες. Τα έγχορδα όργανα έχουν ιστορία τουλάχιστον 3.000 ετών.

Τα έμβια όντα χρησιμοποιούν τους ήχους για να συλλέξουν πληροφορίες που αφορούν το περιβάλλον τους και για να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Ορισμένα ζώα, για να γνωρίσουν το περιβάλλον τους και να επιβιώσουν, χρησιμοποιούν ήχους πολύ μεγάλης συχνότητας (υπερήχους) τους οποίους οι άνθρωποι δεν αντιλαμβάνονται. Τέτοιους ήχους για παράδειγμα εκπέμπουν οι νυχτερίδες όταν κυνηγούν έντομα. Αυτά τα ηχητικά κύματα ανακλώμενα στο έντομο βοηθούν τη νυχτερίδα να διαπιστώσει το μέγεθός του, τη θέση του, την απόστασή του και τη σχετική ταχύτητά του (εικόνα 5.14). Με παρόμοιο τρόπο καταφέρνουν να διακρίνουν τα έντομα από τη βλάστηση όταν κυνηγούν στα δάση. Τα δελφίνια εκπέμπουν υπερήχους υπό μορφή σφυριγμάτων. Τα ανακλώμενα ηχητικά κύματα παρέχουν στο δελφίνι πληροφορίες για το περιβάλλον του σε αποστάσεις μεγαλύτερες απ' ό,τι του επιτρέπει η όρασή του μέσα στο νερό. Τα δελφίνια χρησιμοποιούν αυτές τις πληροφορίες κυρίως για να εντοπίσουν μικρά ψάρια με τα οποία τρέφονται.

Ηχητικά κύματα

Όταν ένα σώμα ταλαντώνεται στον αέρα, αλληλεπιδρά με τα μόρια του και προκαλεί την κίνησή τους. Τα μόρια πλησιάζουν ή απομακρύνονται μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται

πυκνώματα και αραιώματα και η πίεση του αέρα να μεταβάλλεται περιοδικά γύρω από μια μέση τιμή (εικόνα 5.15).



Εικόνα 5.15

(α) Η μεταβολή της πίεσης του αέρα στη διεύθυνση του ηχητικού κύματος σε μια ορισμένη χρονική στιγμή. (β) Η μεταβολή της πίεσης του αέρα σε συνάρτηση με το χρόνο σε ορισμένη απόσταση από την πηγή.

Μέσω των αλληλεπιδράσεων των μορίων μεταφέρεται ενέργεια από μόριο σε μόριο και τελικά ενέργεια από το σώμα που ταλαντώνεται διαδίδεται στο χώρο. Επομένως οι ταλαντώσεις των σωμάτων στον αέρα δημιουργούν μηχανικά κύματα τα οποία διαδίδονται σε αυτόν και ονομάζονται **ηχητικά κύματα**. Επειδή τα μόρια του αέρα κινούνται κατά τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος, τα ηχητικά κύματα είναι **διαμήκη κύματα**. Όταν ηχητικά κύματα που η συχνότητά τους είναι μεγαλύτερη από 20 Hz και μικρότερη από 20.000 Hz φθάσουν στο ανθρώπινο αφτί προκαλούν το αίσθημα της ακοής και ονομάζονται απλώς ήχος. Κύματα με συχνότητα μικρότερη των 20 Hz ονομάζονται **υπόηχοι**, ενώ με συχνότητα μεγαλύτερη των 20.000 Hz ονομάζονται **υπέρηχοι**.

Τα ηχητικά κύματα έχουν τα ίδια τα κοινά χαρακτηριστικά με τα μηχανικά κύματα: πλάτος, συχνότητα, μήκος κύματος και ταχύτητα διάδοσης. Το μήκος κύματος ενός ηχητικού κύματος είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πυκνωμάτων (περιοχών μεγίστης πίεσης) ή αραιωμάτων (περιοχών ελάχιστης πίεσης). Η συχνότητα και το μήκος κύματος συνδέονται με την ταχύτητα διάδοσης μέσω της γνωστής εξίσωσης της κυματικής $u = \lambda \cdot f$.

Πού διαδίδονται τα ηχητικά κύματα;

Όταν βυθίσουμε το κεφάλι μας στο νερό της θάλασσας ακούμε τον ήχο της μηχανής κάθε βάρκας που κινείται κοντά μας. Οι Ινδιάνοι άκουγαν από μεγάλη απόσταση τον ήχο που δημιουργούσε η μηχανή του τρένου φέρνοντας το αφτί τους σε επαφή με τις γραμμές. Όμως ο ήχος του κουδουνιού δεν ακούγεται αν το τοποθετήσουμε μέσα σε χώρο από τον οποίο έχουμε αφαιρέσει τον αέρα με αντλία. **Τα ηχητικά κύματα διαδίδονται σε όλα τα μέσα: στερεά, υγρά, αέρια.** Δεν διαδίδονται στο κενό γιατί εκεί δεν υπάρχουν μόρια για να αλληλεπιδράσουν ώστε να μεταφερθεί η μηχανική ενέργεια του ηχητικού κύματος. Η ταχύτητα διάδοσης των ηχητικών κυμάτων είναι μεγαλύτερη στα στερεά απ' ό,τι στα υγρά και στα υγρά μεγαλύτερη απ' ό,τι στα αέρια. Επίσης η ταχύτητα τους αυξάνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του μέσου μέσα στο οποίο διαδίδονται. Στον πίνακα 5.1 φαίνονται οι ταχύτητες διάδοσης του ήχου σε διάφορα υλικά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1

Η ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΥΛΙΚΑ ΣΕ m/s	
Αέρια	
Αέρας (20 °C)	344
Ήλιο (20 °C)	999
Υδρογόνο (20 °C)	1.330
Υγρά	
Υγρό ήλιο (269 °C)	211
Υδράργυρος (20 °C)	1.451
Νερό (0 °C)	1.402
Νερό (20 °C)	1.482
Νερό (100 °C)	1.543
Στερεά	
Κόκαλο	3.445
Ορείχαλκος	3.480
Γυαλί pyrex	5.170
Χάλυβας	5.790



Εικόνα 5.16

(α) Με το κόκκινο χρώμα παριστάνεται το ηχητικό κύμα που παράγεται από το παιδί. (β) Με το κίτρινο το ηχητικό κύμα που προέρχεται από την πλαγιά (ήχώ). Το ηχητικό κύμα ανακλάται στην πλαγιά του βουνού και επιστρέφει.

Κυματικά φαινόμενα του ήχου

Τα ηχητικά κύματα παρουσιάζουν τις γενικές ιδιότητες των άλλων κυμάτων. Έτσι ανακλώνται από αντικείμενα όπως είναι οι τοίχοι του δωματίου. Το φαινόμενο της επανάληψης ενός ήχου λόγω ανάκλασης ενός ηχητικού κύματος ονομάζεται ηχώ. Ο χρόνος που χρειάζεται ώστε ο ήχος να επιστρέψει στο σημείο όπου βρίσκεται η πηγή του κύματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της απόστασης ανάμεσα στην πηγή και τον ανακλαστήρα. Εφαρμογή της ανάκλασης του ήχου είναι η κατασκευή ηχοπετασμάτων στις εθνικές οδούς ή και στα αυλές κάποιων σχολικών κτιρίων.

Παράδειγμα 5.2

Ένα δελφίνι εκπέμπει υπέρηχους συχνότητας $2,5 \cdot 10^5$ Hz. Αν οι υπέρηχοι διαδίδονται στο θαλασινό νερό με ταχύτητα 1.533 m/s, να υπολογίσεις το μήκος κύματος του υπέρηχου στη θάλασσα.

Δεδομένα

Συχνότητα $f = 2,5 \cdot 10^5$ Hz
 Ταχύτητα διάδοσης του ήχου: $u = 1,533$ m/s

Ζητούμενα

Μήκος κύματος: λ

Βασική εξίσωση

$$u_{\text{κύματος}} = \lambda \cdot f$$

Λύση

$$u_{\text{κύματος}} = \lambda \cdot f \quad \text{ή} \quad \lambda = \frac{u_{\text{κύματος}}}{f}, \quad \lambda = \frac{1.530 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2,5 \cdot 10^5 \text{ Hz}} \quad \text{ή} \quad \lambda = 0,0612 \text{ m ή } 61,2 \text{ mm}$$



Εικόνα 5.17

Το ηχητικό κύμα γίνεται αντιληπτό από τον άνθρωπο. Επίσης μπορεί να παρασταθεί στην οθόνη μιας συσκευής που ονομάζεται παλμογράφος. Στο εργαστήριο της φυσικής του σχολείου σας υπάρχει μια τέτοια συσκευή.

5.5 Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου

Τα ηχητικά κύματα ανιχνεύονται με δέκτες τους οποίους θέτουν σε ταλάντωση. Παράδειγμα τέτοιου δέκτη είναι η μεμβράνη που έχουν τα μικρόφωνα ή το τύμπανο του αυτιού μας. Συνδέοντας κατάλληλα το μικρόφωνο με παλμογράφο μπορούμε να έχουμε και μια απεικόνιση του ηχητικού κύματος που αυτό ανιχνεύει (εικόνα 5.17).

Ο άνθρωπος ανιχνεύει τους ήχους με τα τύμπανα των αφτιών του και τους αντιλαμβάνεται με τον εγκέφαλο. Τα χαρακτηριστικά που συνδέονται με τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε τον ήχο ονομάζονται **υποκειμενικά χαρακτηριστικά** του ήχου και είναι το ύψος, η ακουστότητα και η χροιά.

Ύψος του ήχου ονομάζεται το υποκειμενικό χαρακτηριστικό σύμφωνα με το οποίο διακρίνουμε έναν οξύ ή ψηλό ήχο από ένα βαρύ ή χαμηλό ήχο. Το ύψος καθορίζεται από τη συχνότητα του ηχητικού κύματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα τόσο ψηλότερος είναι ο ήχος.

Τα όρια συχνότητας των ακουστών ήχων διαφέρουν ελαφρά από άνθρωπο σε άνθρωπο. Για παράδειγμα, ένας νέος άνθρωπος αντιλαμβάνεται βαρύτερους και οξύτερους ήχους απ' ό,τι

Φυσική και Βιολογία



Εικόνα 5.18

Ο τζίτζικας, αν και παράγει ήχους από 7.000-100.000 Hz, τρίβοντας τα πόδια του σε μια σκληρή μεμβράνη στη κοιλιά του, ακούει ελάχιστους από αυτούς.

ένας ηλικιωμένος. Σημαντικότερη διαφορά παρατηρείται μεταξύ των διαφορετικών ειδών ζώων, όπως φαίνεται στον πίνακα 5.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2

ΟΡΙΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΑΚΟΥΣΤΩΝ ΗΧΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΜΒΡΙΑ ΟΝΤΑ

					
16-20.000 Hz	15-50.000 Hz	60-65.000 Hz	100-15.000 Hz	150-150.000 Hz	100-120.000 Hz

Αν χτυπήσουμε δυνατά το διαπασών (εικόνα 5.19) ή αν τραβήξουμε πιο δυνατά τη χορδή μιας κιθάρας, τότε αυτά πάντοτε με μεγαλύτερο πλάτος. Συγχρόνως ακούμε ισχυρότερο ήχο. **Ακουστότητα** του ήχου λέγεται το χαρακτηριστικό με το οποίο ξεχωρίζουμε τους ήχους σε ισχυρούς και λιγότερο ισχυρούς, ασθενείς κ.λπ. Η ακουστότητα καθορίζεται κυρίως από την **ένταση** του ηχητικού κύματος, δηλαδή από την ηχητική ενέργεια που φθάνει στο αφτί μας κάθε δευτερόλεπτο. Η ένταση του ήχου είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος του ηχητικού κύματος. Η ακουστότητα εκτός από την ένταση εξαρτάται και από τη συχνότητα του ήχου. Το ανθρώπινο αφτί είναι πιο ευαίσθητο στις μεσαίες συχνότητες (περίπου 1.000 Hz) απ' ό,τι στις χαμηλές και τις υψηλές συχνότητες.



Εικόνα 5.19
Όταν το διαπασών ταλαντώνεται με μεγαλύτερο πλάτος, η ένταση του ήχου που παράγει αυξάνεται.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3

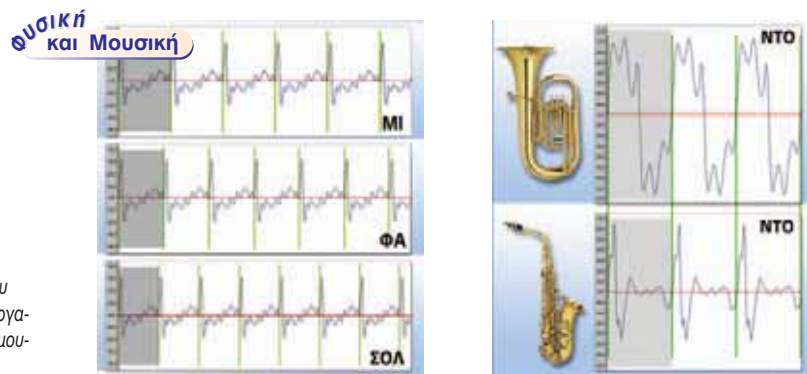
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΗΧΟΥ

					
10 dB	30 dB	50 dB	70 dB	90 dB	120 dB

Μπορούμε να ξεχωρίσουμε δύο ήχους που προέρχονται από δύο διαφορετικά μουσικά όργανα, λόγου χάρη βιολί και κλαρίνο, ακόμα και αν οι ήχοι έχουν το ίδιο ύψος και τη ίδια ακουστότητα. Το υποκειμενικό χαρακτηριστικό με το οποίο διακρίνουμε τις πηγές των ήχων λέγεται **χροιά**.

Από τι όμως εξαρτάται η χροιά;

Αν με τη βοήθεια ενός μικροφώνου απεικονίσουμε στην οθόνη του παλμογράφου τους ήχους που προέρχονται από διαφορετικά όργανα τα οποία παίζουν την ίδια νότα, παρατηρούμε ότι οι μορφές τους είναι διαφορετικές (εικόνα 5.20β). Η χροιά είναι εκείνο το χαρακτηριστικό του ήχου χάρη στο οποίο μπορούμε να αναγνωρίσουμε τους ανθρώπους από τις φωνές τους.



Εικόνα 5.20

Νότες και Φυσική: εικόνες στην οθόνη του παλμογράφου
 (α) Από διαφορετικές νότες που προέρχονται από το ίδιο όργανο. (β) Της ίδιας νότας που προέρχεται από διαφορετικά μουσικά όργανα.

Ερωτήσεις

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

► Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:

Μηχανικά κύματα, κύμα και ενέργεια, χαρακτηριστικά μεγέθη του κύματος

1. Συμπλήρωσε τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:
 - α. Κύματα δημιουργούνται όταν ένα σύστημα από την κατάσταση και μεταφέρεται από μια περιοχή του συστήματος σε μια άλλη. Τα κύματα που μεταφέρουν μηχανική ενέργεια ονομάζονται κύματα. Τα κύματα έχουν δύο βασικά κοινά χαρακτηριστικά: α) Διαδίδονται μέσα στα μέσα και όχι στο β) Μεταφέρουν χωρίς να μεταφέρουν
 - β. Ανάλογα με τον τρόπο των σωματιδίων του μέσου ενός κύματος διακρίνουμε δύο βασικούς τύπους κυμάτων: α) Το κύμα όπου τα του μέσου ταλαντώνονται κάθετα στη του κύματος. Τα κύματα αυτά διαδίδονται μόνο στα σώματα και κατά τη διάδοσή τους σχηματίζονται και β) Το κύμα όπου τα του μέσου ταλαντώνονται παράλληλα στη του κύματος. Τα κύματα αυτά διαδίδονται στα, και σώματα και κατά τη διάδοσή τους σχηματίζονται και
 - γ. Στο εγκάρσιο κύμα το ισούται με την απόσταση δύο διαδοχικών κοιλάδων ή ορέων. Στο διάμηκες κύμα το ισούται με την απόσταση δύο διαδοχικών ή
 - δ. Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος σ' ένα μέσο ισούται με το της επί το Η σχέση αυτή ονομάζεται της Η ταχύτητα δεν εξαρτά-

ται από το του κύματος. Εξαρτάται από τις του μέσου διάδοσης. Στο ίδιο μέσο διάδοσης τα κύματα διαδίδονται με ταχύτητα απ' ό,τι τα διαμήκη.

2. Ένας οικοδόμος κρατάει στο χέρι του μια σιδερένια ράβδο μήκους 3 m. Με ένα σφυρί χτυπάει το ένα άκρο της ράβδου αρχικά σε διεύθυνση κάθετη στη συνέχεια παράλληλη προς τον άξονα της ράβδου. Να αναφέρεις το είδος των κυμάτων που δημιουργούνται στη ράβδο σε κάθε περίπτωση και να περιγράψεις το μηχανισμό διάδοσής τους.
3. Να αντιστοιχίσεις τα παρακάτω είδη των κυμάτων με τον τρόπο κίνησης των σωματιδίων του ελαστικού μέσου.

Είδος κύματος

Εγκάρσιο κύμα

Διάμηκες κύμα

Τρόπος ταλάντωσης

Ταλάντωση παράλληλη προς τη διεύθυνση διάδοσης

Ταλάντωση κάθετη προς τη διεύθυνση διάδοσης

4. Να χαρακτηρίσεις με Σ τις προτάσεις των οποίων το περιεχόμενο είναι επιστημονικά ορθό και με Λ αυτές που το περιεχόμενό τους είναι επιστημονικά λανθασμένο.
 - α. Τα κύματα μεταφέρουν ύλη και ενέργεια.
 - β. Το μήκος κύματος ισούται με την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών ορέων ή κοιλάδων.
 - γ. Η ταχύτητα του κύματος εξαρτάται από το πλάτος του κύματος.
 - δ. Όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος τόσο περισσότερη ενέργεια μεταφέρεται από ένα κύμα.
 - ε. Στο ίδιο μέσο διάδοσης τα εγκάρσια κύματα διαδίδονται με μεγαλύτερη ταχύτητα απ' ό,τι τα διαμήκη.

Ήχος

5. Συμπλήρωσε τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:
 - α. Οι ταλαντώσεις των σωμάτων στον αέρα δημιουργούν κύματα τα οποία ονομάζονται κύματα και είναι Όταν αυτά τα κύματα φθάσουν στο ανθρώπινο αφτί και η συχνότητά τους είναι από 20 Hz και από 20.000 Hz προκαλούν το αίσθημα της και ονομάζονται Αν η συχνότητά τους είναι μικρότερη των 20 Hz ονομάζονται, ενώ μεγαλύτερη των 20.000 Hz ονομάζονται
 - β. Τα ηχητικά κύματα διαδίδονται σε, και δεν διαδίδονται στο
6. Κάπου μακριά μας εκδηλώνεται μια πολύ μεγάλη έκρηξη.

Στις παρακάτω ερωτήσεις να κυκλώσεις το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση. Πρώτα αισθανόμαστε τη δόνηση του εδάφους και μετά ακούμε τον κρότο διότι:

 - α. Ο αέρας απορροφά πολύ μεγάλο μέρος της ενέργειας του κύματος απ' ό,τι απορροφά το έδαφος.
 - β. Τα παραγόμενα κύματα διαδίδονται με πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα στο έδαφος απ' ό,τι στον αέρα.
 - γ. Η συχνότητα των κυμάτων που παράγονται στο έδαφος είναι πολύ μεγαλύτερη από τη συχνότητα των κυμάτων στον αέρα.
 - δ. Τα μόρια του αέρα ταλαντώνονται με πολύ μικρότερο πλάτος απ' ό,τι οι δομικοί λίθοι του εδάφους επειδή οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους είναι πολύ ασθενέστερες.
 - ε. Καμία από τις παραπάνω προτάσεις δεν είναι επιστημονικά έγκυρη.
7. Η σειρήνα ενός περιπολικού που βρίσκεται πολύ κοντά στην ακτή παράγει ήχο συχνότητας 1.200 Hz. Ο ήχος γίνεται αντιληπτός από τη Μαρία που παίζει στην παραλία και το Σάββα που εκείνη τη στιγμή κάνει ένα μακροβούτι. Στις παρακάτω ερωτήσεις να κυκλώσεις το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση. Η συχνότητα του ήχου που αντιλαμβάνεται η Μαρία είναι:
 - α) μικρότερη,
 - β) μεγαλύτερη,
 - γ) ίδια με αυτή που αντιλαμβάνεται ο Σάββας.

► Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις για τις ερωτήσεις που ακολουθούν.

Μηχανικά κύματα, κύμα και ενέργεια, χαρακτηριστικά μεγέθη του κύματος

8. Στο σκοινί που παριστάνεται στην εικόνα 5.2 δημιουργείται ένα κύμα. Να χαρακτηρίσεις το είδος του κύματος αν γνωρίζεις ότι αυτό το κύμα μεταφέρει ενέργεια (έτσι προκαλείται η κίνηση του αμαξιδίου). Από πού προέρχεται αυτή η ενέργεια;
9. Να χαρακτηρίσεις το είδος της κίνησης που εκτελούν τα σωματίδια ενός μέσου στο οποίο διαδίδεται ένα μηχανικό κύμα. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά μεγέθη αυτής της κίνησης, πώς συμβολίζονται και πώς συνδέονται με την περίοδο, τη συχνότητα και το πλάτος του κύματος;
10. Η απόσταση μεταξύ των σημείων Β και Γ του σκοινιού που παριστάνεται στην εικόνα 5.9 είναι 80 cm. Πόση απόσταση διανύει το κύμα που διαδίδεται στο σκοινί σε χρόνο μιας περιόδου;
11. Ένα κύμα διαδίδεται σε κάποιο μέσο. Αν διπλασιαστεί η συχνότητα του κύματος, πώς μεταβάλλεται: α) η περίοδος του κύματος; β) το μήκος του κύματος;
12. Κατά τη διάδοση ενός κύματος τι παριστάνουμε με την ακτίνα; Όταν ένα κύμα προσπίπτει πάνω σ' ένα εμπόδιο η αρχική και η τελική ακτίνα σχηματίζουν με την κάθετη στο εμπόδιο από μια γωνία. Πώς λέγονται αυτές οι γωνίες και με ποια σχέση συνδέονται;
13. Σ' ένα υποθαλάσσιο σεισμό το παραγόμενο σεισμικό κύμα διαδίδεται από το στερεό φλοιό της γης στα νερά του ωκεανού. Από τις παρακάτω προτάσεις να επιλέξεις τη σωστή. Όταν το σεισμικό κύμα διέρχεται από τον πυθμένα στο νερό, τότε μεταβάλλεται: α) μόνο η ταχύτητα διάδοσης, β) μόνο η συχνότητα, γ) μόνο το μήκος κύματος, δ) η ταχύτητα και η συχνότητα, ε) η ταχύτητα και το μήκος κύματος, στ) συχνότητα και το μήκος κύματος, ζ) και τα τρία, η) κανένα από τα παραπάνω.

Ήχος

14. Στο εργαστήριο Φυσικής του σχολείου σας πιθανόν να υπάρχει ένας γυάλινος κώδωνας σαν αυτόν που παριστάνεται στην εικόνα της επόμενης σελίδας. Με τη βοήθεια μιας αντλίας που προσαρμόζεται στη βάση του κώδωνα μπορούμε να αφαιρέσουμε τον αέρα από το εσωτερικό του. Ο καθηγητής της Φυσικής ζητά από τη συμμαθήτριά σας τη Χαρούλα να ρυθμίσει ένα ξυπνητήρι έτσι ώστε να χτυπήσει ύστερα από 15 λεπτά και στη συνέχεια το τοποθετεί στο εσωτερικό του κώδωνα λέγοντάς σας ότι μόλις ακουστεί ο ήχος του θα σας επιτρέψει να βγείτε στο προαύλιο του σχολείου και να παίξετε. Ύστερα από 30 λεπτά κάποιοι από τους συμμαθητές σας διαμαρτύρονται στη Χαρούλα επισημαίνοντάς της ότι έκανε λάθος στη ρύθμιση του ρολογιού επειδή μέχρι εκείνη τη στιγμή δεν ακούστηκε κανένας ήχος. Εκείνη επιμένει ότι η ρύθμιση ήταν σωστή και ζητά από τον καθηγητή να της δώσει το ξυπνητήρι για να το επιβεβαιώσει. Μόλις ο καθηγητής αφαιρεί το κάλυμμα του κώδωνα το ξυπνητήρι ακούγεται να ηχεί. Πώς μπορείτε να εξηγήσετε αυτό που συνέβη;



15. Πώς εξηγείται το γεγονός ότι για να διαδοθεί ο ήχος απαιτείται η ύπαρξη ενός μέσου;
16. Στη θέση Α βρίσκεται ένας ψαράς με τη βάρκα του και στη θέση Β ένας ψαροντουφεκάς. Και οι δυο αντιλαμβάνονται το πλοίο που πλησιάζει από τον ήχο που προέρχεται από τις μηχανές του. Αν γνωρίζεις ότι $AO=OB$ και αφού συμβουλευθείς τον πίνακα 5.1, μπορείς να σκεφθείς ποιος από τους δύο αντελήφθη γρηγορότερα το πλοίο; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.



17. Μια σειρήνα εκπέμπει ήχο. Πώς μεταβάλλεται η ταχύτητα του ήχου όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του αέρα; Πώς επηρεάζονται η συχνότητα και το μήκος κύματος του ήχου της σειρήνας;

18. Στη δεύτερη στήλη του πίνακα 5.4 να γράψεις τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου έτσι ώστε να αντιστοιχούν στα αντικειμενικά χαρακτηριστικά της πρώτης στήλης;

19. Ρυθμίζοντας ένα διακόπτη αυξάνουμε το ύψος του ήχου που παράγει μια σειρήνα. Στις παρακάτω ερωτήσεις να κυκλώσεις το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

i. Η ταχύτητα διάδοσης του ήχου: α) θα αυξηθεί, β) θα μειωθεί, γ) θα παραμείνει ίδια.

ii. Η συχνότητα: α) θα αυξηθεί, β) θα μειωθεί, γ) θα παραμείνει ίδια.

iii. Το μήκος κύματος: α) θα αυξηθεί, β) θα μειωθεί, γ) θα παραμείνει ίδιο.

iv. Το πλάτος του ηχητικού κύματος: α) θα αυξηθεί, β) θα μειωθεί, γ) θα παραμείνει ίδιο.

20. Ένα συγκρότημα ροκ παίζει σε μια στάθμη έντασης 80 dB. Πόσες φορές ισχυρότερο ήχο αντιλαμβάνεται ένας ακροατής όταν η στάθμη έντασης ανέβει: α) στα 90 dB; β) 100 dB;

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4

Αντικειμενικό χαρακτηριστικό	Υποκειμενικό χαρακτηριστικό
α. Συχνότητα	
β. Ένταση	
γ. Κυματομορφή	

Ασκήσεις

ασκήσεις

Μηχανικά κύματα, κύμα και ενέργεια, χαρακτηριστικά μεγέθη του κύματος

1. Η απόσταση των σημείων Β και Γ του σχοινιού που παριστάνεται στην εικόνα 5.9 είναι 80 cm, ενώ η συχνότητα που ταλαντώνεται το χέρι είναι 5 Hz. Να υπολογίσεις την ταχύτητα διάδοσης του κύματος στο σκοινί.
2. Σε μια λεκάνη που περιέχει νερό ρίχνεις στην επιφάνειά του με τη βοήθεια ενός σταγονόμετρου 2 σταγόνες νερού το δευτερόλεπτο οπότε σχηματίζονται κύματα νερού. Μετράς την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών ορέων και την βρίσκεις 10 cm. Να υπολογίσεις την περίοδο και την ταχύτητα των κυμάτων.
3. Ένα παιδί ρίχνει 24 μικρές πετρούλες το λεπτό στα ήρεμα νερά μιας λίμνης. Παρατηρεί μια μπάλα που βρίσκεται σε απόσταση 20 m από το σημείο που ρίχνει τις πετρούλες την οποία βλέπει να κινείται ύστερα από 10 s από τη στιγμή που η πρώτη πέτρα έπεσε στο νερό. Να υπολογίσεις την περίοδο και το μήκος κύματος των κυμάτων που δημιουργούνται στην επιφάνεια της λίμνης.
4. Σε μια σεισμική δόνηση παράχθηκαν εγκάρσια κύματα που διαδίδονται με ταχύτητα 5 km/s και διαμήκη κύματα που διαδίδονται με ταχύτητα 9 km/s. Ένας σειсмоγράφος βρίσκεται σε απόσταση 400 km από την εστία του σεισμού. Ποιο είδος κυμάτων καταγράφηκε πρώτο από το σειсмоγράφο; Με πόση χρονική καθυστέρηση καταγράφηκε το δεύτερο κύμα;
5. Ένας ψαράς παρατηρεί μια σηματοδούρα να αναδύεται και να βυθίζεται στο νερό εξαιτίας των κυμάτων που προκαλούνται από τη διέλευση ταχύπλου σκάφους. Αν η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων στο νερό είναι 2,5 m/s και το μήκος κύματος 7,5 m, πόσες φορές θα παρατηρήσει ο ψαράς τη σηματοδούρα να αναδύεται σε χρόνο 1 min;

Ήχος

6. Ο Γιάννης ακούει τον ήχο μιας βροντής μετά από 10 s αφού βλέπει την αστραπή. Αν γνωρίζεις ότι ο ήχος στον αέρα διαδίδεται με ταχύτητα 340 m/s, μπορείς να υπολογίσεις σε ποια απόσταση από το σημείο που βρίσκεται ο Γιάννης εκδηλώθηκε η ηλεκτρική εκκένωση;
7. Υπέρηχοι με συχνότητα 15 kHz μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή εικόνων των οργάνων του ανθρώπινου σώματος. Αν η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στο σώμα μας είναι 1,5 km/s περίπου (όσο και στο αλατόνερο), πόσο είναι το μήκος κύματος των υπερήχων στο σώμα μας;

8. Γνωρίζεις ότι η καμπάνα της εκκλησίας που βρίσκεται στην πλατεία του χωριού σου χτυπά κάθε Κυριακή ακριβώς στις 8 η ώρα το πρωί. Το σπίτι του φίλου σου βρίσκεται στην πλατεία, ενώ το δικό σου απέχει 1.020 m από αυτή. Εσύ και ο φίλος σου θα ακούσετε τον ήχο της καμπάνας ταυτόχρονα; α) Συμβουλευέσου τον πίνακα 5.1 και υπολόγισε ποια ώρα ακριβώς θα ακούσεις τον ήχο της καμπάνας. β) Υπολόγισε το μήκος κύματος του ήχου αν γνωρίζεις ότι η συχνότητά του είναι 200 Hz.
9. Ένας ορειβάτης θέλει να υπολογίσει το πλάτος μιας χαράδρας με κατακόρυφα τοιχώματα αλλά δεν διαθέτει μετροταινία. Στέκεται σε ένα σημείο και φωνάζει προς τα κατακόρυφα τοιχώματα. Η ηχώ από το ένα τοίχωμα ακούγεται 2 s αφότου φώναξε και από το δεύτερο ακούγεται 2 s μετά την πρώτη ηχώ. Αν γνωρίζεις ότι η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι 340 m/s, πόσο είναι το πλάτος της χαράδρας;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- ❑ Κύμα δημιουργείται όταν ένα μέσο διαταράσσεται από την ισορροπία και ενέργεια διαδίδεται από μια περιοχή του μέσου σε άλλη, χωρίς να μεταφέρεται ύλη.
- ❑ Μηχανικά κύματα ονομάζονται τα κύματα που μεταφέρουν μηχανική ενέργεια και απαιτούν κάποιο μέσο για τη διάδοσή τους, όπως αέρας, νερό, σκονί, ελατήριο.
- ❑ Ανάλογα με τον τρόπο κίνησης των σωματιδίων του μέσου τα κύματα διακρίνονται σε εγκάρσια και διαμήκη. Στα εγκάρσια τα σωματίδια ταλαντώνονται κάθετα προς τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος, ενώ στα διαμήκη παράλληλα σε αυτή.
- ❑ Η ενέργεια που μεταφέρεται από το κύμα προσφέρεται από την πηγή του κύματος.
- ❑ Περίοδος (T) και συχνότητα (f) ενός μηχανικού κύματος ονομάζεται η περίοδος και η συχνότητα των ταλαντώσεων των σωματιδίων του μέσου στο οποίο διαδίδεται το κύμα: $f = \frac{1}{T}$.
- ❑ Η ταχύτητα διάδοσης ενός κύματος ισούται με το γινόμενο του μήκους κύματος επί τη συχνότητα.
- ❑ Τα διαμήκη μηχανικά κύματα που παράγονται στον αέρα από τις δονήσεις των σωμάτων ονομάζονται ηχητικά και διαδίδονται σε όλα τα μέσα: στερεά, υγρά, αέρια. Δεν διαδίδονται στο κενό.
- ❑ Τα ηχητικά κύματα που έχουν συχνότητα 20 Hz έως 20.000 Hz προκαλούν το αίσθημα της ακοής όταν φθάσουν στο αφτί μας και ονομάζονται ήχοι. Ηχητικά κύματα με συχνότητα μικρότερη των 20 Hz ονομάζονται υπόηχοι, ενώ με μεγαλύτερη των 20.000 Hz υπέρηχοι.
- ❑ Τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου είναι το ύψος που καθορίζεται από τη συχνότητα. Η ακουστότητα που καθορίζεται από την ενέργεια που φθάνει στο αφτί μας στη μονάδα του χρόνου. Η χροιά που καθορίζεται από τη μορφή της κυματομορφής του ήχου.

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

Μηχανικό κύμα	Ακουστότητα	Ύψος
Εγκάρσιο κύμα	Διάμηκες κύμα	Πλάτος
Περίοδος	Συχνότητα	Χροιά
Μήκος κύματος	Επιφανειακό κύμα	