

## ΕΝΟΤΗΤΑ 5 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

### 5.1 Μηχανικά κύματα

#### 1. Τι ονομάζεται κύμα και τι μηχανικό κύμα;

Γενικά κύμα θα μπορούσε να ειπωθεί ότι είναι η διάδοση μιας διαταραχής που προκλήθηκε με κάποιο τρόπο.

Η πιο σημαντική κατηγορία κυμάτων είναι τα μηχανικά κύματα. Για να διαδοθούν τα μηχανικά κύματα, απαιτείται ένα μέσο διάδοσης. Παραδείγματα μηχανικών κυμάτων είναι η διάδοση μιας διαταραχής που προκαλούμε με το χέρι μας σε ένα σχοινί, τα κύματα που δημιουργούνται στο νερό, η διαταραχή που προκαλείται από την κίνηση των πετρωμάτων στο εσωτερικό της Γης.

#### 2. Ποια βασικά χαρακτηριστικά έχουν τα μηχανικά κύματα;

Τα βασικά χαρακτηριστικά των μηχανικών κυμάτων είναι τα εξής:

α) Για τη διάδοση τους απαιτείται κάποιο μέσο διάδοσης.

β) Κατά τη διάδοση τους μεταφέρουν ενέργεια.

Ένα μηχανικό κύμα μπορεί να μεταφέρει τη μηχανική ενέργεια από μέρος του μέσου σε ένα άλλο.

Έτσι το κύμα που διαδίδεται στο σχοινί έχει ως μέσο διάδοσης το ίδιο το σχοινί, τα σεισμικά κύματα έχουν ως μέσο διάδοσης τα πετρώματα της Γης.

Η μεταφορά ενέργειας σε ένα μέσο διάδοσης γίνεται από κάθε σωματίδιο του μέσου στο γειτονικό του.

#### 3. Με ποιο κριτήριο διακρίνουμε τα μηχανικά κύματα; Ποια είδη γνωρίζετε;

Τα μηχανικά κύματα διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο που κινούνται τα σωματίδια του μέσου διάδοσης.

Έτσι αν τα σωματίδια του μέσου κινούνται κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος, τα κύματα ονομάζονται εγκάρσια, ενώ αν τα σωματίδια του μέσου διάδοσης κινούνται παράλληλα με τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος, τα κύματα ονομάζονται διαμήκη.

#### 4. Εγκάρσια-Διαμήκη κύματα. Ομοιότητες και διαφορές. Αναφέρετε παραδείγματα σε κάθε περίπτωση.

Η κύρια διαφορά των εγκάρσιων από τα διαμήκη κύματα είναι η κίνηση των σωματιδίων του μέσου, που διαφέρει στα δύο είδη κυμάτων. Άλλες σημαντικές διαφορές που κάνουν τα δύο κύματα να ξεχωρίζουν.

α. Τα εγκάρσια κύματα διαδίδονται μόνο στα στερεά ενώ τα διαμήκη στα στερεά στα υγρά και στα αέρια.

β. Στα εγκάρσια κύματα κατά τη διάδοση τους δημιουργούνται «όρη» και «κοιλιάδες», ενώ στα διαμήκη δημιουργούνται «πυκνώματα» και «αραιώματα».

Παράδειγμα εγκάρσιων κυμάτων είναι η διαταραχή που μεταφέρεται μέσω ενός σχοινού στην οποία ενώ το κύμα διαδίδεται κατά μήκος του σχοινού η κίνηση των σωματιδίων είναι πάνω ή κάτω και δεξιά ή αριστερά. Ένα παράδειγμα εγκάρσιου κύματος φαίνεται στη διπλανή εικόνα.

Παράδειγμα διαμηκών κυμάτων είναι τα ηχητικά κύματα ή ακόμη και τα κύματα που διαδίδονται μέσω ενός ελατηρίου, όπου παρατηρούμε πυκνώματα και αραιώματα του ελατηρίου.

#### 5. Τι είδους κύμα είναι το επιφανειακό κύμα;

Το επιφανειακό κύμα είναι το κύμα που διαδίδεται στην επιφάνεια ενός υγρού στο οποίο τα σωματίδια του μέσου διάδοσης ταλαντώνονται και κάθετα και παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης του μέσου.

Αυτό σημαίνει ότι το επιφανειακό κύμα είναι ένα μείγμα εγκάρσιων και διαμηκών κυμάτων και η τελική εικόνα του κύματος αυτού είναι να σχηματίζονται κυκλικές τροχιές.

### 5.2 Κύμα και ενέργεια

#### 1. Πώς παράγεται ένα κύμα; Πώς εξηγείται η μεταφορά ενέργειας;

Κάθε κύμα παράγεται από μια πηγή. Η πηγή αυτή θα πρέπει να εκτελεί ταλάντωση έτσι ώστε να δημιουργεί μια διαταραχή που θα μεταδοθεί μέσω του κύματος. Για να θέσουμε μια πηγή σε ταλάντωση πρέπει να του προσφέρουμε κάποια ενέργεια. Αυτή η ενέργεια μεταφέρεται από την πηγή στο κύμα και έπειτα διαδίδεται μέσω του κύματος.

Το μέσο στο οποίο γίνεται η διάδοση του κύματος αποτελείται από μικροσκοπικά μόρια ή σωματίδια όπως θα τα αναφέρουμε. Αυτά είναι υπεύθυνα για τη μεταφορά της ενέργειας στα κύματα. Τα σωματίδια του μέσου διάδοσης εκτελούν ταλαντώσεις ίδιες με αυτές της πηγής αποκτώντας ενέργεια από το προηγούμενο τους σωματίδιο. Έτσι τη μεταδίδουν στο αμέσως γειτονικό τους και με αυτή τη διαδικασία συνεχίζεται η διάδοση.

## 2. Εξηγήστε τι νομίζετε ότι θα συνέβαινε αν τα κύματα μετέφεραν ύλη.

Αν τα κύματα εκτός από ενέργεια μετέφεραν και ύλη, τότε η ενέργεια που θα μετέφεραν συνεχώς θα αυξανόταν (επειδή το κάθε σωματίδιο έχει ενέργεια), με αποτέλεσμα στο τέλος της διάδοσης να παρατηρούνται τεράστιας διάστασης κύματα. Κάτι τέτοιο δε θα μπορούσε να συμβεί γιατί δε θα μπορούσε να επιζήσει ζωντανός οργανισμός.

### 5.3 Χαρακτηριστικά μεγέθη του κύματος

#### 1. Αναφέρετε τα χαρακτηριστικά μεγέθη των μηχανικών κυμάτων.

Τα χαρακτηριστικά φυσικά μεγέθη των κυμάτων είναι: α) η συχνότητα, β) η περίοδος, γ) το πλάτος ταλάντωσης των σωματιδίων, δ) η ταχύτητα, ε) το μήκος κύματος του κύματος.

Η συχνότητα και η περίοδος του κύματος είναι ίδιες με τη συχνότητα και την περίοδο των σωματιδίων του μέσου που μεταφέρουν το κύμα.

Όπως αναφέρθηκε, τα σωματίδια εκτελούν ταλαντώσεις με όλα τα χαρακτηριστικά που είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Έχουν δηλαδή συχνότητα  $f$ , περίοδο  $T$  και πλάτος  $A$  ταλάντωσης.

#### 2. Εξηγήστε συνοπτικά τι γνωρίζετε για το μήκος κύματος.

Μήκος κύματος είναι η απόσταση που διανύει ένα κύμα στο χρονικό διάστημα μιας περιόδου. Με άλλα λόγια είναι η μικρότερη απόσταση μεταξύ δύο σημείων με την ίδια απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας και την ίδια κατεύθυνση κίνησης.

#### 3. Ποια διαφορά παρουσιάζουν τα εγκάρσια και τα διαμήκη κύματα όσον αφορά τη μορφή των κυμάτων που διαδίδονται;

Παρατηρώντας τις κυματομορφές των εγκάρσιων και διαμηκών κυμάτων παρατηρούμε δύο σημαντικές διαφορές. Στα εγκάρσια σχηματίζονται όρη και κοιλάδες, ενώ στα διαμήκη κύματα σχηματίζονται πυκνώματα και αραιώματα. Το μήκος κύματος στα εγκάρσια κύματα είναι η απόσταση δύο διαδοχικών ορέων.

Στα διαμήκη υπάρχουν περιοχές αυξημένης πίεσης (πυκνώματα) και περιοχές χαμηλής πίεσης (αραιώματα). Το μήκος κύματος στα διαμήκη κύματα ισούται με την απόσταση δύο διαδοχικών πυκνωμάτων ή αραιωμάτων.

#### 4. Τι ονομάζεται πλάτος του κύματος; Με τι σχετίζεται;

Το πλάτος του κύματος ισούται με το πλάτος ταλάντωσης των σωματιδίων του μέσου διάδοσης του κύματος. Το πλάτος ενός κύματος σχετίζεται άμεσα με το ποσό της ενέργειας που μεταφέρει ένα κύμα.

Όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσό της ενέργειας που μεταφέρει το κύμα.

Έτσι κατανοούμε εύκολα ότι κύματα με μεγάλα πλάτη μεταφέρουν μεγάλα ποσά ενέργειας. Τα παλιρροϊκά κύματα, για παράδειγμα, είναι κύματα με ενέργεια ικανή να προκαλέσει μεγάλες καταστροφές.

#### 5. Αποδείξτε το θεμελιώδη νόμο της κυματικής. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η ταχύτητα διάδοσης του κύματος;

Επειδή το κύμα διαδίδεται με σταθερή ταχύτητα  $υ$ , η σχέση που μας δίνει την ταχύτητα αυτή είναι:

$$υ = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

όπου  $\Delta x$  είναι η απόσταση που διανύει το κύμα σε χρονικό διάστημα  $\Delta x$ . Είναι γνωστό ότι σε χρόνο μιας περιόδου  $T$  το κύμα διαδίδεται κατά ένα μήκος κύματος  $\lambda$ . Έτσι, η παραπάνω σχέση γράφεται και

$$υ = \frac{\lambda}{T}$$

Επειδή η περίοδος  $T$  συνδέεται με τη συχνότητα  $f$  με τη σχέση  $T = \frac{1}{f}$

καταλήγουμε στη σχέση:  $υ = \lambda \cdot f$  που είναι η **θεμελιώδης εξίσωση (νόμος) της κυματικής**. Σύμφωνα με αυτόν:

Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος σε ένα μέσο ισούται με το γινόμενο της συχνότητας του επί το μήκος κύματος.

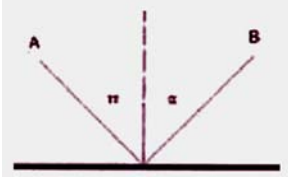
Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος σε ένα μέσο εξαρτάται από τις ιδιότητες του μέσου στο οποίο γίνεται η διάδοση.

Στο ίδιο μέσο διάδοσης τα διαμήκη κύματα διαδίδονται ταχύτερα από τα εγκάρσια.

## 6. Περιγράψτε με λίγα λόγια το νόμο της ανάκλασης.

Αν ένα κύμα κατευθύνεται προς μια επιφάνεια με τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος να μην είναι κάθετη στην επιφάνεια, τότε η ακτίνα θα υποστεί ανάκλαση, δηλαδή θα πέσει πάνω στην επιφάνεια και θα επιστρέψει.

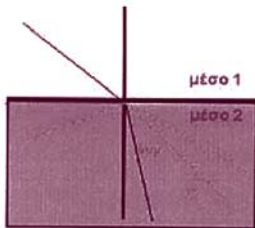
Σχηματικά το φαινόμενο της ανάκλασης παριστάνεται στο διπλανό σχήμα. Το κύριο χαρακτηριστικό του φαινομένου της ανάκλασης είναι ότι η γωνία που σχηματίζει η ακτίνα με την κάθετη στην επιφάνεια -που θα την ονομάζουμε γωνία πρόσπτωσης  $\pi$ - ισούται με τη γωνία την οποία σχηματίζει η ακτίνα με την κάθετη στην επιφάνεια όταν φεύγει από την επιφάνεια που ονομάζεται γωνία ανάκλασης  $\alpha$ .



## 7. Ποιο φαινόμενο ονομάζεται διάθλαση των κυμάτων;

Διάθλαση των κυμάτων είναι το φαινόμενο στο οποίο η ακτίνα αλλάζει την ευθύγραμμη πορεία διάδοσης της όταν συναντάει στην πορεία της ένα διαφορετικό μέσο από το οποίο κινείται μέχρι εκείνη τη στιγμή. Έτσι, μπορούμε να πούμε ότι διάθλαση είναι το φαινόμενο της μεταβολής της διεύθυνσης των κυμάτων στη διαχωριστική επιφάνεια δύο μέσων.

Η τελική διεύθυνση της ακτίνας έχει διαφορετική διεύθυνση όταν περάσει από κάποιο άλλο μέσο διάδοσης. Διαχωριστική επιφάνεια είναι το σύνορο των δύο μέσων.



## 5.4 Ήχος

### 1. Πώς παράγονται τα ηχητικά κύματα;

Μάθαμε ότι τα μηχανικά κύματα διαδίδονται μέσω των σωματιδίων του μέσου διάδοσης όταν αυτά μεταφέρουν την ενέργεια στο διπλανό τους σωματίδιο. Στα ηχητικά κύματα το μέσο διάδοσης είναι ο αέρας. Έτσι τα σωματίδια (μόρια) του αέρα εκτελούν ταλαντώσεις και με τον τρόπο αυτό δημιουργούν τα ηχητικά κύματα.

Επειδή τα μόρια του αέρα εκτελούν ταλαντώσεις παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης των ηχητικών κυμάτων, συμπεραίνουμε ότι τα ηχητικά κύματα είναι διαμήκη κύματα.

### 2. Ποιο είναι το εύρος των συχνοτήτων των κυμάτων που φτάνουν στο ανθρώπινο αυτί;

Είναι γνωστό ότι τα κύματα έχουν κάποιες συχνότητες. Όταν η συχνότητα των ηχητικών κυμάτων πάρει τιμές από 20 Hz μέχρι 20.000 Hz, τότε μπορούν να γίνουν αντιληπτές από το ανθρώπινο αυτί. Στην περίπτωση αυτή τα ηχητικά κύματα ονομάζονται απλώς ήχος.

Αν η συχνότητα των ηχητικών κυμάτων είναι μικρότερη των 20 Hz, τότε τα ηχητικά κύματα ονομάζονται απόηχοι, ενώ αν η συχνότητα ξεπεράσει τα 20.000 Hz, τα ηχητικά κύματα ονομάζονται υπέρηχοι.

Πολλά ζώα επικοινωνούν σε συχνότητες πολύ μεγαλύτερες από αυτές που μπορεί να αντιληφθεί το ανθρώπινο αυτί.

### 3. Αναφέρετε τα χαρακτηριστικά των ηχητικών κυμάτων.

Τα χαρακτηριστικά των ηχητικών κυμάτων είναι ίδια με εκείνα των απλών κυμάτων. Δηλαδή,

α) συχνότητα  $f$ , β) περίοδος  $T$ , γ) πλάτος  $A$ , δ) ταχύτητα διάδοσης  $u$  και ε) μήκος κύματος  $\lambda$ .

Το μήκος κύματος ενός ηχητικού κύματος είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πυκνωμάτων ή δύο διαδοχικών αραιωμάτων.

Η ταχύτητα διάδοσης των ηχητικών κυμάτων στον αέρα έχει υπολογιστεί και είναι  $u=340$  m/s.

#### **4. Σε ποια μέσα διαδίδονται τα ηχητικά κύματα; Συγκρίνετε την ευκολία με την οποία διαδίδονται στα διάφορα είδη των μέσων.**

Τα ηχητικά κύματα διαδίδονται σε όλα τα μέσα, δηλαδή στερεά, υγρά και αέρια. Δε διαδίδονται στο κενό λόγω της έλλειψης μορίων του αέρα. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια δεν μπορεί να μεταφερθεί στο κενό. Η ταχύτητα διάδοσης των ηχητικών κυμάτων είναι μεγαλύτερη στα στερεά σώματα απ' ό,τι στα υγρά και στα αέρια. Στα υγρά επίσης η ταχύτητα διάδοσης είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι στα αέρια.

### **5.5 Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου**

#### **1. Ποια χαρακτηριστικά του ήχου ονομάζονται υποκειμενικά και ποια είναι αυτά;**

Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου είναι εκείνα που συνδέονται με τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε τον ήχο.

Τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου είναι:

- α) Το ύψος.
- β) Η ακουστότητα.
- γ) Η χροιά.

#### **2. Πώς καθορίζονται το ύψος, η ακουστότητα και η χροιά;**

Με το ύψος διακρίνουμε έναν οξύ ή ψηλό ήχο από ένα βαρύ ή χαμηλό ήχο.

Το ύψος καθορίζεται από τη συχνότητα του ηχητικού κύματος. Για μεγαλύτερες συχνότητες έχουμε ψηλότερο ήχο.

Η ακουστότητα του ήχου είναι το χαρακτηριστικό με το οποίο ξεχωρίζουμε τους ισχυρούς και λιγότερο ισχυρούς ή ασθενείς ήχους.

Η ακουστότητα καθορίζεται από την ένταση του ηχητικού κύματος δηλαδή από την ηχητική ενέργεια που φτάνει στο αυτί μας κάθε δευτερόλεπτο.

Η χροιά μάς επιτρέπει να ξεχωρίσουμε δύο ήχους που προέρχονται από δύο διαφορετικά όργανα, ακόμη και αν οι ήχοι έχουν το ίδιο ύψος και την ίδια ακουστότητα.

Η χροιά καθορίζεται από την κυματομορφή του ηχητικού κύματος.

#### **3. Κλίμακα ντεσιμπέλ. Σε τι μας χρησιμεύει; Τι μετράει;**

Η κλίμακα Ντεσιμπέλ (decibel dB) είναι χρήσιμη για τη μέτρηση της στάθμης του ήχου, η οποία βασίζεται στο πλάτος του κύματος.

Το μηδέν της κλίμακας αυτής αντιστοιχεί σε ήχο που μόλις ακούγεται, ενώ ο ήχος από ένα αεροπλάνο που φτάνει τα 120 dB προκαλεί πόνο στο αυτί του ανθρώπου.

Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι αύξηση κατά 10 dB αντιστοιχεί σε ήχο έντασης 10 φορές μεγαλύτερης ενώ αύξηση κατά 20 dB αντιστοιχεί σε ένταση 100 φορές μεγαλύτερη.