

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ  
ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ**

**Νικ. Αντωνίου, Παν. Δημητριάδης  
Κωνσταντίνος Καμπούρης  
Κωνσταντίνος Παπαμιχάλης  
Λαμπρινή Παπατσίμπα**





**ΦΥΣΙΚΗ**  
**Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ**  
**4ος τόμος**

**Γ' Κ.Π.Σ. / ΕΠΕΑΕΚ II / Ενέργεια 2.2.1 /  
Κατηγορία Πράξεων 2.2.1.α:**

**«Αναμόρφωση των προγραμμάτων  
σπουδών και συγγραφή νέων  
εκπαιδευτικών πακέτων»**

**ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ**

**Δημήτριος Γ. Βλάχος**

**Ομότιμος Καθηγητής του Α.Π.Θ**

***Πρόεδρος του Παιδαγωγ. Ινστιτούτου***

**Πράξη με τίτλο: «Συγγραφή νέων  
βιβλίων και παραγωγή υποστηρικτικού  
εκπαιδευτικού υλικού με βάση το  
ΔΕΠΠΣ και τα ΑΠΣ για το Γυμνάσιο»**

**Επιστημονικός Υπεύθυνος Έργου**

**Αντώνιος Σ. Μπομπέτσης**

***Σύμβουλος του Παιδαγωγ. Ινστιτούτου***

**Αναπληρωτής Επιστημ. Υπεύθ. Έργου**

**Γεώργιος Κ. Παληός**

***Σύμβουλος του Παιδαγωγ. Ινστιτούτου***

**Ιγνάτιος Ε. Χατζηευστρατίου**

***Μόνιμος Πάρεδρος του Παιδαγ. Ινστιτ.***

**Έργο συγχρηματοδοτούμενο 75% από  
το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο και  
25% από εθνικούς πόρους.**

## ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

Νικόλαος Αντωνίου, Καθηγητής  
Πανεπιστημίου Αθηνών  
Παναγιώτης Δημητριάδης, Φυσικός  
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης  
Κων/νος Καμπούρης, Φυσικός  
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης  
Κων/νος Παπαμιχάλης, Φυσικός  
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης  
Λαμπρινή Παπασιμπα, Φυσικός  
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης

## ΚΡΙΤΕΣ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΕΣ

Κωνσταντίνος Κρίκος, Σχολικός  
Σύμβουλος  
Πέτρος Περσεφόνης, Αναπληρωτής  
Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών  
(Τμήμα Φυσικής)  
Γεώργιος Τουντουλίδης, Φυσικός,  
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης

**ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ**

**Θεόφιλος Χατζητσομπάνης,  
*Μηχανικός ΕΜΠ, Εκπαιδευτικός***

**ΦΙΛΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ**

**Βασιλική Αναστασοπούλου,  
*Φιλολόγος***

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ**

**ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΠΟΕΡΓΟΥ**

**ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΓΓΡΑΦΗ**

**Γεώργιος Κ. Παληός,  
*Σύμβουλος του Π.Ι.***

**ΕΞΩΦΥΛΛΟ**

**Καραβούζης Σαράντης, Ζωγράφος**

**ΠΡΟΕΚΤΥΠΩΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ**

**ΑΦΟΙ Ν. ΠΑΠΠΑ & ΣΙΑ Α.Ε.Β.Ε.,  
*Ανώνυμος Εκδοτ. & Εκτυπ. Εταιρεία***

**ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΓΙΑ  
ΜΑΘΗΤΕΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΟΡΑΣΗ**

***Ομάδα Εργασίας  
Αποφ. 16158/6-11-06 και  
75142/Γ6/11-7-07 ΥΠΕΠΘ***

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ  
ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ**

**Νικόλαος Αντωνίου  
Παναγιώτης Δημητριάδης  
Κωνσταντίνος Καμπούρης  
Κωνσταντίνος Παπαμιχάλης  
Λαμπρινή Παπατσιμπα**

**ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ:**

**Ελληνικά Γράμματα**

**ΦΥΣΙΚΗ**

**Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ**

**Τόμος 4ος**



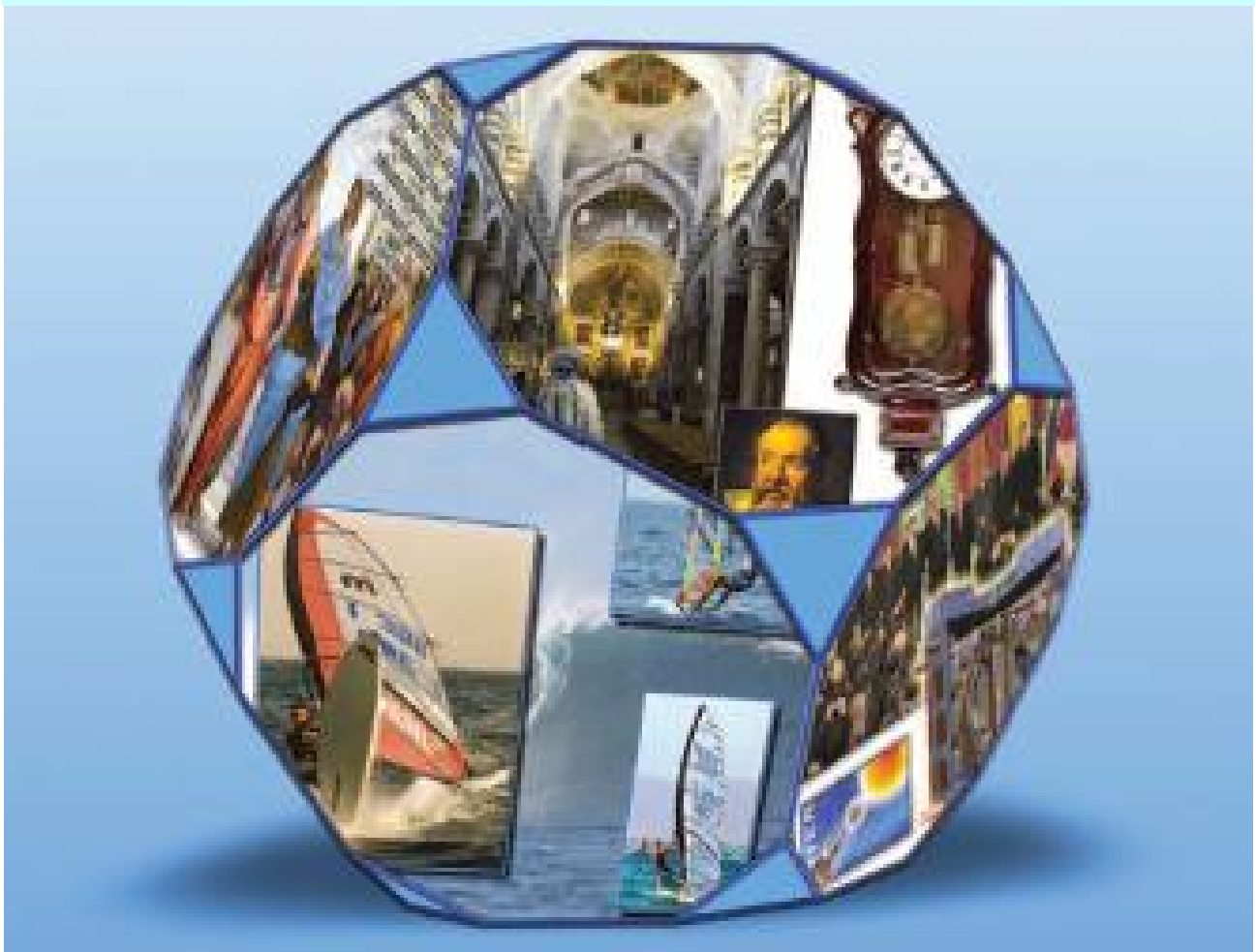


# ΕΝΟΤΗΤΑ 2

## ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

Κεφάλαιο 4 : Ταλαντώσεις

Κεφάλαιο 5 : Μηχανικά κύματα



Ο άνθρωπος από αρχαιοτάτων χρόνων παρατήρησε στο φυσικό του περιβάλλον κινήσεις που επαναλαμβάνονται σε ίσα χρονικά δια-

στήματα και τις χρησιμοποίησε για να μετρήσει το χρόνο. Παρατήρησε τον κυματισμό της θάλασσας ή των λιμνών και τον εκμεταλλεύτηκε για να κινείται γρήγορα στο νερό. Στην ενότητα αυτή θα μελετήσουμε τις ταλαντώσεις και θα εισάγουμε τα βασικά μεγέθη για την περιγραφή τους: περίοδο, συχνότητα και πλάτος.

Θα μάθουμε να περιγράφουμε τις ενεργειακές μετατροπές που συμβαίνουν σε μια ταλάντωση. Θα γνωρίσουμε ότι τα κύματα μεταφέρουν ενέργεια και θα εισάγουμε τα βασικά μεγέθη που τα περιγράφουν καθώς και τις σχέσεις που τα συνδέουν. Τέλος θα δούμε ότι ο ήχος είναι μηχανικό κύμα και θα εξοικειωθούμε με τα χαρακτηριστικά του.

## μια μικρή ιστορία...

Μια Κυριακή του 1581 ο 17χρονος Γαλιλαίος πήγε στον καθεδρικό ναό της Πίζας για να παρακολουθήσει τη θεία λειτουργία. Όμως η προσοχή του αποσπάστηκε από την κίνηση ενός πολυελαίου ο οποίος σπρωγμένος από τα ρεύματα του αέρα πηγαινοερχόταν διανύοντας άλλοτε μεγαλύτερο και άλλοτε μικρότερο τόξο. Ο Γαλιλαίος χρονομετρώντας με το σφυγμό του, παρατήρησε ότι απαιτούνταν πάντα το ίδιο χρονικό διάστημα για την κίνηση του πολυελαίου από το ένα άκρο του τόξου στο άλλο. Αναρωτήθηκε ποιοι νόμοι διέπουν την κίνηση του πολυελαίου. Οι παρατηρήσεις του τον οδήγησαν στη μελέτη της κίνησης του

**εκκρεμούς. Περίπου εβδομήντα χρόνια αργότερα το εκκρεμές χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή επιβλητικά μεγάλων ρολογιών - επίπλων. Αυτά ήταν τα πρώτα ρολόγια ακριβείας που εφευρέθηκαν. Τι είδους κίνηση εκτελούσε ο πολυέλαιος που παρατήρησε ο Γαλιλαίος;**



**Στο κεφάλαιο αυτό:**

- Θα μελετήσεις κινήσεις σαν αυτές του εκκρεμούς: τις ταλαντώσεις.
- Θα μάθεις να περιγράφεις τις ταλαντώσεις στη γλώσσα της φυσικής και να διατυπώνεις τους νόμους που τις χαρακτηρίζουν.
- Θα γνωρίσεις τις ενεργειακές μετατροπές που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια μιας ταλάντωσης.

## ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

### ΠΕΡΙΟΔΙΚΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ

Όταν ήσουν μικρός πολλές φορές θα είχες ανέβει στην κούνια ή θα παρατήρησες άλλα παιδιά να παίζουν με αυτή. Η κούνια ξεκινά από ψηλά, κατεβαίνει, ανεβαίνει πάλι ψηλά, κατεβαίνει χαμηλά και επιστρέφει πάλι ψηλά στη θέση απ' όπου ξεκίνησε και συνεχίζει την κίνησή της ακριβώς με τον ίδιο τρόπο. Το γιο-γιο είναι ένα δημοφιλές παιχνίδι, διαδεδομένο σε πολλές χώρες του κόσμου (πιθανόν να έχεις παίξει πολλές φορές με αυτό). Κρατάς το σπάγκο από την ελεύθερη άκρη και αφήνεις το δίσκο να κινηθεί. Ο σπάγκος τυλίγεται και ξετυλίγεται γύρω από την αύλακα

**πολλές φορές με τον ίδιο ακριβώς τρόπο (εικόνα 4.1).**

### **Εικόνα 4.1**

**Ο δίσκος του γιο-γιο κινείται μεταξύ δύο ακραίων θέσεων.**



**Η κίνηση της κούνιας ή του γιο-γιο είναι παραδείγματα περιοδικών κινήσεων, δηλαδή κινήσεων που επαναλαμβάνονται σε ίσα χρονικά διαστήματα.**

**Περιοδική κίνηση είναι και η ομαλή κυκλική κίνηση, καθώς και η κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο που επαναλαμβάνεται κάθε έτος. Ο μυς της καρδιάς επίσης εκτελεί περιοδική κίνηση, όπως δείχνει και το**

ηλεκτροκαρδιογράφημα (εικόνα 4.2).

## Εικόνα 4.2

Η περιοδική κίνηση του καρδιακού μυός καταγράφεται με τη βοήθεια κατάλληλης συσκευής, του ηλεκτροκαρδιογράφου.



### 4.1 Ταλαντώσεις

*Είναι όμως όλες οι περιοδικές κινήσεις όμοιες; Ποιες είναι οι πιο χαρακτηριστικές διαφορές της περιοδικής κίνησης του γιο-γιο και της περιφοράς της Γης γύρω από τον Ήλιο;*

Η τροχιά της Γης είναι κλειστή, σχεδόν κυκλική. Δεν έχει ακραία σημεία. Αντίθετα το γιο-γιο κινείται μεταξύ δύο ακραίων θέσεων. Η τρο-



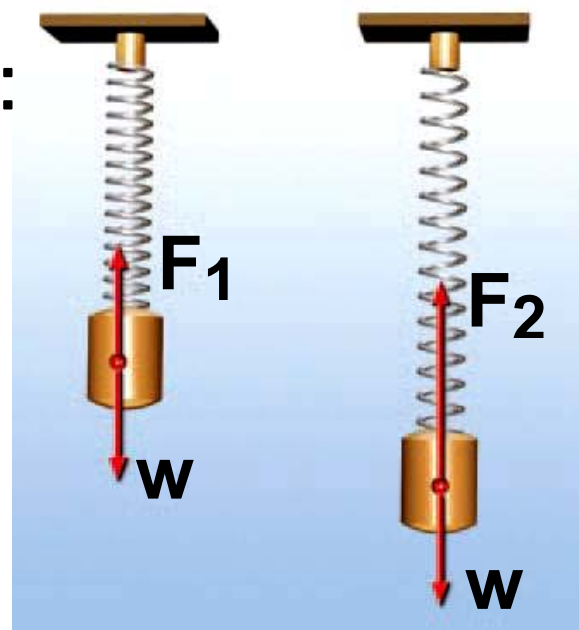
χιά του δεν είναι μια κλειστή γραμμή όπως ο κύκλος. Τέτοιου είδους περιοδικές κινήσεις ανάμεσα σε δύο ακραία σημεία της τροχιάς ονομάζονται **ταλαντώσεις**.

### Εικόνα 4.3

(α) Θέση ισορροπίας:

Η δύναμη  $F_1$ , είναι ίση με το βάρος  $W$ .

(β) Τυχαία θέση: Η δύναμη  $F_2$  είναι μεγαλύτερη από το βάρος  $W$ .



Ταλάντωση μπορεί να εκτελέσει μια κούνια, η ράβδος σ' ένα παλιό ρολόι τοίχου, η χορδή μιας κιθάρας, ένα σώμα συνδεδεμένο με ελατήριο, η στήλη του αέρα μέσα στη φλογέρα, το έμβολο μιας μηχανής

αυτοκινήτου, αλλά και ένας κρύσταλλος χαλαζία σ' ένα μοντέρνο ρολόι χεριού.

*Ποιες είναι οι προϋποθέσεις ώστε ένα σώμα να κάνει ταλάντωση;*

### **Εικόνα 4.4**

Τα ηλεκτρόνια στην κεραία ενός ραδιοφωνικού σταθμού εκτελούν ταλαντώσεις.



Όπως φαίνεται στην εικόνα 4.3 το σώμα που είναι δεμένο στην άκρη του ελατηρίου ταλαντώνεται. Η κίνησή του είναι μεταβαλλόμενη. Στο σώμα ασκείται το βάρος του και η δύναμη του ελατηρίου. Η δύναμη που ασκεί το ελατήριο κατά τη διάρκεια της κίνησης μεταβάλλεται

συνεχώς, ενώ το βάρος παραμένει σταθερό. Έτσι κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης η συνισταμένη δύναμη μεταβάλλεται. Κατά την κίνησή του, ωστόσο, το σώμα περνά από μια θέση στην οποία η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σ' αυτό μηδενίζεται. Η θέση αυτή ονομάζεται θέση ισορροπίας του σώματος. Κάθε ταλάντωση πραγματοποιείται γύρω από τη θέση ισορροπίας του ταλαντούμενου σώματος. Καθώς το σώμα απομακρύνεται από τη θέση ισορροπίας, η δύναμη τείνει να το επαναφέρει προς αυτήν.

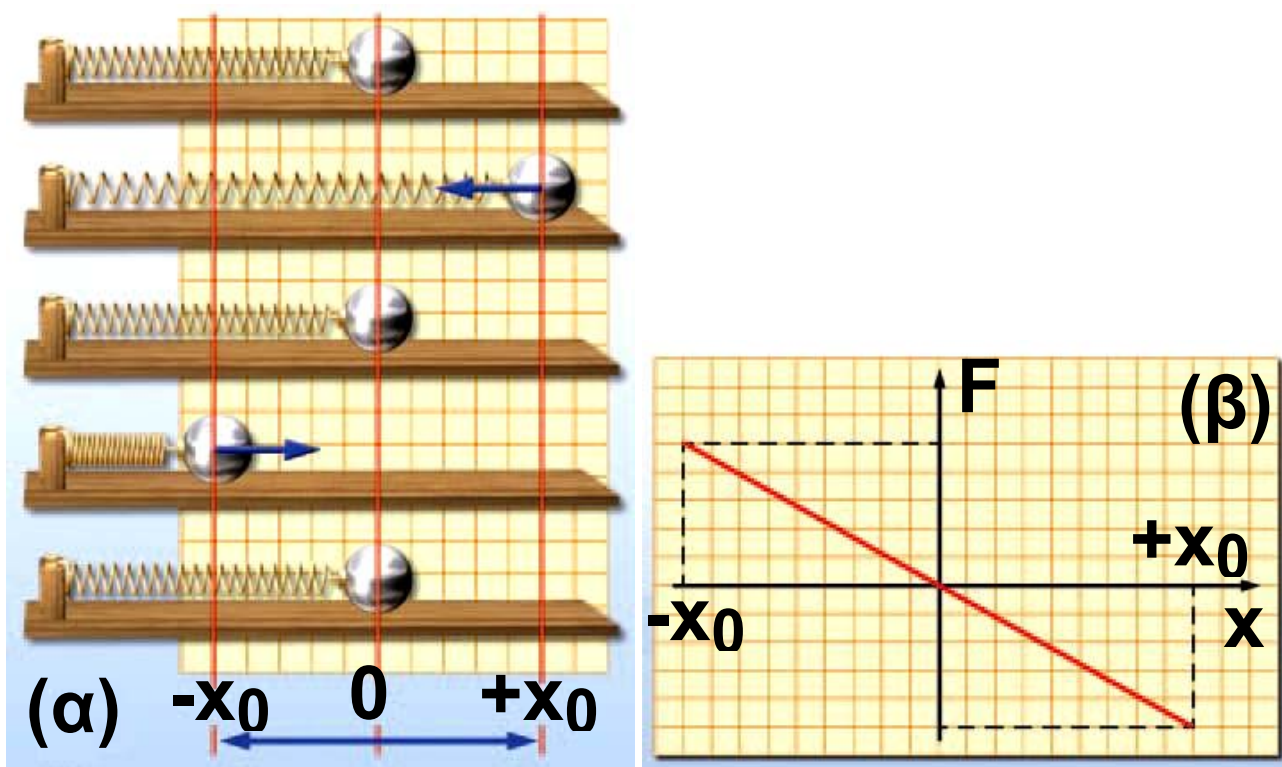
*Ποιες δυνάμεις μπορούν να προκαλέσουν ταλάντωση; Στη συνέχεια αναφέρονται μερικές περιπτώσεις δυνάμεων που μπορούν να προκαλέσουν ταλάντωση, όπως η βαρυτική στην περίπτωση της κούνιας ή του εκκρεμούς. Μπορεί όμως να*

είναι η δύναμη που ασκεί μια τε-  
ντωμένη χορδή, η συνισταμένη του  
βάρους και της δύναμης που ασκεί  
ένα παραμορφωμένο ελατήριο  
(εικόνα 4.3). Επίσης στους αγωγούς  
του ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να  
είναι η δύναμη που ασκεί το ηλε-  
κτρικό πεδίο που δημιουργείται  
από μια ηλεκτρική πηγή που δη-  
μιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα μεταβαλ-  
λόμενης έντασης (εικόνα 4.4).

## **Δύναμη στην απλή αρμονική ταλάντωση**

Στερεώνουμε το ένα άκρο οριζό-  
ντιου ελατηρίου και συνδέουμε στο  
άλλο άκρο μια μικρή σφαίρα. Απο-  
μακρύνουμε τη σφαίρα από τη θέση  
που ισορροπεί και την αφήνουμε ε-  
λεύθερη, οπότε εκτελεί ταλάντωση.

Σύμφωνα με το νόμο του Χουκ,  
το μέτρο της δύναμης που ασκεί το



**Εικόνα 4.5**

Αρμονική ταλάντωση και δύναμη.

ελατήριο είναι ανάλογο με τη μεταβολή του μήκους του, δηλαδή με την απομάκρυνση της σφαίρας από τη θέση ισορροπίας. Η δύναμη αυτή τείνει να επαναφέρει τη σφαίρα στη θέση ισορροπίας. Γι' αυτό και την αποκαλούμε δύναμη επαναφοράς (εικόνα 4.5). Όταν η δύναμη επαναφοράς είναι ανάλογη με την απομάκρυνση του σώματος από τη

**θέση ισορροπίας, τότε η κίνηση που κάνει το σώμα ονομάζεται απλή αρμονική ταλάντωση.**

## **4.2 Μεγέθη που χαρακτηρίζουν μια ταλάντωση**

**Για να περιγράψουμε μια ταλάντωση χρησιμοποιούμε ορισμένα φυσικά μεγέθη: την περίοδο, τη συχνότητα και το πλάτος της ταλάντωσης.**

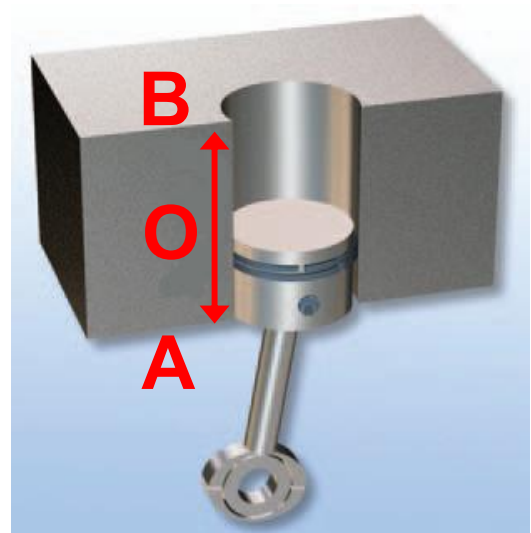
**Εικόνα 4.6**  
Το σώμα κινείται από το A προς το B και ξανά προς το A.



Στην εικόνα του σχήματος 4.6 τραβάμε το ελατήριο στη θέση A και το αφήνουμε ελεύθερο. Το σώμα από τη θέση A φθάνει στη θέση O (θέση όπου αρχικά ισορροπούσε), στη συνέχεια στη θέση B και μετά επιστρέφει στην O και ακολούθως ξανά στην A. Ο χρόνος που χρειάζεται για να κινηθεί το σώμα από το A στο O, μετά στο B και στη συνέχεια να επιστρέψει πάλι στο A, δηλαδή ο χρόνος μιας πλήρους ταλάντωσης, ονομάζεται περίοδος της ταλάντωσης ( $T$ ).

### Εικόνα 4.7

Έμβολο μηχανής κινείται μεταξύ των ακραίων θέσεων A και B, περνώντας από τη θέση ισορροπίας O.



Σε χρόνο μιας περιόδου το έμβολο μιας μηχανής (εικόνα 4.7) ή το βαράκι του εκκρεμούς, καθώς και η κούνια επιστρέφουν στη θέση από όπου ξεκίνησαν (Α) για να αρχίσουν μια νέα ίδια ταλάντωση. Το εκκρεμές του ρολογιού της εικόνας 4.8 σε χρόνο ενός λεπτού πραγματοποιεί 30 πλήρεις ταλαντώσεις. Λέμε ότι η συχνότητα ταλάντωσης του εκκρεμούς είναι 30 ταλαντώσεις το λεπτό ή μισή ταλάντωση το δευτερόλεπτο. Η κούνια εκτελεί σε ένα λεπτό 15 ταλαντώσεις. Η συχνότητα της ταλάντωσης της κούνιας είναι 15 ταλαντώσεις το λεπτό ή ένα τέταρτο της ταλάντωσης το δευτερόλεπτο. Δηλαδή συχνότητα ( $f$ ) ονομάζεται ο αριθμός των πλήρων ταλαντώσεων ( $N$ ) που εκτελεί το σώμα σε χρονικό διάστημα  $\Delta t$



προς το αντίστοιχο χρονικό διάστημα. Για να βρούμε τη συχνότητα μιας ταλάντωσης μετράμε τον αριθμό των ταλαντώσεων που εκτελεί το σώμα σε ορισμένο χρόνο και στη συνέχεια διαιρούμε αυτό τον αριθμό με το αντίστοιχο χρονικό διάστημα.

συχνότητα =  $\frac{\text{αριθμός ταλαντώσεων}}{\text{χρονικό διάστημα}}$

$$\text{ή } f = \frac{N}{\Delta t} \quad (4.1)$$

Επειδή σε χρόνο μιας περιόδου το σώμα εκτελεί μια πλήρη ταλάντωση, αν στη σχέση (4.1) θέσουμε  $\Delta t = T$ , τότε  $N = 1$  και επομένως προκύπτει:

$$f = \frac{1}{T}$$

δηλαδή η συχνότητα ισούται με το αντίστροφο της περιόδου. Μονάδα συχνότητας είναι το Χερτζ (Hertz). Η

συχνότητα ταλάντωσης ενός σώματος είναι  $\frac{1}{s} = 1 \text{ Hz}$  όταν εκτελεί μια πλήρη ταλάντωση σε χρονικό διάστημα 1 δευτερόλεπτου.



**Εικόνα 4.8**  
Ρολόι με εκκρεμές.

Συναρμολογούμε τη διάταξη που παριστάνεται στην εικόνα 4.6 και απομακρύνουμε το σώμα από την αρχική θέση ισορροπίας επιμηκύνοντας το ελατήριο κατά  $OA$ . Καθώς το σώμα ταλαντώνεται, παρατηρούμε ότι δεν ξεπερνά τη θέση  $A$ . Δηλαδή η αρχική απομάκρυνση

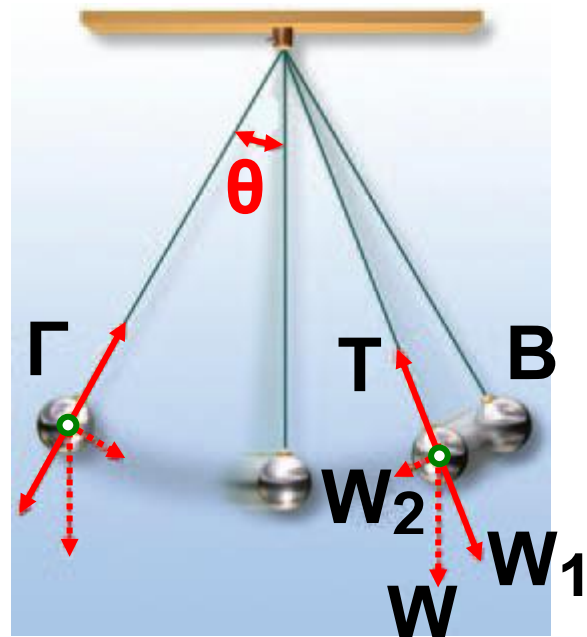
από τη θέση ισορροπίας είναι και η μεγαλύτερη απομάκρυνση στην οποία μπορεί να βρεθεί το σώμα κατά την ταλάντωσή του. Η μέγιστη απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας ονομάζεται και πλάτος της ταλάντωσης.

Το απλό εκκρεμές αποτελείται από ένα μικρό σώμα κρεμασμένο από νήμα μήκους  $\ell$  που το άλλο άκρο του είναι στερεωμένο σ' ένα σταθερό σημείο. Όταν το σώμα ισορροπεί, το νήμα είναι κατακόρυφο. Αν το σώμα απομακρυνθεί από τη θέση ισορροπίας, εκτελεί ταλάντωση ανάμεσα στις δύο ακραίες θέσεις Β και Γ. Οι δυνάμεις που καθορίζουν την κίνησή του είναι το βάρος ( $W$ ) και η δύναμη που ασκεί το νήμα (Τάση,  $T$ ) (εικόνα 4.9). Εφόσον το εκκρεμές εκτελεί ταλάντωση, η κίνησή του περι-

γράφεται από τα χαρακτηριστικά μεγέθη της ταλάντωσης, δηλαδή την περίοδο, τη συχνότητα και το πλάτος.

### Εικόνα 4.9

Σε κάθε θέση η συνιστώσα του βάρους  $W_2$  τραβά το σώμα προς τη θέση ισορροπίας. Το πλάτος της ταλάντωσης προσδιορίζεται από τη μέγιστη τιμή της γωνίας  $\theta$ .



*Από ποια μεγέθη εξαρτάται η περίοδος της ταλάντωσης ενός απλού εκκρεμούς;*

Πειραματικά προκύπτει ότι η περίοδος του εκκρεμούς:

- Είναι ανεξάρτητη της μάζας του.

- Δεν εξαρτάται από το πλάτος, όταν εκτρέπεται κατά μικρή γωνία  $\theta$  (μικρότερη από 10 μοίρες) (εικόνα 4.9).

- Αυξάνεται όταν μεγαλώσουμε το μήκος του νήματος. Ένα εκκρεμές που έχει μεγάλο μήκος έχει μεγαλύτερη περίοδο από ένα άλλο μικρότερου μήκους. Όλα τα εκκρεμή που έχουν το ίδιο μήκος έχουν την ίδια περίοδο ταλάντωσης (ανεξάρτητα από το πλάτος και τη μάζα). Επομένως το εκκρεμές μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως χρονόμετρο. Γι' αυτό η πιο γνωστή εφαρμογή του εκκρεμούς αφορά τη μέτρηση του χρόνου.

- Εξαρτάται από τον τόπο στον οποίο βρίσκεται. Έτσι αν βρισκόμαστε στον Ισημερινό το ίδιο εκκρεμές ταλαντώνεται με μεγαλύτερη περίοδο απ' ό,τι στους πόλους

(εικόνα 4.10). Στη Σελήνη η περίοδος του αυξάνεται κατά 2,5 φορές περίπου.

### Εικόνα 4.10

Το ίδιο εκκρεμές εκτελεί μια πλήρη ταλάντωση σε μικρότερο χρόνο, όταν είναι στους πόλους απ' ό,τι όταν βρίσκεται στον ισημερινό.



### Δραστηριότητα

#### Απλό εκκρεμές

Πάρε ένα κομμάτι σπάγκου μήκους 1 m. Δέσε στην άκρη του ένα βαράκι. Μέτρησε το χρόνο που απαιτείται για να εκτελέσει το εκκρεμές 30 ταλαντώσεις. Υπολόγισε την περίοδο του εκκρεμούς.

## Δραστηριότητα

### Σύστημα ελατήριο-σώμα

► Στερέωσε το ένα άκρο ελατηρίου και κρέμασε από το άλλο άκρο του ένα σώμα. Αφού το σύστημα ισοροπήσει, απομάκρυνε το σώμα από τη θέση ισορροπίας και άφησέ το ελεύθερο.

*Τι είδους κίνηση εκτελεί το σώμα; Το πλάτος της ταλάντωσης διατηρείται σταθερό; Η μηχανική ενέργεια του συστήματος παραμένει σταθερή;*

► Μέτρησε το χρόνο που χρειάζεται το σώμα για να εκτελέσει 10 πλήρεις ταλαντώσεις και υπολόγισε την περίοδο της ταλάντωσης.

## 4.3 Ενέργεια και ταλάντωση

Είδαμε ότι, για να εκτελέσει ένα σώμα ταλάντωση, θα πρέπει σ' αυτό να ασκηθεί αρχικά μια δύναμη

που θα το απομακρύνει από τη θέση ισορροπίας του. Η δύναμη αυτή, μέσω του έργου που παράγει, προσφέρει ενέργεια στο σώμα, η οποία αποθηκεύεται με τη μορφή δυναμικής ενέργειας.

*Ποιες ενεργειακές μεταβολές συμβαίνουν κατά την ταλάντωση;*  
Στην εικόνα 4.11 παριστάνονται διαδοχικά στιγμιότυπα της ταλάντωσης ενός σώματος. Στη θέση της μέγιστης απομάκρυνσης (1) το σώμα έχει τη μέγιστη δυναμική ενέργεια και δεν έχει κινητική. Καθώς αυτό κινείται προς τη θέση ισορροπίας (2) η παραμόρφωση του ελατηρίου μικραίνει και επομένως η δυναμική ενέργεια του σώματος μειώνεται. Η ταχύτητα του σώματος αυξάνεται, άρα και η κινητική ενέργειά του. Στη θέση ισορροπίας (2) η κινητική ενέργεια γίνεται μέγι-



στη, ενώ η δυναμική του μηδενίζεται. Καθώς το σώμα απομακρύνεται από τη θέση ισορροπίας και κατευθύνεται προς τη θέση της μέγιστης απομάκρυνσης (3) αυξάνεται η δυναμική του ενέργεια και ελαττώνεται η κινητική. Στη θέση της μέγιστης απομάκρυνσης (4) μηδενίζεται η κινητική ενέργεια και η δυναμική γίνεται μέγιστη. Κατά τη διάρκεια, λοιπόν, μιας ταλάντωσης πραγματοποιείται περιοδικά μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε κινητική και αντίστροφα.

*Πώς εξηγείς ότι, όταν αφήσουμε ελεύθερη την κούνια, μετά από λίγο χρόνο αυτή σταματά;*

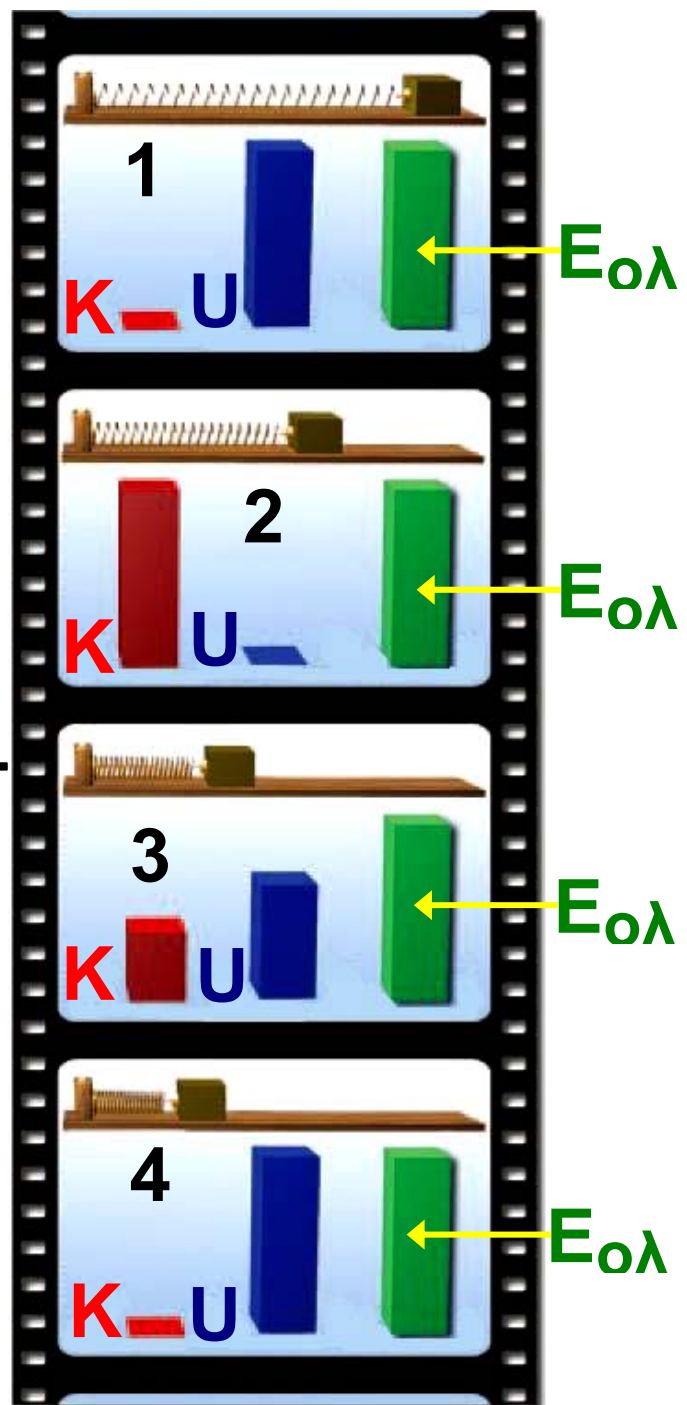
Στην ιδανική περίπτωση που δεν υπάρχουν δυνάμεις τριβής, η μηχανική ενέργεια της ταλάντωσης, δηλαδή το άθροισμα της κινητικής

## Εικόνα 4.11

### Στιγμιότυπο 1:

Το σώμα βρίσκεται στη μέγιστη απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας. Έχει μόνο δυναμική ενέργεια. **Στιγμιότυπο 2:** Το σώμα βρίσκεται στη θέση ισορροπίας, η δυναμική ενέργεια έχει μετατραπεί εξ ολοκλήρου

σε κινητική. **Στιγμιότυπο 3:** Το σώμα βρίσκεται σε μια ενδιάμεση θέση, έχει δυναμική και κινητική ενέργεια. **Στιγμιότυπο 4:** Στην



ακραία θέση 4, η κινητική ενέργεια του σώματος μετατρέπεται σε δυναμική.

**και της δυναμικής ενέργειας, διατηρείται σταθερό. Σε πραγματικά όμως συστήματα όπως η κούνια, λόγω τριβών ή αντιστάσεων του αέρα η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σταδιακά σε θερμική. Επομένως το πλάτος της ταλάντωσης μειώνεται και η κούνια τελικά σταματά. Η ταλάντωση μπορεί να διατηρηθεί μόνο αν με κάποιο μηχανισμό προσφέρουμε διαρκώς ενέργεια στο σώμα (και αναπληρώνουμε την ενέργεια που μετατρέπεται σε θερμική από τις τριβές) κατά τη διάρκεια που αυτό ταλαντώνεται.**

**Τι είναι ο χρόνος; Τι μετράει το ρολόι μας;**

**Σ' αυτό το ερώτημα δίνονται διαφορετικές απαντήσεις από τη σκοπιά της Φυσικής των Μαθηματικών, της Φιλοσοφίας, της Βιολογίας, της Ιστορίας ή της Τεχνολογίας.**

**Ο χρόνος στη Φυσική**

**Για έναν Φυσικό χρόνος είναι ό,τι μετράει ένα «ακριβές ρολόι». Σύμφωνα με τις αισθήσεις μας ο χρόνος ρέει προς μια ορισμένη κατεύθυνση. Συγκεκριμένα το παρελθόν είναι ορισμένο, το μέλλον είναι ακαθόριστο, ενώ η πραγματικότητα βιώνεται στο παρόν. Αυτή όμως η αντίληψη που εκφράζει την κοινή λογική έρχεται σε αντίθεση με κάποιες απόψεις της σύγχρονης Φυσικής.**

**Θεωρία σχετικότητας και χρόνος**  
Σύμφωνα με τη θεωρία της σχετικότητας το χρονικό διάστημα ανάμεσα σε δύο γεγονότα είναι διαφορετικό για έναν ακίνητο και ένα κινούμενο παρατηρητή.

**Ο χρόνος στα Μαθηματικά**

Οι μαθηματικοί θεωρούν ότι ο χρόνος είναι μια άλλη διάσταση, όπως το μήκος: Η τέταρτη διάσταση.

**Ο χρόνος στην Ιστορία**

Η Ιστορία εξελίσσεται από το παρελθόν προς το παρόν. Προηγείται χρονικά η ιστορία της Αρχαίας Ελλάδας, Ακολουθεί η Βυζαντινή περίοδος και έπεται η Επανάσταση του 1821 και η πορεία της νεότερης Ελλάδας.

Ο Αϊνστάιν παρατηρεί το ρολόι που κρατά ο ίδιος και το ρολόι που κρατά ο επιβάτης ενός τρένου που κινείται με μεγάλη ταχύτητα. Ο χρόνος στο δικό του ρολόι δείχνει να κυλά πιο γρήγορα.

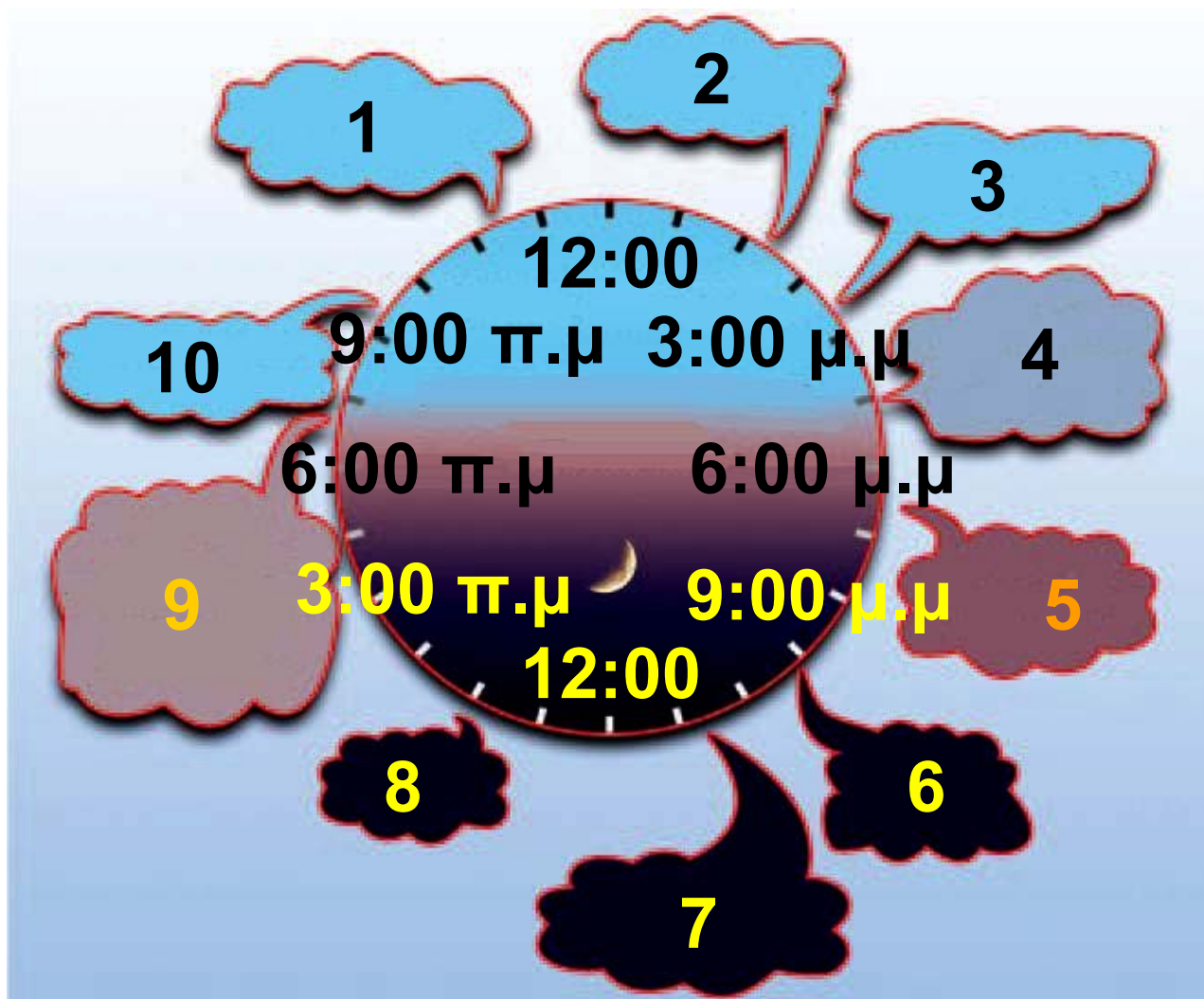


## Ο χρόνος στη Βιολογία

Αν παρατηρήσουμε τη φύση γύρω μας θα διαπιστώσουμε ότι ο χρόνος αποτελεί το πρωταρχικό πλαίσιο της ζωής που γίνεται αντιληπτό από όλους τους οργανισμούς. Το άνθος ανοίγει τα πέταλα του την αυγή, τα αποδημητικά πουλιά μεταναστεύουν νότια το φθινόπωρο, οι ακρίδες εμφανίζονται κατά σμήνη κάθε 17 χρόνια. Στον ανθρώπινο εγκέφαλο βιολογικά χρονόμετρα

καταγράφουν τα δευτερόλεπτα, τα λεπτά, τις ώρες. Κέντρο στον ανθρώπινο εγκέφαλο συντονίζει πολλές σωματικές λειτουργίες με την εναλλαγή ημέρας και νύχτας.

## ΤΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΜΑΣ ΡΟΛΟΪ



1. μεγάλος βαθμός εγρήγορσης
2. άριστος συντονισμός

3. ταχύτερος χρόνος αντίδρασης
4. μέγιστη καρδιαγγειακή επάρκεια και μυϊκή δύναμη.
5. υψηλότερη πίεση του αίματος
6. έναρξη έκκρισης μελατονίνης
7. περιορισμός των κινήσεων των σπλάχνων
8. βαθύς ύπνος
9. γρήγορη αύξηση της πίεσης, σταματά η έκκριση μελατονίνης
10. πιθανές κινήσεις των σπλάχνων

**Πηγές: Times of our lives by Karen Wright, Scientific American, σελ. 45, Σεπτέμβριος 2002**

**The Tick-Tock of the Biological Clock by Michael W. Young, Scientific American, σελ. 48, Μάρτιος 2000.**

**Στο διάγραμμα της προηγούμενης σελίδας δείχνονται σχηματικά οι**



**ώρες της ημέρας και οι αντίστοιχες λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού που βρίσκονται σε συντονισμό.**

**Ερωτήσεις**

**ερωτήσεις**

**► Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:**

- 1. Συμπλήρωσε τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:**
  - α. Οι κινήσεις που επαναλαμβάνονται σε ίσα χρονικά διαστήματα ονομάζονται .....**
  - β. Οι περιοδικές κινήσεις που πραγματοποιούνται ανάμεσα σε δύο ακραία σημεία της τροχιάς ονομάζονται .....**

γ. Η μέγιστη απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας ονομάζεται

..... της ταλάντωσης.

δ. Ο χρόνος μιας πλήρους

..... ονομάζεται .....

της ταλάντωσης ( $T$ ). Ο αριθμός των πλήρων .....

( $N$ ) που εκτελεί το σώμα σε χρονικό διάστημα

$\Delta t$  προς το αντίστοιχο χρονικό διάστημα ονομάζεται .....

( $f$ ).

ε. Στη διάρκεια μιας ταλάντωσης πραγματοποιείται μετατροπή της

.....ενέργειας σε

..... και αντίστροφα και

όταν δεν υπάρχουν .....

..... ενέργεια της ταλάντωσης διατηρείται σταθερή.

**2.** Στην εικόνα 4.7 σελίδα 21 απεικονίζεται το έμβολο μιας μηχανής.

Κατά τη λειτουργία της αυτό εκτελεί

ταλάντωση μεταξύ των A, B. Να

χαρακτηρίσεις με  $\Sigma$  τις προτάσεις

των οποίων το περιεχόμενο είναι επιστημονικά ορθό και με  $\Lambda$  αυτές που το περιεχόμενό τους είναι επιστημονικά λανθασμένο.

Σε χρόνο μιας περιόδου το έμβολο κινείται

α) από το  $A$  στο  $O$  στο  $B$ ,

β) από το  $A$  στο  $O$  στο  $B$  στο  $O$  μέχρι το  $A$ ,

γ) από το  $A$  στο  $O$ ,

δ) από το  $A$  στο  $O$  στο  $A$  στο  $O$  στο  $B$  στο  $O$ ,

ε) από το  $A$  στο  $B$  στο  $O$  στο  $A$  στο  $O$  στο  $B$ .

**3.** Να χαρακτηρίσεις με  $\Sigma$  τις προτάσεις των οποίων το περιεχόμενο είναι επιστημονικά ορθό και με  $\Lambda$  αυτές που το περιεχόμενό τους είναι επιστημονικά λανθασμένο.

α. Κάθε ταλάντωση είναι περιοδική κίνηση.

β. Όταν αυξάνεται η περίοδος μιας ταλάντωσης αυξάνεται και η συχνότητά της.

γ. Η μηχανική ενέργεια της ταλάντωσης διατηρείται σταθερή ανεξάρτητα από το ποιες δυνάμεις ασκούνται στο σώμα που ταλαντώνεται.

δ. Η περίοδος ενός απλού εκκρεμούς είναι ανεξάρτητη της μάζας και του πλάτους της ταλάντωσης, εφόσον αυτό είναι μικρό.

► Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις στις ερωτήσεις που ακολουθούν:

4. Στη εικόνα της επόμενης σελίδας εικονίζονται δύο παιδιά που κάνουν κούνια. Σε ποια θέση το κάθε παιδί έχει: α) Τη μέγιστη δυναμική ενέργεια και σε ποια τη μέγιστη κινητική;

β) Τη μέγιστη ταχύτητα; Να δικαιολογήσεις τις απαντήσεις σου.



Μπορείς να εξηγήσεις το γεγονός ότι η αιώρηση τελικά σταματά;

**5.** Ένας ερευνητής από τον Ισημερινό πρόκειται να εγκατασταθεί σε μια επιστημονική βάση στην Ανταρκτική προκειμένου να μελετήσει μια σειρά από φαινόμενα που αφορούν την τήξη των πάγων. Μαζί του μεταφέρει και ένα ρολόι εκκρεμές, δώρο της γιαγιάς του, το οποίο είναι ρυθμισμένο έτσι ώστε η ράβδος του να εκτελεί 1 πλήρη ταλάντωση σε 1 s. Στις ερωτήσεις της επόμενης σελίδας να κυκλώσεις το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

Όταν ο ερευνητής φθάνει στη βάση  
α) πρέπει να ρυθμίσει το ρολόι γιατί  
πηγαίνει μπροστά, β) πρέπει να  
ρυθμίσει το ρολόι γιατί πηγαίνει  
πίσω, γ) λόγω της πολύ χαμηλής  
θερμοκρασίας το ρολόι δεν λει-  
τουργεί, δ) το ρολόι δεν χρειάζεται  
καμία ρύθμιση.

Να αιτιολογήσεις την επιλογή σου,  
λαμβάνοντας υπόψη ότι το μήκος  
της ράβδου του ρολογιού παρα-  
μένει σταθερό.

**6.** Ποιες δυνάμεις ασκούνται στο  
σφαιρίδιο ενός απλού εκκρεμούς;  
Γιατί όταν απομακρύνουμε το  
εκκρεμές από τη θέση ισορροπίας  
τείνει να επανέλθει σ' αυτή;

**7.** Πώς μεταβάλλεται η περίοδος  
ενός εκκρεμούς όταν: α) αυξηθεί το  
μήκος του εκκρεμούς; β) αν ελατ-

τωθεί το πλάτος της ταλάντωσής του; γ) αυξηθεί η μάζα του;

**8.** Να περιγράψεις τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν σ' ένα απλό εκκρεμές σε μια περίοδο αν αγνοηθούν η τριβή και η αντίσταση του αέρα.

**9.** Στην εικόνα 4.9 σελίδα 26 σε ποιες θέσεις το εκκρεμές έχει:

- α. μέγιστη δυναμική ενέργεια;
- β. μέγιστη κινητική ενέργεια;
- γ. μηδενική δυναμική ενέργεια;
- δ. μηδενική κινητική ενέργεια;

## Ασκήσεις

## ασκήσεις

**1.** Ένα εκκρεμές εκτελεί 60 πλήρεις ταλαντώσεις σε 2 λεπτά. Να βρεις την περίοδο και τη συχνότητα του εκκρεμούς.

**2.** Τα φτερά της μέλισσας, όταν αυτή πετάει, εκτελούν ταλάντωση με συχνότητα 225 Hz. Να υπολογίσεις πόσες φορές ανεβοκατεβαίνουν τα φτερά της στο 1 s καθώς και την περίοδο ταλάντωσης.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Περιοδικές ονομάζονται οι κινήσεις που επαναλαμβάνονται σε ίσα χρονικά διαστήματα.
- Περιοδικές κινήσεις ανάμεσα σε δύο ακραία σημεία της τροχιάς ονομάζονται ταλαντώσεις.
- Ο χρόνος μιας πλήρους ταλάντωσης ονομάζεται περίοδος της ταλάντωσης ( $T$ ).
- Συχνότητα ( $f$ ) ονομάζεται ο αριθμός των πλήρων ταλαντώσεων ( $N$ ) που εκτελεί το σώμα σε χρονικό διάστημα  $\Delta t$  προς το αντίστοιχο



χρονικό διάστημα και ισούται με το αντίστροφο της περιόδου.

□ Πλάτος της ταλάντωσης ονομάζεται η μέγιστη απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας.

□ Το απλό εκκρεμές αποτελείται από ένα μικρό σώμα κρεμασμένο από νήμα σταθερού μήκους.

□ Η περίοδος του απλού εκκρεμούς, όταν εκτελεί ταλάντωση μικρού πλάτους, είναι ανεξάρτητη της μάζας του, αυξάνεται όταν αυξάνεται το μήκος του νήματος και εξαρτάται από τον τόπο στον οποίο βρίσκεται.

□ Σε μια ταλάντωση η δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική και αντίστροφα και αν δεν υπάρχουν τριβές η μηχανική ενέργεια διατηρείται σταθερή και επομένως και το πλάτος της ταλάντωσης.

## **ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ**

**Περιοδική κίνηση | Περίοδος | Εκ-  
κρεμές | Ταλάντωση | Συχνότητα |  
Μέτρηση χρόνου | Δύναμη  
επιαναφοράς | Πλάτος |**

## μια μικρή ιστορία...

**Το 1996 στους Ολυμπιακούς Αγώνες της Ατλάντα ο Έλληνας ιστιοπλόος Νίκος Κακλαμανάκης, που χαρακτηρίστηκε και ως «γιος του ανέμου», κατέκτησε την πρώτη 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 το 2004. Το 1998, τρεις Έλληνες πέρασαν τον Ατλαντικό με τον ίδιο τρόπο. Τα κατάφεραν διασχίζοντας περίπου 2000 ναυτικά μίλια σε επτά ημέρες. Πως 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 ένα μηχανικό κύμα και θα γνωρίσεις τα υποκειμενικά και αντικειμενικά χαρακτηριστικά του.

## ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

## Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΑΞΙΔΕΥΕΙ

Πολλές φορές μπορεί να παρακολούθησες 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 5.1**

**Μέσω του κύματος μεταφέρεται ενέργεια στον αθλητή**



**και η ταχύτητα του αυξάνεται.**

## **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**

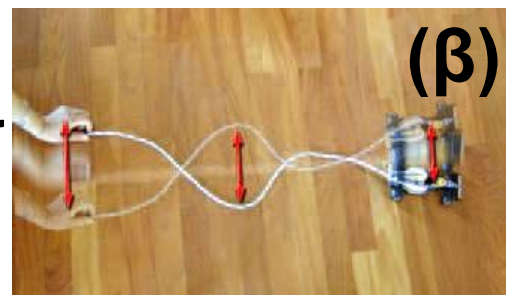
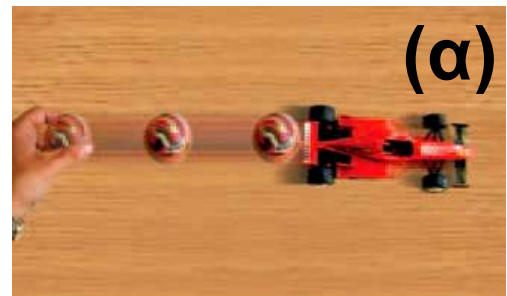
αμαξάκι. Αν δέσεις στο αμαξάκι ένα σκοινί, το τεντώσεις και κουνήσεις την ελεύθερη άκρη του δεξιά ή αριστερά, το αμαξάκι θα μετακινηθεί (εικόνα 5.2β). Το σκοινί θα παραμείνει στη θέση του. Το αμαξάκι όμως αποκτά κινητική ενέργεια.

## 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 σχοινιού στο αμαξάκι.



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

Λέμε ότι μέσω του σκοινιού 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 ισοροπίας του και ενέργεια ταξιδεύει από μια περιοχή του συστήματος σε μια άλλη.

### Εικόνα 5.3 Εγκάρσιο κύμα σε ελατήριο

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



ταλάντωση  
του μέσου

διάδοση  
κύματος



**Τα κύματα στο νερό, τα κύματα που διαδίδονται κατά μήκος ενός σκοινιού 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 σκοινιών. Η δημιουργία κάθε είδους μηχανικού 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.**

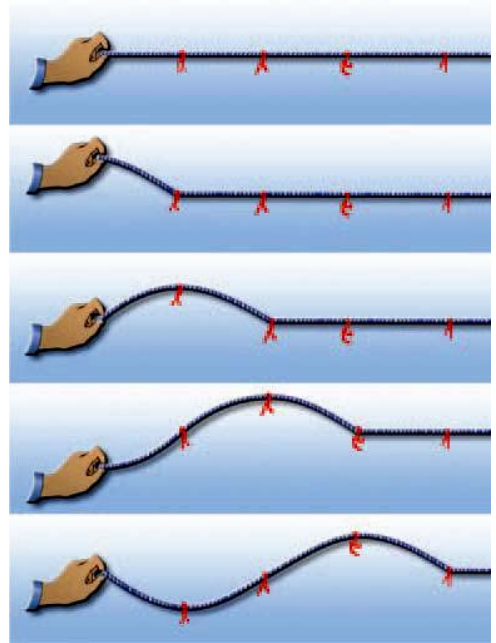
**β. Μεταφέρουν μηχανική ενέργεια.**

## Είδη κυμάτων

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

### Εικόνα 5.4 Εγκάρσιο κύμα σε σχοινί

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



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

Αν ταλαντώσεις το ένα άκρο τεντωμένου ελατηρίου που βρί-

σκεται 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.



### **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.

Αν κουνήσεις δεξιά ή αριστερά το άκρο οριζόντιου τεντωμένου σχοινιού, η παραμόρφωση ταξι-

δεύει κατά μήκος του σχοινιού. Διαδοχικά τμήματα του σχοινιού κάνουν την ίδια κίνηση που προκαλέσαμε στο άκρο του αλλά σε επόμενους χρόνους. Τα σωματίδια του σχοινιού 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).

### **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.

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 5.7 Τα επιφανειακά κύματα**



Η πτώση της σταγόνας στο νερό δημιουργεί επιφανειακά κύματα.

## **Ένας άλλος τύπος κύματος: το επιφανειακό κύμα.**

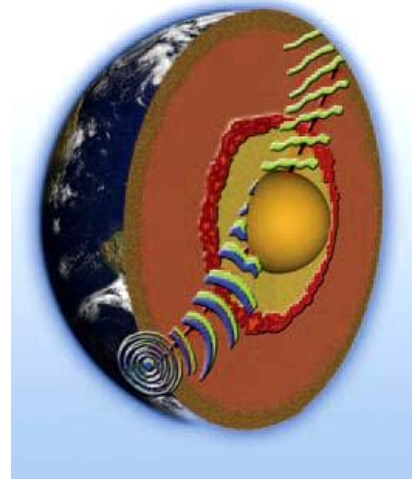
Αν και τα κύματα που δημιουργούνται στο βάθος μιας λίμνης ή της θάλασσας είναι διαμήκη, τα κύματα που δημιουργούνται στην επιφάνεια του νερού δεν μοιάζουν με αυτά. Καθώς διαδίδεται ένα κύμα στην επιφάνεια ενός υγρού, τα σωματίδια κινούνται τόσο παράλληλα όσο και κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος,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

## **Σεισμικά κύματα Φακός του εσωτερικού της γης**

**Ένας σεισμός παράγει  
δύο είδη κυμάτων: Πρω-  
τεύοντα κύματα (κύματα  
P) που είναι διαμήκη**

**(παριστάνονται με πράσινο χρώμα  
στην εικόνα) και δευτερεύοντα κύ-  
ματα (κύματα S) που είναι εγκάρσια  
(παριστάνονται με μπλε χρώμα  
στην εικόνα).**

**Οι γεωφυσικοί, μελετώντας τα σει-  
σμικά κύματα με τη βοήθεια των  
σεισμογράφων, βρήκαν ότι τα δια-  
μήκη κύματα διέρχονται από τον  
πυρήνα της γης, ενώ τα εγκάρσια  
όχι. Από αυτό το δεδομένο συμπέ-  
ρασαν ότι ο πυρήνας της γης είναι  
σε ρευστή κατάσταση.**

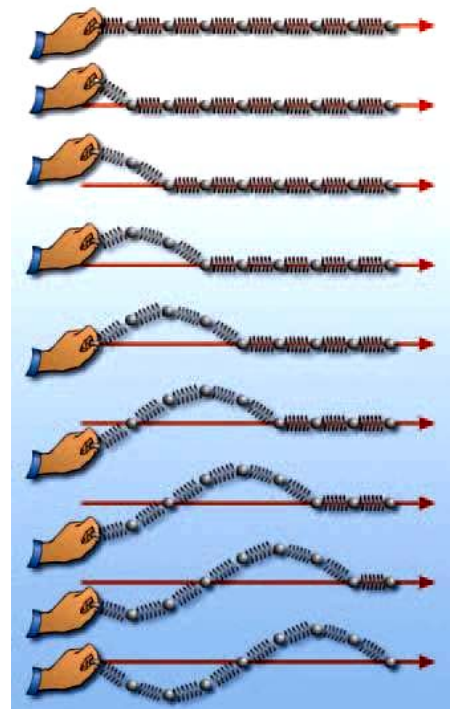




## 5.2 Κύμα και Ενέργεια

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

**Εικόνα 5.8**  
**Μηχανισμός διάδοσης του κύματος**  
Ο παλμός ταξιδεύει κατά μήκος του ελατηρίου θέτοντας σε ταλάντωση όλα τα σφαιρίδια.



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 επανάφερέ 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.**

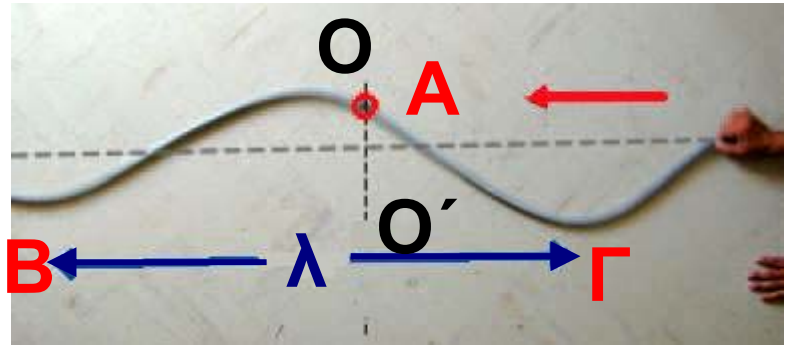
## **5.3 Χαρακτηριστικά μεγέθη του κύματος**

**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 σχοινιού (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  $T$  και συχνότητα  $f$  αυτών των ταλαντώσεων ονομάζεται περίοδος και συχνότητα του κύματος αντίστοιχα.

### 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 σχοινιού)  $BΓ = λ$ .

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 επανα-

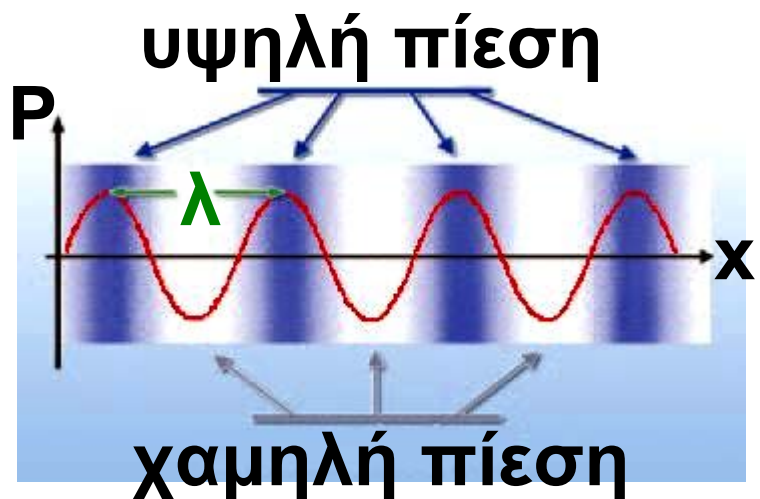
λαμβάνεται ίδια σε ίσες αποστάσεις. Η μικρότερη απόσταση μεταξύ δύο σημείων με την ίδια απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας και την ίδια κατεύθυνση κίνησης ονομάζεται μήκος κύματος και συμβολίζεται με  $\lambda$ .

### Εικόνα 5.10

Διαμήκη κύματα και μήκος κύματος

Το μήκος κύματος  $\lambda$  είναι ίσο

με την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πυκνωμάτων ή αραιωμάτων. Η καμπύλη παριστάνει τις μεταβολές της πίεσης.



Σ' ένα εγκάρσιο κύμα σχηματίζονται «όρη» και «κοιλιάδες». Το μήκος κύματος ισούται με την από-

σταση 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 (πυκνότητας) (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.

## Δραστηριότητα

### 1ο 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;
- ▶ Περίγραψε την κίνησή της.



## **2ο 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.

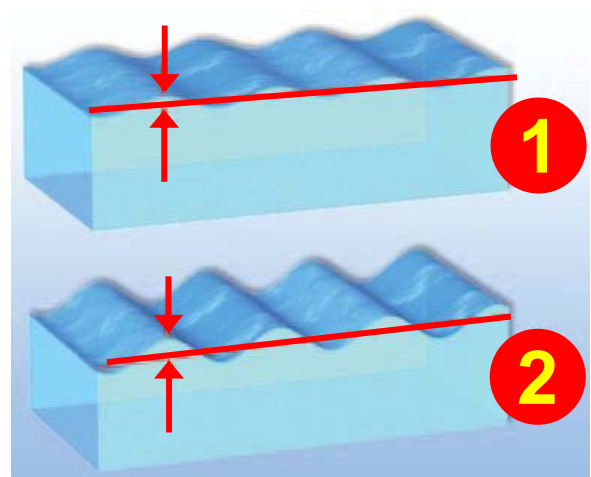
Έτσι δημιουργείται μια περιοχή μεγαλύτερης πυκνότητας σπειρών (πύκνωμα). Ελευθέρωσε τις σπείρες. Το πύκνωμα θα κινηθεί κατά μήκος του ελατηρίου.

▶ Παρακολούθησε προσεκτικά την κορδέλα και περίγραψε την κίνησή της.

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

**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).



*Πόσο γρήγορα διαδίδεται ένα κύμα;*

Σε χρόνο μιας περιόδου  $T$  η απόσταση που διανύει η διαταραχή είναι ίση με ένα μήκος κύματος  $\lambda$  (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

μήκος κύματος:  $\lambda = 150 \text{ km}$   
Ταχύτητα διάδοσης του κύματος:  $u = 540 \text{ km/h}$

## Ζητούμενα

Συχνότητα  $f$  σε Hz

## Βασική εξίσωση

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

## Λύση

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

$$\lambda = 150 \text{ km} \text{ ή } \lambda = 150 \text{ km} \cdot 1.000 \frac{\text{m}}{\text{km}}$$

$$\text{ή } \lambda = 15 \cdot 10^4 \text{ m}$$

$$u = 540 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 540 \cdot \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \text{ ή}$$

$$u = 540 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**Βήμα 2: Εφαρμόζω τη βασική εξίσωση:**

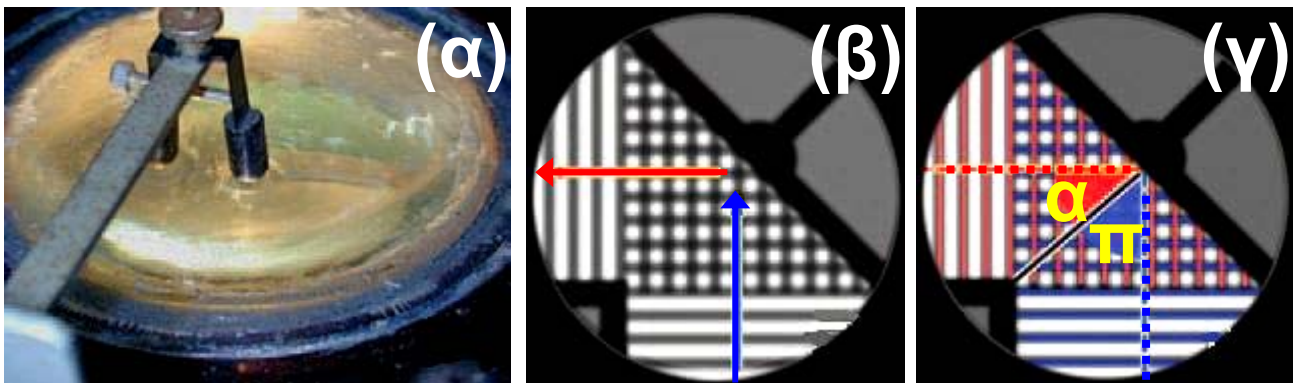
$$v_{\text{κύματος}} = \lambda \cdot f \Leftrightarrow f = \frac{v_{\text{κύματος}}}{\lambda} \Leftrightarrow$$
$$\Leftrightarrow f = \frac{150 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{15 \cdot 10^4 \text{ m}} \Leftrightarrow f = 10^{-3} \text{ Hz}$$

### ***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).



### 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.

## ***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 σχεδιά-

ζουμε την ευθεία που είναι κάθετη στο εμπόδιο και ορίζουμε τη γωνία πρόσπτωσης  $\pi$  και τη γωνία ανάκλασης  $\alpha$ . 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).

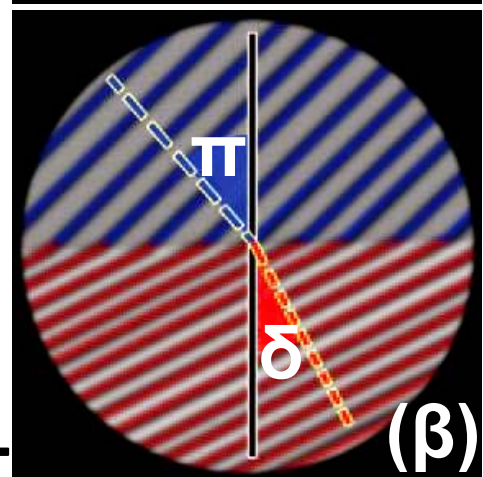
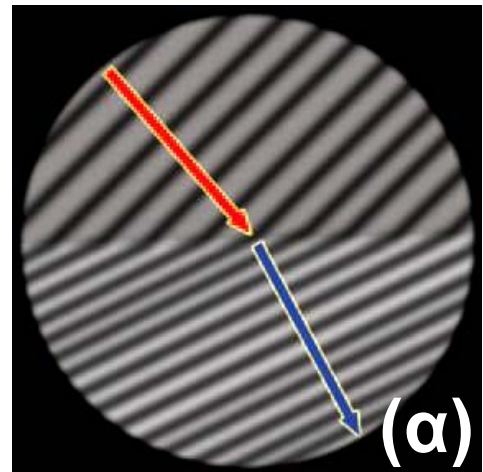
### ***Διάθλαση***

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

## 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.



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 που 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.

**Διάθλαση<sup>1</sup>** επιφανειακών κυμάτων στη θάλασσα. Διακρίνεται η αλλαγή στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος (κόκκινα βέλη).



**1.**

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

## **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.**

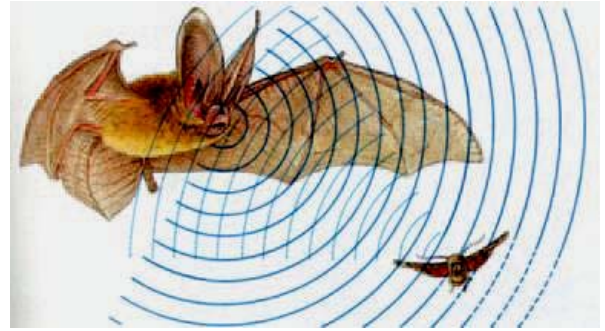
**Ο ήχος και η μουσική αποτελούν σημαντικά στοιχεία της ανθρώπινης εμπειρίας. Οι πρωτόγονοι άνθρωποι παρήγαν ήχους όχι μόνο με το στόμα τους αλλά και με τα τύμπανα, τα κρόταλα και τις σφυρίχτρες. Τα έγχορδα όργανα έχουν ιστορία τουλάχιστον 3.000 ετών.**

**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 (υπέρηχους) τους οποίους οι άνθρωποι δεν αντιλαμβάνονται. Τέτοιους ήχους για παράδειγ-**

**μα 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.**

## Εικόνα 5.14

Νυχτερίδα: το ζωντανό ηχητικό ραντάρ. Η νυκτερίδα 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.

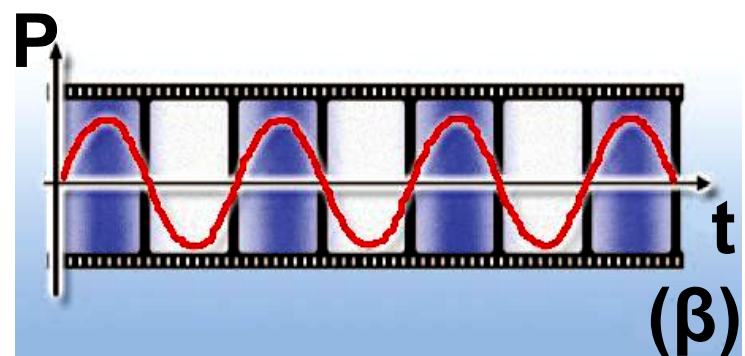
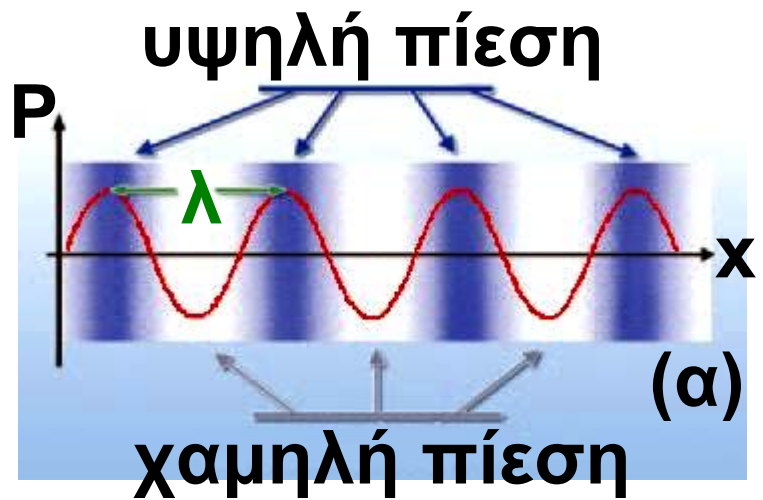


- ▶ **Περίγραψε και χαρακτήρισε την κίνηση που εκτελεί ο χάρακας. Παράγεται ήχος;**
- ▶ **Αύξησε το μήκος του χάρακα που προεξέχει και επανάλαβε τα ίδια.**
- ▶ ***Ο ήχος που παράγεται τώρα από το χάρακα είναι ίδιος με τον προηγούμενο;***

### ***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 με-**

ταξύ 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

## 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

**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.

### ***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.

### 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 (ηχώ). Το ηχητικό κύμα ανακλάται στην πλαγιά του βουνού και επιστρέφει.

## **Παράδειγμα 5.2**

Ένα δελφίνι εκπέμπει υπέρηχους συχνότητας  $2,5 \cdot 10^5$  Hz. Αν οι υπέρηχοι διαδίδονται στο θαλασσινό 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:  
 $v = 1,533$  m/s

### **Ζητούμενα**

Μήκος κύματος:  $\lambda$

### **Βασική εξίσωση**

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

## **Λύση**

$$v_{\text{κύματος}} = \lambda \cdot f \quad \text{ή} \quad \lambda = \frac{v_{\text{κύματος}}}{f}$$



$$\lambda = \frac{1530 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2,5 \cdot 10^5 \text{ Hz}} \quad \text{ή } \lambda = 0,0612 \text{ m ή}$$
$$\lambda = 61,2 \text{ mm}$$

## 5.5 Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου

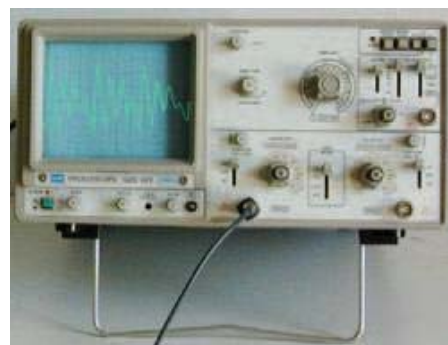
Τα ηχητικά κύματα ανιχνεύονται με δέκτες τους οποίους θέτουν σε ταλάντωση. Παράδειγμα τέτοιου δέκτη είναι η μεμβράνη που έχουν τα μικρόφωνα ή το τύμπανο του αυτιού μας. Συνδέοντας κατάλληλα το μικρόφωνο με παλμογράφο μπορούμε να έχουμε και μια απεικόνιση του ηχητικού κύματος που αυτό ανιχνεύει (εικόνα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

Ο άνθρωπος ανιχνεύει τους ήχους με τα τύμπανα των αφτιών του και τους αντιλαμβάνεται με τον

εγκέφαλό του. 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.

### **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.



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.

### **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.



Τα όρια συχνότητας των ακουστών ήχων διαφέρουν ελαφρά από άνθρωπο σε άνθρωπο. Για παράδειγμα, ένας νέος άνθρωπος αντιλαμβάνεται βαρύτερους και οξύτε-ρους ήχους απ' ό,τι ένας ηλικιωμέ-νος. Σημαντικότερη διαφορά παρατηρείται μεταξύ των διαφορετικών

ειδών ζώων, όπως φαίνεται στον πίνακα 5.2.

## ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2

### ΟΡΙΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΑΚΟΥΣΤΩΝ ΗΧΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΜΒΙΑ 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 δια-  
πασών (εικόνα 5.19) ή αν τραβή-  
ξουμε πιο δυνατά τη χορδή μιας  
κιθάρας, τότε αυτά πάλλονται με  
μεγαλύτερο πλάτος. Συγχρόνως  
ακούμε ισχυρότερο ήχο. Ακουστό-  
τητα του ήχου λέγεται το χαρακτη-  
ριστικό με το οποίο ξεχωρίζουμε  
τους ήχους σε ισχυρούς και λιγότε-  
ρο ισχυρούς, ασθενείς κ.λπ. Η  
ακουστότητα καθορίζεται κυρίως  
από την ένταση του ηχητικού κύμα-  
τος, δηλαδή από την ηχητική ενέρ-  
γεια που φθάνει στο αφτί μας κάθε  
δευτερόλεπτο. Η ένταση του ήχου  
είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύ-  
τερο 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 μεσαί-  
ες 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.



Για τη μέτρηση της στάθμης της έντασης ενός ήχου χρησιμοποιείται η κλίμακα ντεσιμπέλ (decibel, dB) η οποία βασίζεται στις μεταβολές της πίεσης του αέρα, δηλαδή το πλάτος του κύματος. Τα μηδέν ντεσιμπέλ αντιστοιχούν σε ήχο που μόλις ακούγεται, ενώ ο ήχος 120 dB προκαλεί πόνο στα αφτιά. Μια αύξηση της στάθμης της έντασης κατά 10 dB αντιστοιχεί σε ήχο έντασης 10

φορές μεγαλύτερης, κατά 20 dB αντιστοιχεί σε ήχο έντασης  $100 = 10^2$  φορές μεγαλύτερης έντασης και κατά 30 dB αντιστοιχεί σε ήχο έντασης  $1000 = 10^3$  φορές μεγαλύτερης. Ήχοι που διαφέρουν κατά 10 dB οι περισσότεροι άνθρωποι τους αντιλαμβάνονται ως ήχους διπλάσιας ακουστότητας.

### ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΗΧΟΥ



10 dB



30 dB



50 dB



70 dB



90 dB



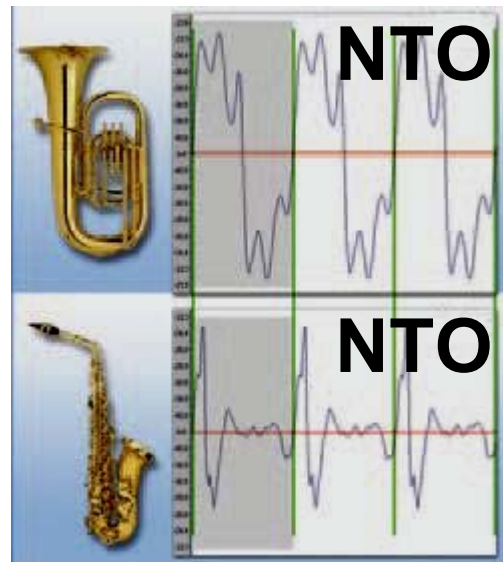
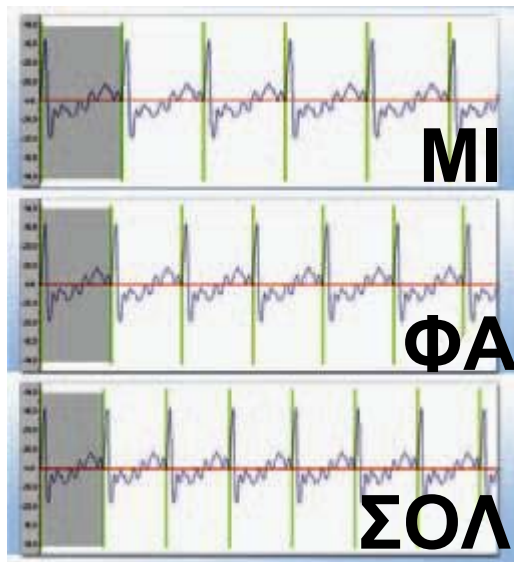
120 dB

**Μπορούμε να ξεχωρίσουμε δύο ήχους που προέρχονται από δύο διαφορετικά μουσικά όργανα, λόγω 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.

► 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 τα-  
λαντώνονται κάθετα στη .....

..... του κύματος. Τα κύμα-  
τα αυτά διαδίδονται μόνο στα

..... σώματα και κατά τη  
διάδοσή τους σχηματίζονται

..... και ..... β) Το  
..... κύμα όπου τα .....

του μέσου ταλαντώνονται παράλ-  
ληλα στη .....

..... του  
κύματος. Τα κύματα αυτά διαδίδο-  
νται στα .....

και ..... σώματα και κατά τη

διάδοσή τους σχηματίζονται

..... και .....

γ. Στο εγκάρσιο κύμα το .....

..... ισούται με την απόστα-  
ση δύο διαδοχικών κοιλάδων ή  
ορέων. Στο διάμηκες κύμα το

..... ισούται με  
την απόσταση δύο διαδοχικών

..... ή .....

δ. Η ταχύτητα διάδοσης του κύμα-  
τος 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 είδη των κυμάτων του πίνακα της επόμενης σελίδας με τον τρόπο κίνησης των σωματιδίων του ελαστικού μέσου.

<b>Είδος κύματος</b>	<b>Τρόπος ταλάντωσης</b>
<b>Εγκάρσιο κύμα</b>	<b>Ταλάντωση παράλληλη προς τη διεύθυνση διάδοσης</b>
<b>Διάμηκες κύμα</b>	<b>Ταλάντωση κάθετη προς τη διεύθυνση διάδοσης</b>

**4.** Να χαρακτηρίσεις με  $\Sigma$  τις προτάσεις των οποίων το περιεχόμενο είναι επιστημονικά ορθό και με  $\Lambda$  αυτές που το περιεχόμενο 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 αμαξι-

δίου). 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 σχοινιού 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

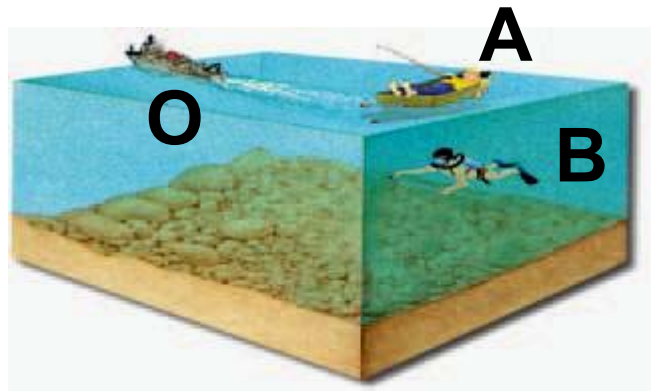
**14.** Στο εργαστήριο Φυσικής του σχολείου σας πιθανόν να υπάρχει ένας γυάλινος κώδωνας σαν αυτόν που παριστάνεται στην εικόνα της επόμενης σελίδας. Με τη βοήθεια μιας αντλίας που προσαρμόζεται στη βάση του κώδωνα μπορούμε να αφαιρέσουμε τον αέρα από το εσωτερικό του. Ο καθηγητής της Φυσικής ζητά από 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 A βρίσκεται ένας ψαράς με τη βάρκα του και στη θέση B ένας ψαρο-



ντουφεκάς. 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;

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4</b>	
<b>Αντικειμενικό χαρακτηριστικό</b>	<b>Υποκειμενικό χαρακτηριστικό</b>
α. Συχνότητα	
β. Ένταση	
γ. Κυματομορφή	

**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;

## 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 κινεί-

ται 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 σημάδουρα να αναδύεται και να βυθίζεται στο νερό εξαιτίας των κυμά-

των που προκαλούνται από τη διά-  
λευση ταχύπλοου σκάφους. Αν η  
ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων  
στο νερό είναι  $2,5 \text{ m/s}$  και το μήκος  
κύματος  $7,5 \text{ m}$ , πόσες φορές θα πα-  
ρατηρήσει ο ψαράς τη σημαδούρα  
να αναδύεται σε χρόνο  $1 \text{ min}$ ;

## Ήχος

**6.** Ο Γιάννης ακούει τον ήχο μιας  
βροντής μετά από  $10 \text{ s}$  αφού βλέπει  
την αστραπή. Αν γνωρίζεις ότι ο  
ήχος στον αέρα διαδίδεται με ταχύ-  
τητα  $340 \text{ m/s}$ , μπορείς να υπολογί-  
σεις σε ποια απόσταση από το ση-  
μείο που βρίσκεται ο Γιάννης εκδη-  
λώθηκε η ηλεκτρική εκκένωση;

**7.** Υπέρηχοι με συχνότητα  $15 \text{ kHz}$   
μπορούν να χρησιμοποιηθούν για  
την παραγωγή εικόνων των οργά-  
νων του ανθρώπινου σώματος. Αν

η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στο σώμα μας είναι  $1,5 \text{ km/s}$  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  $1.020 \text{ m}$  από αυτή. Εσύ και ο φίλος σου θα ακούσετε τον ήχο της καμπάνας ταυτόχρονα; α) Συμβουλεύσου 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  $200 \text{ Hz}$ .

**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 αφού του φώναξε και από το δεύτερο ακούγεται 2 s μετά την πρώτη ηχώ. Αν γνωρίζει 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 ισοροπία 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, σκοινί, 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 μηκούς 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**

# ΕΝΟΤΗΤΑ 3

## ΟΠΤΙΚΗ

**Κεφάλαιο 6 : Φύση και διάδοση του φωτός**

**Κεφάλαιο 7 : Ανάκλαση του φωτός**

**Κεφάλαιο 8 : Διάθλαση του φωτός**

**Κεφάλαιο 9 : Φακοί και οπτικά όργανα**



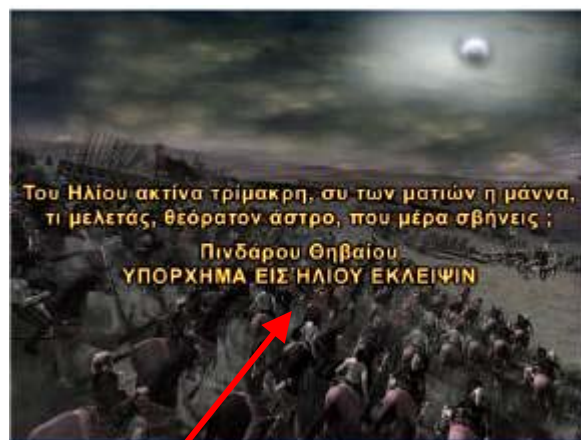
**Από πολύ παλιά οι άνθρωποι εκτίμησαν τη σημασία του φωτός για την κατανόηση του κόσμου που μας περιβάλλει και ως μέσο ανταλλαγής πληροφοριών. Μέχρι την ανακάλυψη της φωτιάς το άπλετο φως του ήλιου και το αμυδρό φως της σελήνης ήταν ο μοναδικός τρόπος φωτισμού. Με την ανακάλυψη της φωτιάς, ο προϊστορικός άνθρωπος έστειλε οπτικά μηνύματα με τη βοήθειά της σε μεγάλες αποστάσεις. Ο σύγχρονος άνθρωπος, κατανοώντας τη δύναμη της εικόνας στη μετάδοση της πληροφορίας και υποβοηθούμενος από την ανάπτυξη της τεχνολογίας, μεταδίδει ένα σημαντικό μέρος των πληροφοριών με τη βοήθεια της εικόνας που σχηματίζεται στην οθόνη της τηλεόρασης ή του**

**ηλεκτρονικού υπολογιστή. Γι' αυτό το λόγο από πολλούς η εποχή μας χαρακτηρίζεται και ως εποχή της εικόνας. Σε αυτή την ενότητα θα μελετήσουμε τις ιδιότητες του φωτός, τα φαινόμενα της ανάκλασης, της διάθλασης και της ανάλυσης του φωτός και θα απαντήσουμε τα ερωτήματα: Πως σχετίζεται το φως με την ενέργεια; Πως λειτουργεί το μάτι μας, το μικροσκόπιο, το τηλεσκόπιο και η φωτογραφική μηχανή;**

**μια μικρή ιστορία...**

**Ο Ειρηνοποιός Ήλιος**  
Το 4ο έτος της 48ης Ολυμπιάδας ή αντίστοιχα την 28η Μαΐου του 585 π.Χ. και ενώ η μάχη μεταξύ Λυδών και Περσών βρισκόνταν σε εξέλιξη ο Ήλιος άρχισε σιγά - σιγά να

σβήνει: μια ολική έκλειψη Ηλίου  
ελάμβανε χώρα. Τα εμπόλεμα μέρη  
θεώρησαν το φυσικό φαινόμενο ως  
σημείο των θεών και συνήψαν  
ειρήνη. Ο Ηρόδοτος στα ιστορικά  
του αναφέρει ότι ο Θαλής ο  
Μιλήσιος πρόβλεψε την παραπάνω  
έκλειψη Ηλίου. Τι είναι ο Ήλιος;  
Πως προκύπτει η μέρα και η νύκτα;  
Πότε εκδηλώνεται μια έκλειψη  
Ηλίου ή Σελήνης;



Του Ηλίου ακτίνα τρίμακρη, συ των  
ματιών η μάννα, τι μελετάς,  
θεόρατον άστρο, που μέρα σβήνεις;  
Πινδάρου Θηβαίου  
ΥΠΟΡΧΗΜΑ ΕΙΣ ΗΛΙΟΥ ΕΚΚΛΕΙΨΙΝ

**Στο κεφάλαιο αυτό:**

- **Θα διαπιστώσεις ότι το φως μεταφέρει ενέργεια.**
- **Θα μάθεις τα χαρακτηριστικά της ενέργειας του φωτός και τα αποτελέσματά της.**
- **Θα γνωρίσεις τον τρόπο διάδοσης του φωτός και τις παράξενες ιδιότητες της ταχύτητάς του**

## ΦΥΣΗ

## ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

### ΦΩΣ: ΑΠΟ ΤΗ ΜΥΘΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Στις μυθολογίες των περισσότερων αρχαίων λαών στις οποίες περιγράφεται η δημιουργία του κόσμου το φως και το σκοτάδι θεωρούνται βασικά συστατικά των σωμάτων. Το φως συνδέεται με την έννοια του θερμού, ενώ το σκοτάδι με την έννοια του ψυχρού.

Στη σύγχρονη εποχή το φως μας βοηθάει να πραγματοποιήσουμε εξαιρετικά λεπτές χειρουργικές επεμβάσεις, να χαράξουμε σήραγγες, να μετρήσουμε με ακρίβεια μεγάλες αποστάσεις κ.ά.

### Φως και όραση

*Τα μάτια μας είναι η κύρια πηγή πληροφοριών για τον εξωτερικό κόσμο. Αλλά πώς βλέπουμε; Τι εννοούμε με την έκφραση «ρίξε μια ματιά»; Μήπως εννοούμε ότι κάτι εκπέμπεται από τα μάτια μας και με αυτό τον τρόπο βλέπουμε; Γιατί βλέπουμε καλύτερα την ημέρα και όχι τη νύχτα;*

Ανά τους αιώνες υπήρξαν πολλές και διαφορετικές αντιλήψεις για τη σχέση του φωτός με την όραση.

**Η εξέλιξη των αντιλήψεων για την όραση**

Ορισμένοι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι όπως ο Πυθαγόρας, ο Δημόκριτος και ο Αριστοτέλης ερμήνευαν την όραση θεωρώντας ότι



κάθε αντικείμενο που παρατηρούμε εκπέμπει σωματίδια. Τα σωματίδια αυτά εισέρχονται στο μάτι μας και διεγείρουν την όραση (εικόνα 6.1).

### Εικόνα 6.1

**1η άποψη:** Όλα τα ορατά αντικείμενα εκπέμπουν σωματίδια που φθάνουν

στο μάτι μας και διεγείρουν το αίσθημα της όρασης.



Η πιο διαδεδομένη όμως άποψη για την όραση ήταν αυτή που διατυπώθηκε από τους Εμπεδοκλή, Πλάτωνα και Ευκλείδη. Σύμφωνα με αυτή, διακρίνουμε ένα αντικείμενο όταν ρεύμα φωτιάς (θείον πυρ) εξέρχεται από τα μάτια μας και πέ-

φτει πάνω στο αντικείμενο (εικόνα 6.2).

## Εικόνα 6.2

**2η άποψη:**<sup>1</sup> «Θείον πυρ» εκπέμπεται από τα μάτια μας και έτσι βλέπουμε.



**1.**

**Μπορείς να σκεφθείς ένα επιχείρημα με το οποίο να αντικρούσεις την παραπάνω άποψη;**

Μόλις τον 11ο αιώνα μ.Χ. ο Άραβας αστρονόμος Αλχάζεν έδειξε ότι η πρώτη άποψη είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα. Ισχυρίστηκε ότι, αν από τα μάτια μας εξερχόταν ρεύμα φωτός, τότε θα ήταν δυνατό

να διακρίνουμε όλα τα αντικείμενα και σε απόλυτο σκοτάδι.

### Εικόνα 6.3

Βλέπουμε τη σελήνη γιατί φωτίζεται από τον ήλιο.



Η σελήνη είναι **ετερόφωτο σώμα**<sup>1</sup>.

1.

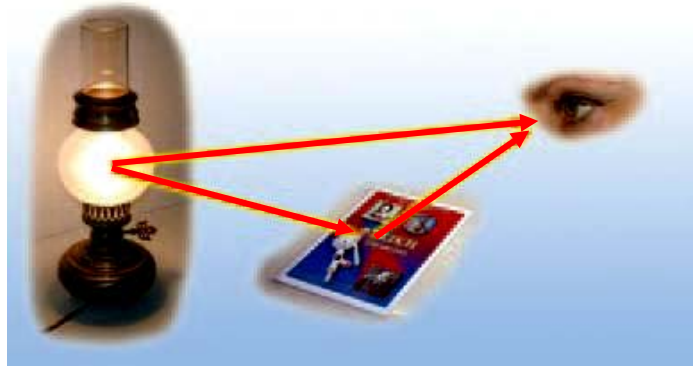
Αν η σελήνη ήταν αυτόφωτο σώμα, θα είχαμε διαρκώς πανσέληνο. Μπορείς να αιτιολογήσεις την παραπάνω πρόταση;

### Σύγχρονες αντιλήψεις για την όραση

Για να διακρίνουμε ένα αντικείμενο, δεν είναι αρκετό να έχουμε τα μάτια μας ανοιχτά. Πρέπει ταυτόχρονα το αντικείμενο να φωτίζεται. Έτσι βλέπουμε κατά τη διάρκεια

της ημέρας επειδή υπάρχει το φως του ήλιου, ενώ δεν βλέπουμε στο σκοτάδι το οποίο είναι η ανυπαρξία φωτός. Τα αντικείμενα τα βλέπουμε είτε επειδή τα ίδια είναι φωτεινές πηγές, δηλαδή εκπέμπουν φως, και τα ονομάζουμε **αυτόφωτα** (εικόνα 6.4α), είτε επειδή φωτίζονται από άλλες φωτεινές πηγές και τα ονομάζουμε **ετερόφωτα** (εικόνα 6.3). Ένα ετερόφωτο αντικείμενο επανεκπέμπει προς κάθε κατεύθυνση ένα μέρος του φωτός που φθάνει σ' αυτό (εικόνα 6.4β).

Όταν φως που προέρχεται από ένα αντικείμενο εισέλθει στα μάτια μας διεγείρει τα οπτικά κύτταρα. Η διέγερση αυτή μεταβιβάζεται στον εγκέφαλο ο οποίος επεξεργάζεται κατάλληλα το σήμα και βλέπουμε.



## **Εικόνα 6.4** **Σύγχρονη αντί-** **ληψη για την όραση.**

(α) Η λάμπα εκπέμπει δικό της φως: είναι αυτόφωτο σώμα. (β) Το βιβλίο φωτίζεται από τη λάμπα: είναι ετερόφωτο σώμα. (γ) Βλέπουμε τη λάμπα γιατί στο μάτι μας φθάνει φως που εκπέμπεται απευθείας από αυτή. Βλέπουμε το βιβλίο γιατί στο μάτι μας φθάνει φως της λάμπας που επανεκπέμπεται από αυτό.

## **Φως και ενέργεια**

### **Το φως μεταφέρει ενέργεια**

Η ενέργεια που μεταφέρει το φως ονομάζεται **φωτεινή ενέργεια** η οποία αποτελεί ειδική περίπτωση της ενέργειας ακτινοβολίας. Έτσι η

φωτεινή ενέργεια όπως κάθε μορφή ενέργειας είναι δυνατόν να μετασχηματιστεί σε άλλες μορφές.

### **Εικόνα 6.5**

Το ακτινόμετρο είναι συσκευή που αποτελείται από μια γυάλινη φιάλη και έναν κατακόρυφο άξονα γύρω από τον οποίο μπορούν να περιστρέφονται τα πτερύγια. Από το εσωτερικό της φιάλης έχει αφαιρεθεί σχεδόν όλος ο αέρας έτσι ώστε τα πτερύγια κινούνται ευκολότερα.



Όπως είδαμε και στη διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία, η φωτεινή ενέργεια μεταφέρεται με τα φωτόνια. Κάθε φωτόνιο μεταφέρει μια καθορισμένη ποσότητα ενέργειας. Φωτόνια που αντιστοιχούν σε φως πράσινου χρώματος έχουν

όλα ακριβώς την ίδια ενέργεια. Το ίδιο συμβαίνει και με τα φωτόνια που αντιστοιχούν σε φως κόκκινου χρώματος. Τα φωτόνια όμως του κόκκινου χρώματος έχουν μικρότερη ενέργεια από τα φωτόνια του πράσινου.

## **Μετασχηματισμοί της φωτεινής ενέργειας**

**Το φως προκαλεί θέρμανση**

*Γιατί όταν ένα αντικείμενο φωτίζεται θερμαίνεται;*

Όταν απορροφώνται φωτόνια από τους δομικούς λίθους ενός σώματος, για παράδειγμα άτομα ή μόρια, τότε αυξάνεται η κινητική τους ενέργεια με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία του σώματος. Σε αυτή την περίπτωση η φωτεινή ενέργεια μετασχηματίζεται σε θερμική. Στους ηλιακούς θερμοσίφωνες

**αξιοποιούμε την ενέργεια του ηλιακού φωτός για να θερμάνουμε το νερό.**

## **Το φως προκαλεί κίνηση**

**Όταν εκθέσουμε ένα ακτινόμετρο στο ηλιακό φως ή στο φως ενός επιτραπέζιου φωτιστικού, τότε τα πτερύγιά του περιστρέφονται (εικόνα 6.5). Η ενέργεια των φωτονίων που προσπίπτουν στο ακτινόμετρο μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια των πτερυγίων του.**

## **Το φως προκαλεί χημικές αντιδράσεις.**

***Από πού προέρχεται η ενέργεια των τροφών;***

**Τα πράσινα μέρη των φυτών απορροφούν ορισμένα από τα φωτόνια που προέρχονται από τον ήλιο. Η ενέργεια αυτών των φωτονίων προκαλεί χημική αντίδραση που ονομάζεται φωτοσύνθεση.**



**Κατά τη φωτοσύνθεση παράγεται μια χημική ένωση που ονομάζεται γλυκόζη (είδος ζάχαρης). Με τη φωτοσύνθεση η φωτεινή ενέργεια μετατρέπεται σε χημική που αποθηκεύεται στη γλυκόζη (θρεπτικές ουσίες των φυτών).**

**Το φως προκαλεί ηλεκτρικό ρεύμα**

**Είδαμε στο κεφάλαιο του ηλεκτρισμού ότι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι συσκευές που μετασχηματίζουν τη φωτεινή ενέργεια σε ηλεκτρική. Στους υπολογιστές τσέπης, στα ηλιακά αυτοκίνητα αλλά και σε διαστημικά οχήματα υπάρχουν φωτοβολταϊκά στοιχεία στα οποία η φωτεινή ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική.**

**Το φως προκαλεί την όραση**

**Όταν φθάσει στα μάτια μας φως προκαλούνται χημικές αντιδράσεις στα οπτικά κύτταρα και τελικά η**

φωτεινή ενέργεια μετατρέπεται σε χημική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική. Το ηλεκτρικό σήμα που παράγεται μεταφέρεται μέσω του οπτικού νεύρου στο αντίστοιχο κέντρο του εγκεφάλου και δημιουργείται το αίσθημα της όρασης.

### Εικόνα 6.6

Αυτό το ωκεάνιο ψάρι εκπέμπει φως από διάφορα όργανα του σώματός του.



Πολλά είδη έμβιων οργανισμών που ζουν στους ωκεανούς ή στην ξηρά εκπέμπουν φως. Το φαινόμενο αυτό λέγεται **βιοφωτισμός**<sup>1</sup>. Ορισμένα από τα κύτταρα αυτών των οργανισμών περιέχουν μόρια τα οποία αντιδρούν με το οξυγόνο. Τα μόρια των προϊόντων που παράγονται περιέχουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας την

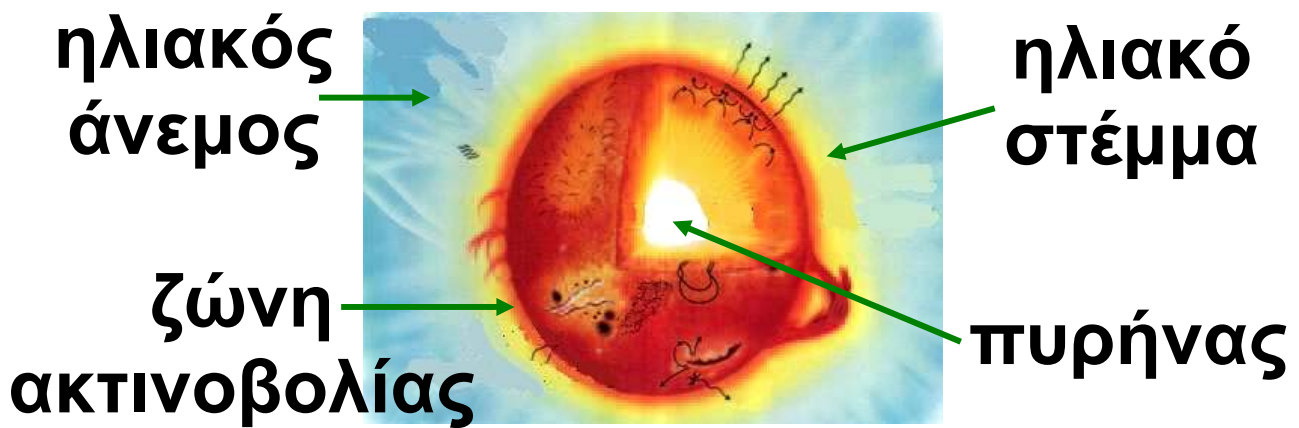
οποία εκπέμπουν με μορφή φωτονίων. Έτσι η χημική ενέργεια μετασχηματίζεται σε φωτεινή.

**1.**

Αναζήτησε πληροφορίες για θαλάσσιους και χερσαίους οργανισμούς που εκπέμπουν φως. Κατασκεύασε ένα φωτογραφικό άλμπουμ.

## **Φωτεινές πηγές**

**Φωτεινή πηγή** ονομάζεται ένα σώμα ή μια συσκευή που εκπέμπει φως. Σε κάθε φωτεινή πηγή κάποια μορφή ενέργειας μετατρέπεται σε φωτεινή. Στον αναμμένο ηλεκτρικό λαμπτήρα η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική και φωτεινή ενέργεια. Στο αναμμένο κερί η χημική ενέργεια της ουσίας που καίγεται μετατρέπεται επίσης σε θερμική και φωτεινή ενέργεια.



## Εικόνα 6.7

### Ενέργεια από τον ήλιο

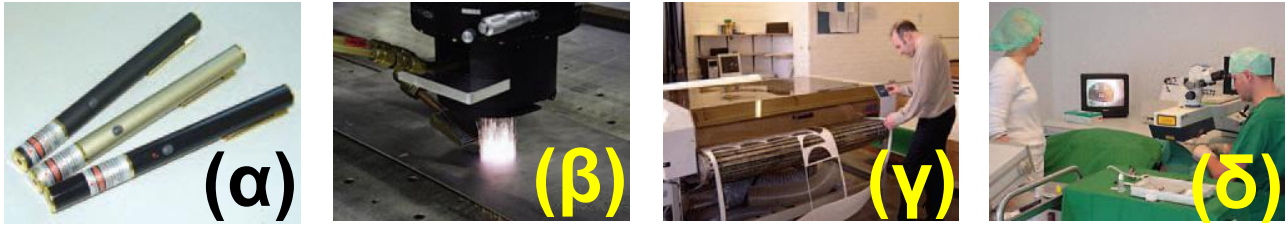
Στον πυρήνα του ήλιου γίνονται πυρηνικές αντιδράσεις με τις οποίες πυρηνική ενέργεια μετατρέπεται κυρίως σε θερμική. Η θερμική ενέργεια μεταφέρεται με ρεύματα στην επιφάνεια και μετατρέπεται σε ενέργεια ακτινοβολίας στη φωτόσφαιρα απ' όπου εκπέμπεται στο διάστημα. Για μια πυρηνική αντίδραση παράγεται ένα εκατομμύριο φορές περισσότερη ενέργεια απ' όση σε μια χημική αντίδραση καύσης υλικού ίσης μάζας.

Η κύρια πηγή φωτεινής ενέργειας για τη Γη είναι ο Ήλιος. Στο εσωτερικό του Ήλιου πραγματοποιούνται πυρηνικές αντιδράσεις (εικόνα 6.7). Ένα μέρος της πυρηνικής ενέργειας που ελευθερώνεται κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις μετατρέπεται σε φωτεινή ενέργεια. Η φωτεινή ενέργεια μεταφέρεται με τα φωτόνια που εκπέμπονται από τον ήλιο στο διάστημα. Ένα πολύ μικρό μέρος αυτής της ενέργειας φθάνει στην επιφάνεια της Γης.

Υπάρχουν φυσικές φωτεινές πηγές όπως ο Ήλιος και τα υπόλοιπα άστρα. Υπάρχουν επίσης τεχνητές φωτεινές πηγές που έχουν κατασκευαστεί από τον άνθρωπο για να εκπέμπουν φως όπως η φλόγα ενός κεριού ή το πυρακτωμένο σύρμα ενός λαμπτήρα. Υπάρχουν θερμές φωτεινές πηγές, δηλαδή

**σώματα που εκπέμπουν φως λόγω της υψηλής θερμοκρασίας τους, όπως ο ήλιος, ο αέρας (φλόγα κε-ριού, σπινθήρας, αστραπή) ή το πυρακτωμένο νήμα ενός λαμπτήρα. Στις θερμές φωτεινές πηγές οι δο-μικοί τους λίθοι κινούνται πολύ έντονα, συγκρούονται μεταξύ τους με τελικό αποτέλεσμα μέρος της κινητικής τους ενέργειας να μετα-τρέπεται σε φωτεινή ενέργεια.**

**Ένα σώμα όμως είναι δυνατόν να εκπέμπει φως ακόμα και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αυτό συμβαίνει στην οθόνη της τηλε-όρασης, στους σωλήνες φωτεινών διαφημίσεων και στις λάμπες φθο-ρισμού. Τέτοια σώματα ονομάζο-νται ψυχρές φωτεινές πηγές.**



## Εικόνα 6.8

Πεδίο εφαρμογής λέιζερ: (α) δείκτες λέιζερ, (β) διάτρηση μετάλλων, (γ) κοπή υφάσματος, (δ) Ιατρική

Εκτός από τις συνήθεις πηγές φωτός υπάρχει επίσης και η πηγή λέιζερ (laser). Η φωτεινή πηγή λέιζερ εκπέμπει συγχρόνως φωτόνια της ίδιας ενέργειας προς την ίδια κατεύθυνση. Η φωτεινή δέσμη που εκπέμπεται με αυτό τον τρόπο είναι πολύ ισχυρή και επιπλέον διατηρείται λεπτή σε πολύ μεγάλη απόσταση από την πηγή. Μια πηγή λέιζερ μετασχηματίζει πολύ μικρό μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που της προσφέρεται σε φωτεινή. Σήμερα το πεδίο εφαρμογής του λέιζερ είναι

**πολύ μεγάλο και διαρκώς διευρύνεται. Η δέσμη λέιζερ χρησιμοποιείται στις τηλεπικοινωνίες, τη διάτρηση των μετάλλων και την τήξη δύστηκτων υλικών. Επειδή η δέσμη παραμένει ευθύγραμμη σε πολύ μεγάλη απόσταση, χρησιμοποιείται από τους μηχανικούς στη χάραξη δρόμων -όπως συνέβη στην κατασκευή της σήραγγας της Μάγχης- καθώς επίσης και από τους τοπογράφους για την ακριβή μέτρηση αποστάσεων. Τέλος επειδή προκαλεί εξαιρετικά εντοπισμένες μεταβολές χρησιμοποιείται σε λεπτές χειρουργικές επεμβάσεις, όπως στο μάτι, ή σαν μαχαίρι που κόβει γρήγορα και με ακρίβεια τα υφάσματα σε εργοστάσια κατασκευής ρούχων (εικόνα 6.8).**



# Περιεχόμενα 4ου τόμου

## ΕΝΟΤΗΤΑ 2 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

### Κεφάλαιο 4. Ταλαντώσεις

ΠΕΡΙΟΔΙΚΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ.....	12
4.1. Ταλαντώσεις .....	14
4.2. Μεγέθη που χαρακτηρίζουν μια ταλάντωση.....	20
4.3. Ενέργεια και ταλάντωση.....	29

### Κεφάλαιο 5. Μηχανικά κύματα

Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΑΞΙΔΕΥΕΙ.....	51
5.1. Μηχανικά κύματα .....	52
5.2. Κύμα και ενέργεια.....	63
5.3. Χαρακτηριστικά μεγέθη του κύματος .....	66

5.4. Ήχος.....	83
5.5. Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου.....	95

## **ΕΝΟΤΗΤΑ 3 ΟΠΤΙΚΗ**

### **Κεφάλαιο 6. Φύση και διάδοση του φωτός**

<b>ΦΩΣ ΑΠΟ ΤΗ ΜΥΘΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ.....</b>	<b>133</b>
<b>6.1. Φως: όραση και ενέργεια ...</b>	<b>134</b>



**Με απόφαση της Ελληνικής Κυβέρνησης τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου και του Λυκείου τυπώνονται από τον Οργανισμό Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν βιβλιόσημο προς απόδειξη της γνησιότητάς τους. Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δε φέρει βιβλιόσημο, θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7, του Νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946, 108, Α΄).**



***Απαγορεύεται η αναπαραγωγή  
οποιοδήποτε τμήματος αυτού του  
βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα  
(copyright), ή η χρήση του σε  
οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή  
άδεια του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.***



