

## **Διδακτική πρόταση για τη μελέτη μηχανικών κυμάτων στη Γ Γυμνασίου**

Με την ενότητα των κυμάτων επιδιώκεται οι μαθητές να οικοδομήσουν την έννοια μηχανικό κύμα. Με το τέλος της ενότητας οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να:

- Δίνουν τον ορισμό του κύματος
- Αναγνωρίζουν την αιτία δημιουργίας του κύματος (ύπαρξης πηγής)
- Συσχετίζουν την ύπαρξη κύματος με μεταφορά ενέργειας και όχι με μεταφορά ύλης στο μέσο μέσα στο οποίο κινείται.
- Ταξινομούν τα κύματα σε εγκάρσια και διαμήκη
- Περιγράφουν με φυσικά μεγέθη την εικόνα ενός κύματος
- Γνωρίζουν και να ερμηνεύουν την εξίσωση διάδοσης του κύματος (κυματική εξίσωση)

Έρευνες δείχνουν ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν αρκετές δυσκολίες στη κατανόηση της έννοιας κύμα και της περιγραφής της κυματικής κίνησης.

Για πληρέστερη κατανόηση της ενότητας των κυμάτων πρέπει όχι μόνο να γίνεται η περιγραφή- παρουσίαση της έννοιας κύματος και των φυσικών μεγεθών που το περιγράφουν αλλά και να αντιμετωπίζονται αυτές οι δυσκολίες-παρανοήσεις.

### **Εννοιολογικές δυσκολίες**

Για τη περιγραφή της εικόνας ενός κύματος και της κίνησης κυμάτων χρησιμοποιούνται ήδη γνωστές έννοιες από τη κινηματική σωματιδίων αλλά και καινούργιες. Αρκετές φορές όμως οι μαθητές φθάνοντας αυτή την ενότητα δεν έχουν την απαιτούμενη κατανόηση προαπαιτούμενων εννοιών όπως Ενέργεια, Συχνότητα, Περίοδος.

Συχνά χρησιμοποιούν την έννοια “Δύναμη” με ιδιαίτερο τρόπο για να περιγράψουν τη διάδοση του κύματος. Η έννοια “Δύναμη” χρησιμοποιείται με ένα “συγκρητικό” τρόπο που μπορεί να περιλαμβάνει έννοιες όπως Δύναμη, Ενέργεια Ορμή. Έτσι, θεωρούν ότι το χέρι (πηγή) δίνει μια “Δύναμη” στο κυματικό παλμό και μάλιστα όσο πιο μεγάλη Δύναμη “παίρνει” ο κυματικός παλμός τόσο πιο μεγάλη ταχύτητα αποκτά.

Προσπαθώντας να εξηγήσουν τη κίνηση του κύματος εστιάζουν μόνο στο σχήμα του. Η εικόνα του κύματος που κινείται (εξόγκωμα) θεωρείται σαν ένα υλικό αντικείμενο που κινείται, άρα και η κίνηση του θα πρέπει να εξηγείται με όρους κινηματικής. Θεωρούν ότι η κυματική κίνηση εξαρτάται **μόνο** από τις αρχικές συνθήκες (το πως γίνεται το ανεβοκατέβασμα του χεριού) π.χ. ό,τι συμβαίνει σε μια μπάλα που τη πετάμε και μετά αυτή κινείται στον αέρα.

Έτσι, για τους μαθητές το πόσο πολύ (πλάτος κύματος) κινούμε ένα σκοινί επηρεάζει τη ταχύτητα που αποκτά το κύμα που δημιουργείται.

Το μέσο διάδοσης δεν θεωρούν ότι παίζει κάποιο ρόλο στη διάδοση του κύματος.

Δυσκολεύονται να αντιληφθούν ότι

- Η διάδοση του κύματος οφείλεται **σε αλληλεπίδραση και μεταφορά ενέργειας** μόνο, μεταξύ γειτονικών σωματιδίων του μέσου διάδοσης και όχι **σε μεταφορά ύλης**.
- Η ταχύτητα διάδοσης εξαρτάται **αποκλειστικά** από τις ιδιότητες του μέσου διάδοσης

Θεωρούν επίσης ότι η ταχύτητα διάδοσης του κύματος συσχετίζεται με κάποιο τρόπο με το μέγεθος (επιφάνεια) του κύματος (κυματική μορφή). Έτσι, κύματα μεγάλου μεγέθους κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα.

Τέλος, όσον αφορά την κυματική εξίσωση θα πρέπει να την κατανοούν τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά. Είναι σημαντικό, πέρα από τις απλές εφαρμογές αντικατάστασης αριθμητικών τιμών να καταλάβουν ότι η εξίσωση συσχετίζει **τρία φυσικά μεγέθη**

- τη ταχύτητα διάδοσης
- το μήκος κύματος
- και τη περίοδο (συχνότητα) κύματος.

Δηλαδή, αν θέλουμε να προβλέψουμε τη μεταβολή **ταχύτητας διάδοσης** του κύματος, σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, θα πρέπει να εξετάζουμε αν αλλάζουν ταυτόχρονα και το μήκος κύματος και η συχνότητα (περίοδος) του κύματος. Συνήθως οι μαθητές τείνουν να αναφέρονται στη μεταβολή μόνο μιας ποσότητας (π.χ μήκος κύματος) παραβλέποντας τυχόν μεταβολή της άλλης ποσότητας (π.χ. περίοδος).

## Διδακτικές δραστηριότητες

Μπορούμε να δείξουμε δυο εικόνες διαφορετικών μορφών κύματος, για παράδειγμα έναν αθλητή surfing και την εικόνα μιας επιφάνειας νερού σε σημείο της οποίας πέφτουν μικρά βοτσαλάκια.

Ζητάμε από τους μαθητές να περιγράψουν τι ακριβώς βλέπουν. Σκοπός των ερωτήσεων είναι να αρχίσουν να διακρίνουν τα χαρακτηριστικά της μορφής των κυμάτων.

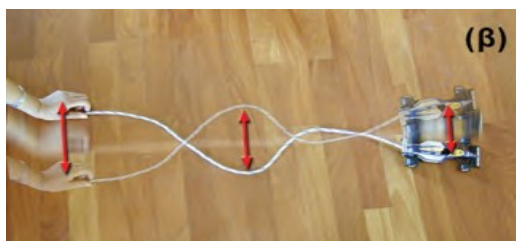
Στη συνέχεια, ο καθηγητής μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα ελατήριο κυματισμών όπου κρατώντας το ένα άκρο του να αρχίσει να το μετακινεί πάνω κάτω.



Με το παράδειγμα αυτό και με συζήτηση επιδιώκουμε να

κατανοήσουν οι μαθητές ότι για την δημιουργία ενός κύματος απαιτείται μια διαταραχή. Αυτή μπορεί να είναι μια ταλάντωση. Η διαταραχή στη συνέχεια μεταδίδεται κατά μήκος του μέσου διάδοσης

Χρήσιμη έννοια για τη μελέτη των κυμάτων είναι ο **κυματικός παλμός** και σαν εικόνα ('στιγμιότυπο') κύματος. Μπορούμε να δώσουμε το παράδειγμα του βιβλίου με το αμαξάκι στο οποίο έχουμε δέσει ένα σκοινί. Αν κρατήσουμε το σκοινί από το άλλο άκρο και το μετακινήσουμε μια φορά πάνω κάτω θα παρατηρήσουμε (με κάποια χρονική καθυστέρηση) την ίδια μορφή κίνησης στο αμαξάκι.

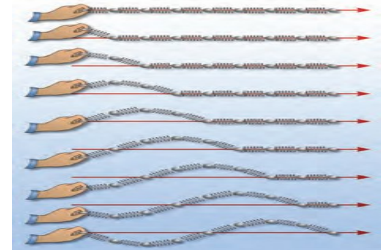


Επαναλαμβάνοντας την ίδια κίνηση δίνουμε μια πρώτη εικόνα ενός κύματος.

Η κατανόηση ότι τα κύματα μεταφέρουν μόνο ενέργεια και όχι ύλη μπορεί να γίνει πιο εύκολα χρησιμοποιώντας την εικόνα 5.8 του σχολικού βιβλίου. Η εικόνα αυτή (μηχανικό ανάλογο) περιγράφει ένα σύστημα σωματιδίων (μικρών σφαιρών) που συνδέονται μεταξύ τους με ελατήρια. Ο ρόλος των ελατηρίων είναι να μεταφέρουν την ενέργεια που αποκτά το ένα σωματίδιο στο επόμενο του. Τα

σωματίδια του μέσου διάδοσης αφού 'συνδέονται' μπορούν να μεταδίδουν την ενέργεια που αποκτούν κάθε φορά, καθώς κινούνται όχι μετακινούμενα κατά μήκος της διάδοσης αλλά κάνοντας μόνο ταλαντώσεις πάνω -κάτω, το κάθε ένα στο επόμενο του.

Επιπλέον, οι μαθητές μπορούν επίσης να αντιληφθούν τα δυο επίπεδα περιγραφής του κύματος το μακροσκοπικό (η εικόνα του



Εικόνα 5.8 σχολ.βιβλίου,

Μηχανισμός διάδοσης  
κύματος

κύματος που κινείται) και το μικροσκοπικό (τα σωματίδια του μέσου διάδοσης και η κίνησή τους) που εξηγεί την εικόνα του κύματος.

Στο σημείο αυτό καλούμε τους μαθητές να προσπαθήσουν να περιγράψουν τη κίνηση που κάνει το χέρι μας (ταλάντωση, με τη περίοδο/συχνότητα σαν το φυσικό μέγεθος που τη περιγράφει) και να τη διαφοροποιήσουν από τη κίνηση που κάνει το ίδιο το κύμα

Στη συνέχεια, προκειμένου να δείξουμε ότι μπορούμε να έχουμε δυο διαφορετικές κατηγορίες κυμάτων, τα **εγκάρσια** και τα **διαμήκη** χρησιμοποιούμε πάλι ελατήρια κυματισμών.

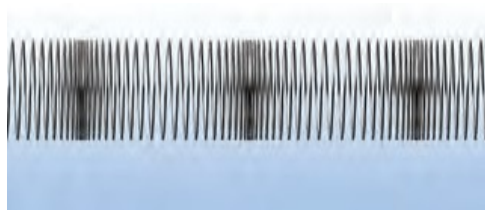
Χρησιμοποιώντας δυο ελατήρια κυματισμών δημιουργούμε δυο διαταραχές, τη πρώτη φορά, ανεβοκατεβάζοντας με το χέρι μας το ένα άκρο του ελατηρίου, ενώ τη δεύτερη φορά πιέζοντας το ένα άκρο του ελατηρίου κατά μήκος του και μετά αφήνοντάς το.

Ζητάμε από τους μαθητές να πουν αν βλέπουν κάποια διαφορά στη μορφή του κύματος που σχηματίζεται σε κάθε περίπτωση. Με συζήτηση μπορούμε να τους καθοδηγήσουμε να δουν ποιες είναι οι εικόνες των κυμάτων και πως κινείται κάθε φορά **το κύμα** που δημιουργείται **σε σχέση** με τη κίνηση που κάνουν **τα σωματίδια** του μέσου διάδοσης. Ονομάζουμε τα δυο διαφορετικά είδη που δημιουργούνται **εγκάρσια** και **διαμήκη**.

Επιπλέον, στα εγκάρσια κύματα υποδεικνύουμε τα σημεία που ονομάζουμε **όρη** και **κοιλιάδες**, ενώ στα διαμήκη κύματα τις περιοχές που είναι τα **πυκνώματα** και **αραιώματα**.



Σχήμα 1: Εγκάρσιο κύμα



Σχήμα 2: Διαμήκες κύμα

## Τα φυσικά μεγέθη με τα οποία περιγράφουμε τα κύματα

Για να περιγράψουμε τα κύματα χρησιμοποιούμε τα παρακάτω φυσικά μεγέθη.

- Περίοδος κύματος (εναλλακτικά συχνότητα)
- Μήκος κύματος
- Ταχύτητα κύματος
- Πλάτος κύματος

Χρησιμοποιούμε πάλι δυο ελατήρια κυματισμών από τα οποία το ένα θα πρέπει να είναι σχετικά μεγάλης σκληρότητας .

Κουνάμε συνεχώς με το χέρι μας το ένα άκρο του ελατηρίου ώστε να σχηματίζεται ένα κύμα. Δίνουμε τον ορισμό του **πλάτους κύματος** σαν τη μέγιστη απόσταση από τη θέση ισορροπίας (αρχική θέση του ελατηρίου) που φθάνει το χέρι μας. Στη συνέχεια, παρατηρούμε σε αυτό τις κορυφές και τις καμπύλες που σχηματίζονται και κινούνται και τις έχουμε ονομάσει όρη και κοιλάδες.

Με **μετροταινία** και **χρονόμετρο** μπορούμε επίσης να υποδείξουμε στους μαθητές να υπολογίσουν την απόσταση μεταξύ δυο συνεχόμενων κορυφών/κοιλάδων σε διαφορετικές περιοχές του κύματος (υπολογισμός μήκους κύματος) όπως και τα χρονικά διαστήματα που απαιτούνται για να φθάνουν τα όρη/κοιλάδες του κύματος που δημιουργούνται σε διαφορετικά σημεία του κύματος στην αμέσως επόμενη κορυφή/κοιλάδα (περίοδος κύματος).

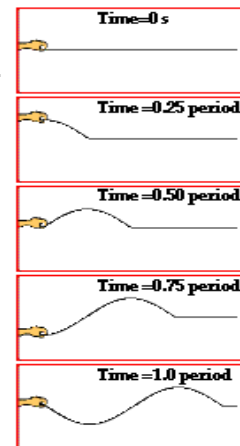
Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία με το ελατήριο μεγαλύτερης σκληρότητας, αλλά αυτή τη φορά δημιουργώντας κύμα σπρώχνοντας (ή τεντώνοντας) το ένα άκρο του ελατηρίου κατά μήκος του. Παρατηρούμε τώρα να κινούνται περιοχές **κατά** μήκος του ελατηρίου όπου οι σπείρες του εμφανίζονται “μαζεμένες” και

περιοχές του ελατηρίου όπου οι σπείρες του εμφανίζονται πιο αραιές. Πάλι με μετροταινία και χρονόμετρο υπολογίζουμε το μήκος κύματος (απόσταση μεταξύ διαδοχικών περιοχών μαζέματος ή αραιώσης σπειρών) και του χρονικού διαστήματος που απαιτείται ώστε μια περιοχή μαζέματος ή αραιώματος κινούμενη να εμφανισθεί ξανά.

## Η κυματική εξίσωση

Για τη μελέτη της εξίσωσης διάδοσης του κύματος (κυματική εξίσωση) μπορούμε να πραγματοποιήσουμε τη δραστηριότητα που απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.

(Τα διαφορετικά στιγμιότυπα που φαίνονται αντιστοιχούν το κάθε ένα σε χρονική περίοδο  $\frac{1}{4}$  της περιόδου.)



Χρησιμοποιούμε ένα σκοινί στο άκρο του οποίου μπορούμε να δέσουμε μια μικρή χρωματιστή κλωστή. Το απέναντι άκρο του σκοινιού είναι ελεύθερο. Μετακινούμε πάνω-κάτω (ταλάντωση) το άκρο του σκοινιού και βλέπουμε τη διαταραχή (κύμα) να αρχίζει να κινείται προς τα δεξιά.

Όταν το χέρι μας έχει κάνει μια πλήρη κίνηση πάνω-κάτω (ταλάντωση σε χρόνο μιας περιόδου  $T$ ), η διαταραχή που σχηματίζεται και τη μελετάμε με τη πρώτη κορυφή του κύματος, διαδίδεται σε απόσταση που όπως βλέπουμε είναι ίση με ένα μήκος κύματος.

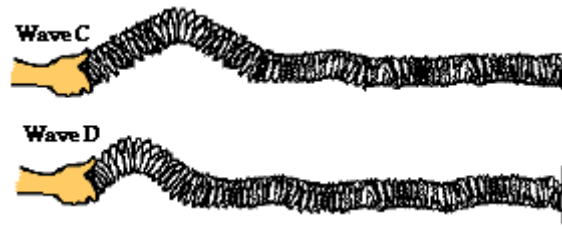
Εφαρμόζουμε την εξίσωση ταχύτητας, όπως τη γνωρίζουμε από τη κινηματική  $U = \frac{s}{t}$ , για τη κίνηση της πρώτης κορυφής του κύματος. Μετράμε πάλι με μετροταινία την απόσταση μεταξύ του χεριού μας που κινείται και της του σημείου που έχει φθάσει η κορυφή του κύματος σε χρόνο  $T$ . Καταλήγουμε έτσι στη κυματική εξίσωση  $U = \frac{\lambda}{T}$  ή αλλιώς  $U = \lambda \times f$

## Ερωτήσεις κατανόησης

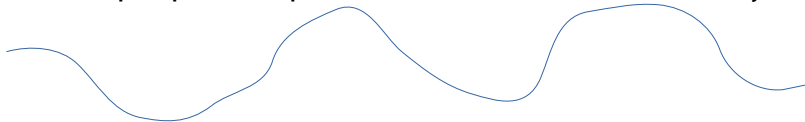
α) Διπλασιάζοντας τη συχνότητα ταλάντωσης της πηγής ενός κύματος θα διπλασιασθεί και η ταχύτητα διάδοσης του κύματος

β) Δημιουργούμε, χρησιμοποιώντας **το ίδιο ελατήριο**, δυο κύματα διαφορετικού μήκους κύματος. Ποιο από τα δυο κύματα θα φθάσει

στο απέναντι άκρο στο μικρότερο χρονικό διάστημα. Εξηγείστε την απάντησή σας.



γ) Ένα εγκάρσιο κύμα διαδίδεται σε σκοινί όπως στο σχήμα.



Αν μεταβάλλουμε μόνο το πλάτος της ταλάντωσης του χεριού, διατηρώντας σταθερή τη συχνότητα ποια από τα παρακάτω μεγέθη θα μεταβληθούν;

1. Η ταχύτητα του κύματος
2. Το μήκος κύματος
3. Η περίοδος του κύματος

δ) Δυο κύματα διαδίδονται στο ίδιο μέσο και έχουν συχνότητες  $f_a=200$  Hz και  $f_b=400$  Hz αντίστοιχα. Για τα μήκη κύματος  $\lambda_A$  και  $\lambda_B$  των κυμάτων αυτών ισχύει:

- 1)  $\lambda_A=2\lambda_B$       2)  $\lambda_B=2\lambda_A$       3)  $\lambda_B=\lambda_A$       4)  $\lambda_B=4\lambda_A$

\*\*\*\*\*Στην ιστοσελίδα <https://phet.colorado.edu> υπάρχουν αρκετές προσομοιώσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διδασκαλία αρκετών μαθημάτων φυσικών επιστημών. Η προσομοίωση για τα κυματικά φαινόμενα <https://phet.colorado.edu/el/simulation/wave-on-a-string> είναι αρκετά καλή, εύχρηστη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το καθηγητή.

Μια ακόμα διδακτική πρόταση διδασκαλίας των κυμάτων της Άννα Μπαράτση-Μπαράκου

<https://docplayer.gr/5284142-Anna-mparatsi-mparakoy.html>