

Υποκειμενικά Χαρακτηριστικά του Ήχου. Πρόταση Διδασκαλίας σε 14χρονους Μαθητές με την Συνδρομή: Διαδραστικής Προσομοίωσης – Συστήματος Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης

Βαμβακούσης Χριστόφορος¹, Μπρες Αλέξιος²

¹Φυσικός, τέως Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Θήρας

ecoxenia@san.forthnet.gr

²Φυσικός, Γυμνάσιο Εμπορείου Θήρας

alexisbres@yahoo.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία προτείνεται η αξιοποίηση διαδραστικής προσομοίωσης και Συστήματος Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης (Σ.Σ.Λ.Α.) για την διδασκαλία της ενότητας «Υποκειμενικά Χαρακτηριστικά του Ήχου» σε μαθητές Γ' Γυμνασίου.

Με τη χρήση της προσομοίωσης εισάγονται τα φαινόμενα: παραγωγή – διάδοση του ήχου στον αέρα και οι έννοιες: πυκνώματα – αραιώματα – ηχητικό κύμα. Παρουσιάζεται επίσης και ερμηνεύεται η λειτουργία του μικροφώνου σαν ανιχνευτής των μεταβολών της πίεσης του αέρα και υπενθυμίζεται η λειτουργία της ακοής.

Το Σ.Σ.Λ.Α (MBL-Vernier Lab Pro) με τον αισθητήρα «μικρόφωνο» οπτικοποιεί ήχους που εκφέρονται κυρίως από τους μαθητές και βοηθά στη μελέτη των υποκειμενικών χαρακτηριστικών του ήχου: ακουστότητα – ύψος – χροιά σε σχέση με τα φυσικά μεγέθη του ηχητικού κύματος: πλάτος – συχνότητα – κυματομορφή.

Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την πιλοτική εφαρμογή της πρότασης σε τάξη 23 μαθητών της Γ' Γυμνασίου. Οδηγίες των ρυθμίσεων του MBL-Vernier Lab Pro και βοηθητικά αρχεία είναι αναρτημένα στο <http://photodentro.edu.gr/aggregator/lo/photodentro-ugc-8525-310>

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Υποκειμενικά χαρακτηριστικά ήχου, προσομοίωση ηχητικού κύματος, MBL Vernier Lab Pro

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διδασκαλία της έννοιας «ήχος» σε 14χρονους μαθητές, σαν μηχανικό-ηχητικό κύμα, παρουσιάζει δυσκολίες δεδομένου ότι προϋποθέτει την κατανόηση και αποδοχή πολλών άλλων εννοιών, μεγεθών και μοντέλων όπως:

- Την έννοια της «ταλάντωσης» και των μεγεθών που την περιγράφουν (Περίοδος – Συχνότητα – Πλάτος – Ενέργεια).
- Την έννοια «ταλαντωτής» με τη διευρυμένη εκδοχή της.
- Το μοντέλο του «ελαστικού μέσου» και την υιοθέτηση της άποψης ότι ο αέρας και άλλα υλικά συμπεριφέρονται σαν «ελαστικά μέσα».
- Τις έννοιες «διεύθυνση διάδοσης» και «ταχύτητα διάδοσης» του ηχητικού κύματος.

- Την αντίληψη της διευρυμένης έννοιας «ταλάντωση» σαν περιοδική μεταβολή μιας ποσότητας (αυξομείωση της πίεσης και της πυκνότητας του αέρα για την περίπτωση του ήχου) και την αποδοχή της περιγραφής του ήχου με τα χαρακτηριστικά μεγέθη της ταλάντωσης.

Στην ενότητα «Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου» κύριος διδακτικός στόχος, σύμφωνα με το Βιβλίο του Καθηγητή, είναι «Να διακρίνουν τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου» (Αντωνίου κ.ά. 2001). Στην ανάπτυξη της ενότητας στο σχολικό εγχειρίδιο οι μαθητές καλούνται να συσχετίσουν τα φυσικά μεγέθη του ηχητικού κύματος: συχνότητα, ένταση – πλάτος, κυματομορφή με τις έννοιες: ύψος, ακουστότητα, χροιά (Αντωνίου κ.ά. 2008) .

Αν και το φαινόμενο «ήχος» σχετίζεται με την άμεση εμπειρία των μαθητών, είναι σχετικά λίγες οι έρευνες καταγραφής και διδακτικής αξιοποίησης των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών για τον ήχο. Οι περισσότερες από αυτές αναφέρονται κυρίως στις προϋπάρχουσες αντιλήψεις και στα νοητικά μοντέλα των μαθητών για την παραγωγή και τη διάδοση του ήχου.

Μια σύντομη αναφορά στα συμπεράσματα αυτών των ερευνών δείχνει ότι:

1. Συχνά οι μαθητές υποθέτουν ότι η παραγωγή του ήχου οφείλεται στις φυσικές ιδιότητες των αντικειμένων (πχ. ο ήχος παράγεται γιατί το αντικείμενο είναι φτιαγμένο από πλαστικό ή από λάστιχο ή είναι παχύ, λεπτό, σκληρό ή τεντωμένο) (Driver et al., 2000, σελ. 244).
2. Η παραγωγή του ήχου οφείλεται στις δονήσεις/ταλαντώσεις. Αυτή η ερμηνεία εμφανίζεται κυρίως σε εκείνες τις περιπτώσεις που τα παιδιά μπορούν εύκολα να παρατηρήσουν τις ταλαντώσεις αυτές. Λίγες όμως είναι οι αναφορές για την διαδικασία μεταφοράς των δονήσεων στον αέρα. Γενικά οι μαθητές, οποιασδήποτε ηλικίας, σπάνια υποδεικνυαν ένα μηχανισμό για τον τρόπο με τον οποίο ταξιδεύει ο ήχος (Asoko H. et al, 1991).
3. Παιδιά μικρότερης ηλικίας, σπάνια αναφέρουν ότι χρειάζεται ο αέρας ή άλλο μέσο για να διαδοθεί ο ήχος. Θεωρούν δηλαδή ότι οι ήχοι μπορούν να ταξιδέψουν στον άδειο χώρο (Harkiewicz A. 1992 και Stephans J., 1996).
4. Στα σχολικά εγχειρίδια αναφέρεται ότι ο ήχος χρειάζεται ένα μέσο, μέσα στο οποίο θα ταξιδεύει. Ενώ δεν υπάρχει πρόβλημα για το ξύλο ή το νερό σαν μέσο, ο αέρας δεν γίνεται αισθητός με τον ίδιο τρόπο (Stephans J., 1996). Σε μεγαλύτερους μαθητές (16 ετών) η ιδέα του ήχου που ταξιδεύει στον αέρα αναγνωρίζεται σε ποσοστό 70% χωρίς ωστόσο να διασαφηνίζεται ο μηχανισμός διάδοσης (Asoko H. et al, 1991).

Ειδικότερα για τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του ήχου, αναφέρονται οι παρακάτω προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών:

1. Αρκετοί μαθητές συγχέουν την ένταση ενός ήχου με το ύψος του. Έτσι θεωρούν ότι οι υπέρηχοι είναι εξαιρετικά δυνατοί ήχοι ή ότι, αν χτυπήσουν ένα αντικείμενο δυνατότερα ή αν τραβήξουν μια χορδή πιο δυνατά, θα αλλάξει το ύψος του παραγόμενου ήχου (Stephans J., 1996 και Harkiewicz A., 1992).
2. Άλλοι μαθητές θεωρούν ότι, όταν το διαπασών χάνει ενέργεια ή «μικραίνει» η ταλάντωσή του, τότε αλλάζει και το ύψος του παραγόμενου ήχου (Harkiewicz A., 1992).

3. Αρκετοί μαθητές συγχέουν την ταχύτητα διάδοσης του ήχου με το πλάτος των δονήσεων και τη δύναμη που ασκούμε για την παραγωγή ήχων. Έτσι, οι μεγαλύτερες σε πλάτος δονήσεις ταξιδεύουν πιο αργά απ' ό,τι οι μικρές (σε πλάτος) δονήσεις (Asoko et al, 1991 και Maurines, 1993).
4. Πολλοί μαθητές συνδέουν τα ανεξάρτητα χαρακτηριστικά των κυμάτων – το πλάτος, τη συχνότητα και την ταχύτητα διάδοσής τους – με τη συνολική τους ένταση. Για παράδειγμα, μια κοινή πεποίθηση είναι ότι μια γρήγορη ταλάντωση εγγυάται μεγάλο πλάτος και μεγάλη ταχύτητα διάδοσης ή αντίστροφα ένα μικρό πλάτος συνεπάγεται χαμηλή ταχύτητα διάδοσης (Stephans J., 1996).
5. Οι μαθητές συχνά σκέφτονται τη συχνότητα με όρους χρονικών μονάδων και τη συγχέουν με την περίοδο (Stephans J., 1996).

Σαν πιθανές αιτίες των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών για τον ήχο και τα χαρακτηριστικά του θα μπορούσαν να αναφερθούν:

- Η πεποίθηση ότι τα μη ορατά δεν υπάρχουν.
- Η ερμηνεία των φαινομένων μόνο με βάση τα άμεσα παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά τους.
- Η χρήση λέξεων – όρων χωρίς να έχει γίνει αντιληπτό το εννοιολογικό τους περιεχόμενο.

Γενικότερα, η προσέγγιση του «οικείου ήχου» από την «αυστηρή» σκοπιά της Φυσικής, σαν χωρική επέκταση μιας ταλάντωσης (της πηγής) σε κατάλληλο (ελαστικό) μέσο και μάλιστα με τρόπο ώστε να μεταφέρεται ενέργεια χωρίς να μεταφέρεται ύλη (ηχητικό κύμα), απαιτεί υψηλό βαθμό αφαιρετικής ικανότητας από την μεριά των διδασκωμένων. Όπως παρατηρεί ο J. Stephans «Η σύνδεση της έννοιας του ήχου με τα κύματα μπορεί να προκαλέσει σύγχυση, αφού τα ηχητικά κύματα δεν μπορούν να παρατηρηθούν όπως τα κύματα του νερού» (Stephans J., 1996).

Η πρόταση διδασκαλίας των υποκειμενικών χαρακτηριστικών του ήχου, που θα παρουσιάσουμε στη συνέχεια, βασίζεται στην οπτικοποίηση ακουστικών ερεθισμάτων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν:

- Ήχοι από διαδραστική προσομοίωση με ταυτόχρονη απεικόνιση των ηχητικών κυμάτων σαν περιοδικές μεταβολές της πίεσης σε διάγραμμα πίεσης – χρόνου, αλλά και οπτικής απεικόνισης της κίνησης των μορίων του αέρα.
- Ήχοι που εκφέρονται από τους ίδιους τους μαθητές με ταυτόχρονη καταγραφή και απεικόνιση σε διαγράμματα πίεσης-χρόνου, με χρήση του αισθητήρα «μικρόφωνο» του MBL Vernier Lab Pro.

Οι μαθητές καλούνται, ακολουθώντας το φύλλο εργασίας, να αντιστοιχίσουν τους ήχους τους οποίους ακούν με τα υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου και με τα κατάλληλα φυσικά μεγέθη.

ΥΛΙΚΟ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

Για τη διεξαγωγή του μαθήματος χρησιμοποιήσαμε:

- MBL (Microcomputer Based Lab) Vernier Lab Pro, με λογισμικό χρήσης το Logger Pro 3.2 και αισθητήρα μικροφώνου.
- Την προσομοίωση της κίνησης των μορίων του αέρα κατά τη διάδοση ήχου με τίτλο «Συμβολή Κυμάτων» (καρτέλα «Ήχος»), η οποία προσφέρεται δωρεάν στην

ηλεκτρονική διεύθυνση <http://phet.colorado.edu/el/simulation/wave-interference>

- Ένα αρχείο wav με μουσική της αρεσκείας μας που χρησιμοποιήθηκε για έναυσμα ενδιαφέροντος.
- Έναν υπολογιστή εφοδιασμένο με ηχεία με χαμηλού θορύβου και μικρής παραμόρφωσης ήχου.
- Ένα βιντεοπροβολέα.

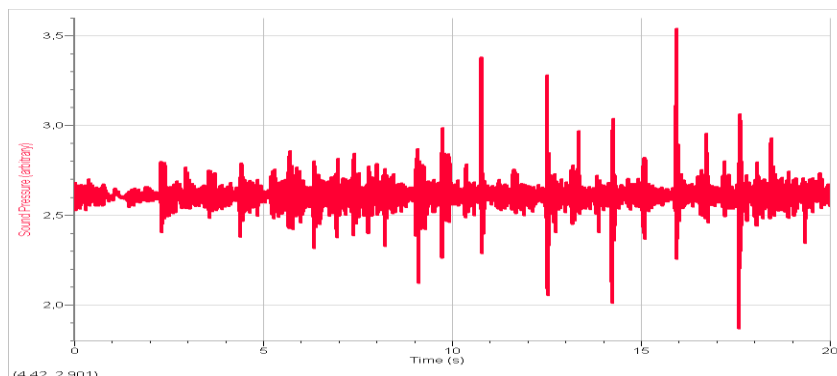
Κριτήρια επιλογής

Με το προτεινόμενο MBL σύστημα της Vernier έχουν εξοπλιστεί (σχ. έτος 2004-05) 15 εργαστήρια Φ.Ε. των σχολείων του νομού Κυκλάδων. Προτιμήσαμε το MBL της Vernier σε σχέση με το Multilog λόγω των αυξημένων δυνατοτήτων χειρισμού και επεξεργασίας των γραφικών παραστάσεων που παρέχει το λογισμικό του. Η επιλογή MBL προσφέρει σαφή πλεονεκτήματα οπτικής απεικόνισης του μικροφωνικού σήματος σε σύγκριση με την χρήση παλμογράφου ο οποίος προτείνεται στο σχολικό εγχειρίδιο.

Η διαδραστική προσομοίωση «Συμβολή Κυμάτων» επιλέχθηκε λόγω των παρακάτω χαρακτηριστικών της: Προσφέρει οπτική απεικόνιση της παραγωγής και της διάδοσης ηχητικών κυμάτων είτε με την κίνηση των μορίων του αέρα, είτε με χρωματική διαβάθμιση. Επίσης, μέσω αυτής της προσομοίωσης μπορούν να παραχθούν ήχοι, των οποίων το πλάτος και τη συχνότητα έχει τη δυνατότητα να μεταβάλλει ο χρήστης. Διαθέτει επιλογή χρήσης αισθητήρα πίεσης με διάγραμμα πίεσης-χρόνου. Είναι εξελληνισμένη, είναι δωρεάν και δεν παρουσιάζονται προβλήματα κατά την εκτέλεσή της.

ΕΝΑΥΣΜΑ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ

Από το ηχείο ακούγεται η εισαγωγή του τραγουδιού «One more cup of coffee» του Bob Dylan. Ο αισθητήρας μικροφώνου βρίσκεται μπροστά στο ηχείο και καταγράφει τις διακυμάνσεις της πίεσης του αέρα στο σημείο εκείνο, μεταφράζοντάς τες σε μεταβολές της τάσης. Οι μαθητές παρατηρούν σε πραγματικό χρόνο να σχηματίζεται μία γραφική παράσταση παρόμοια με αυτή του Σχήματος 1, η οποία σχετίζεται με τον ήχο που ακούν.

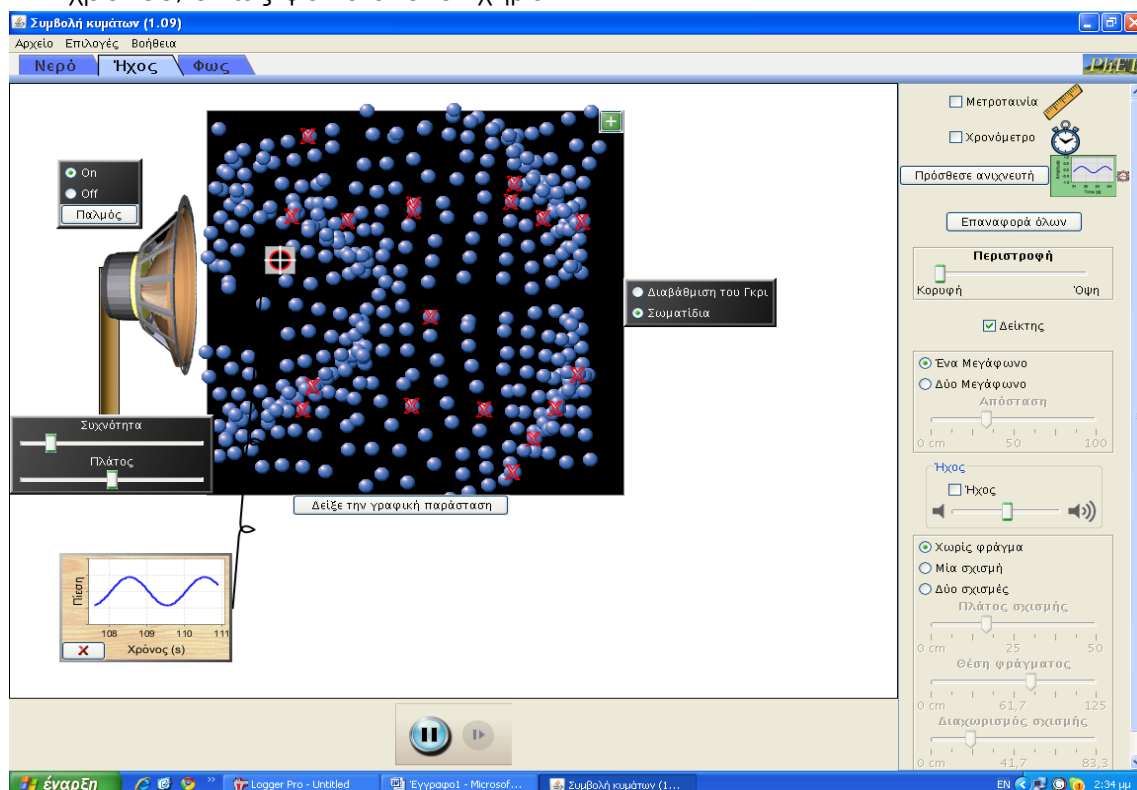


Σχήμα 1: Γραφική παράσταση που προκύπτει στην οθόνη του βιντεοπροβολέα από την καταγραφή του αισθητήρα μικροφώνου του Vernier Lab Pro.

Στόχος μας σε αυτό το στάδιο είναι οι μαθητές να συνδέσουν το ηχητικό με το οπτικό ερέθισμα και όχι να αντιληφθούν κάτι για τη σημασία των διακυμάνσεων της πίεσης. Επιλέχθηκε η εισαγωγή του συγκεκριμένου τραγουδιού για τον αργό του ρυθμό και την εναλλαγή συγχορδιών και παύσεων, χαρακτηριστικά τα οποία κάνουν τη γραφική παράσταση ευκρινή.

Για να προετοιμαστούν οι μαθητές για την ανάγνωση των γραφικών παραστάσεων, ανοίγουμε την προσομοίωση της κίνησης των μορίων του αέρα κατά τη διάδοση ήχου με τίτλο «Συμβολή Κυμάτων» και τον αισθητήρα πίεσης που διαθέτει. Μέσω αυτής της οπτικοποίησης οι μαθητές καλούνται να διαπιστώσουν ότι:

- ο ήχος παράγεται από την ταλάντωση του κώνου του μεγάφωνου
- ο ήχος είναι διάμηκες κύμα, που θέτει τα μόρια του αέρα σε ταλάντωση με διεύθυνση παράλληλη στη διεύθυνση διάδοσης του ήχου
- ο ήχος προκαλεί στο σημείο του αισθητήρα αυξομειώσεις της πίεσης, συγκεκριμένα μία ταλάντωση της πίεσης μεταξύ δύο ακραίων τιμών (πυκνώματα και αραιώματα)
- το μικρόφωνο του πειράματος δρα όπως ο αισθητήρας πίεσης στην προσομοίωση καταγράφοντας τις μεταβολές της πίεσης συναρτήσει του χρόνου, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2

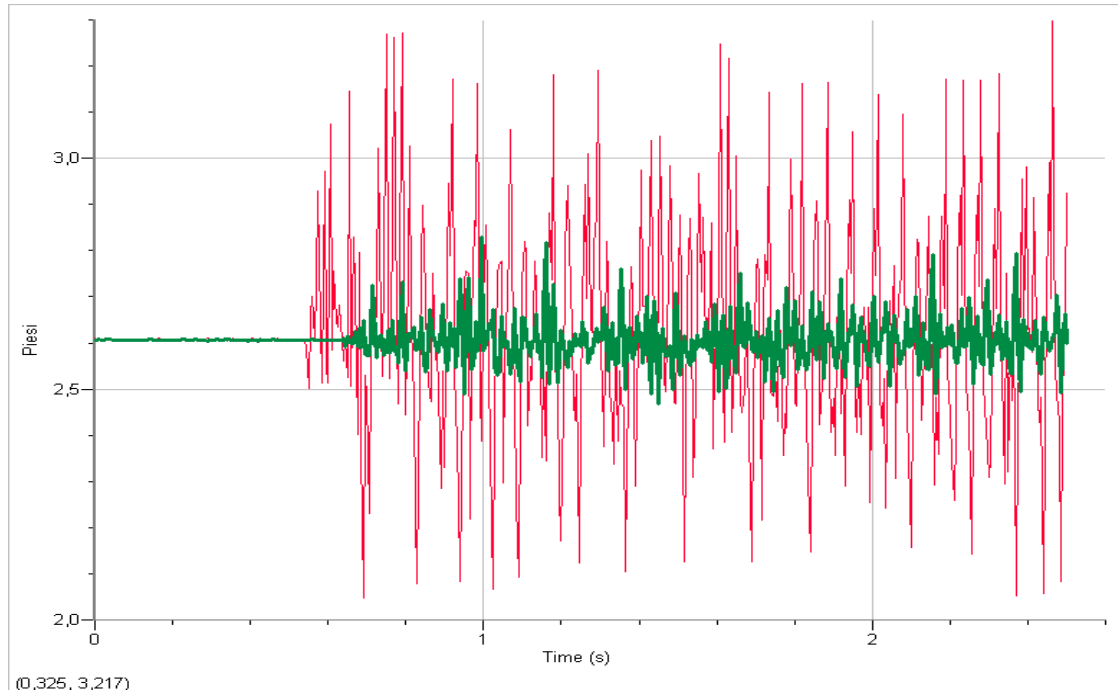


Σχήμα 2: Εικόνα της προσομοίωσης με τίτλο «Συμβολή κυμάτων». Στα αριστερά διακρίνεται το ηχείο-πηγή του ήχου. Ο κόκκινος κύκλος, που βρίσκεται κοντά στο ηχείο, συμβολίζει τον αισθητήρα πίεσης.

ΑΚΟΥΣΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Η ιδιότητα του ήχου να ερεθίζει περισσότερο ή λιγότερο το αισθητήριο της ακοής είναι οικεία στους μαθητές, οπότε στο πρώτο πείραμα απλώς εισάγεται ο όρος «ακουστότητα» σαν χαρακτηριστικό του ήχου που περιγράφουμε με τις λέξεις «σιγανά»

και «δυνατά». Στόχος είναι να γίνει η σύνδεση της ακουστότητας με το πλάτος της ταλάντωσης της πίεσης του αέρα στον αισθητήρα μικροφώνου. Ένας μαθητής καλείται να εκφέρει ένα «ααα» πρώτα δυνατά και μετά πιο σιγά στο μικρόφωνο, δημιουργώντας ένα διάγραμμα όπως αυτό του Σχήματος 3, το οποίο τους βοηθά να κάνουν το ζητούμενο συσχετισμό.

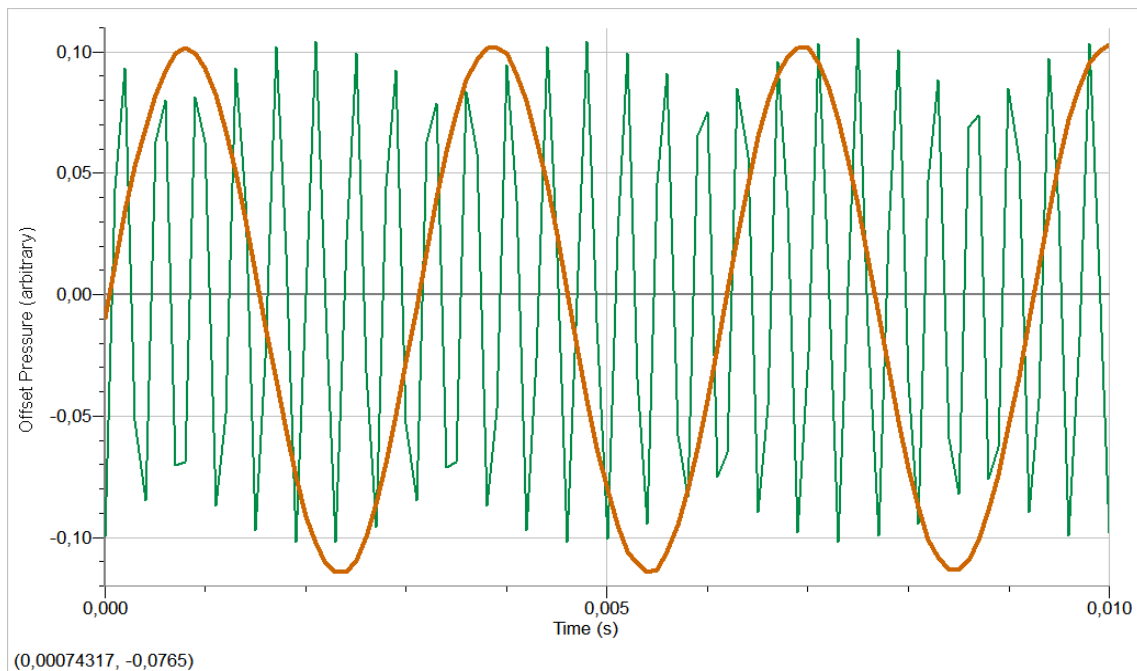


Σχήμα 3: Η λεπτή γραμμή (κόκκινη) αντιστοιχεί στη δυνατή φωνή του μαθητή, ενώ η παχιά γραμμή (πράσινη) αντιστοιχεί στη σιγανή.

ΥΨΟΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Καθώς δεν είναι όλοι οι μαθητές εξοικειωμένοι με την έννοια «ύψος του ήχου», καλούνται να περιγράψουν δύο ήχους διαφορετικού ύψους που ακούν. Από τις απόψεις που ακούγονται εξάγονται οι σωστότεροι τρόποι περιγραφής ήχων διαφορετικού ύψους και εισάγεται η έννοια.

Χρησιμοποιώντας την εφαρμογή «Συμβολή Κυμάτων», παράγουμε έναν οξύ ήχο, ο οποίος ακούγεται από το ηχείο του υπολογιστή. Το μικρόφωνο είναι τοποθετημένο μπροστά στο εν λόγω ηχείο και καταγράφει τιμές πίεσης. Επαναλαμβάνουμε για έναν αισθητά βαρύτερο ήχο, οπότε προκύπτει ένα διάγραμμα όπως αυτό του Σχήματος 4.



Σχήμα 4: Η λεπτή (πράσινη) γραμμή αντιστοιχεί στον οξύ ήχο, ενώ η παχιά (πορτοκαλί) γραμμή αντιστοιχεί στον βαθύ ήχο.

Οι μαθητές δεν καλούνται να συγκρίνουν ελεύθερα τις γραφικές παραστάσεις, αλλά να παρατηρήσουν σε ποια από τις δύο γραφικές παραστάσεις είναι πιο γρήγορη η μεταβολή της πίεσης. Η ερώτηση κατευθύνει τους μαθητές, διότι κρίθηκε δύσκολο να εστιάσουν αυθόρμητα στη συγκεκριμένη διαφορά μεταξύ των δύο γραφικών παραστάσεων.

Από τη σύγκριση αυτή μπορεί να γίνει η συσχέτιση του ύψους του ήχου με τη συχνότητα της ταλάντωσης των μορίων του αέρα στον αισθητήρα μικροφώνου, επομένως και με τη συχνότητα του ηχητικού κύματος. Ο εκπαιδευτικός πρέπει να φροντίσει η συχνότητα του οξύτερου ήχου να είναι πολλαπλάσια του βαρύτερου, ώστε να είναι ευδιάκριτη η διαφορά των δύο γραφικών παραστάσεων. Στη διδασκαλία που προτείνουμε προτιμήθηκε ο υψηλότερος ήχος που διαθέτει η εφαρμογή, ο οποίος έχει συχνότητα περίπου 2700Hz, και φροντίσαμε ο βαρύτερος ήχος να έχει περίπου 9 φορές χαμηλότερη συχνότητα. Είναι απαραίτητη η χρήση απλών ήχων σφυριγματος, διότι αυτοί δίνουν τις απλούστερες γραφικές παραστάσεις, που πλησιάζουν αυτή του ημιτόνου.

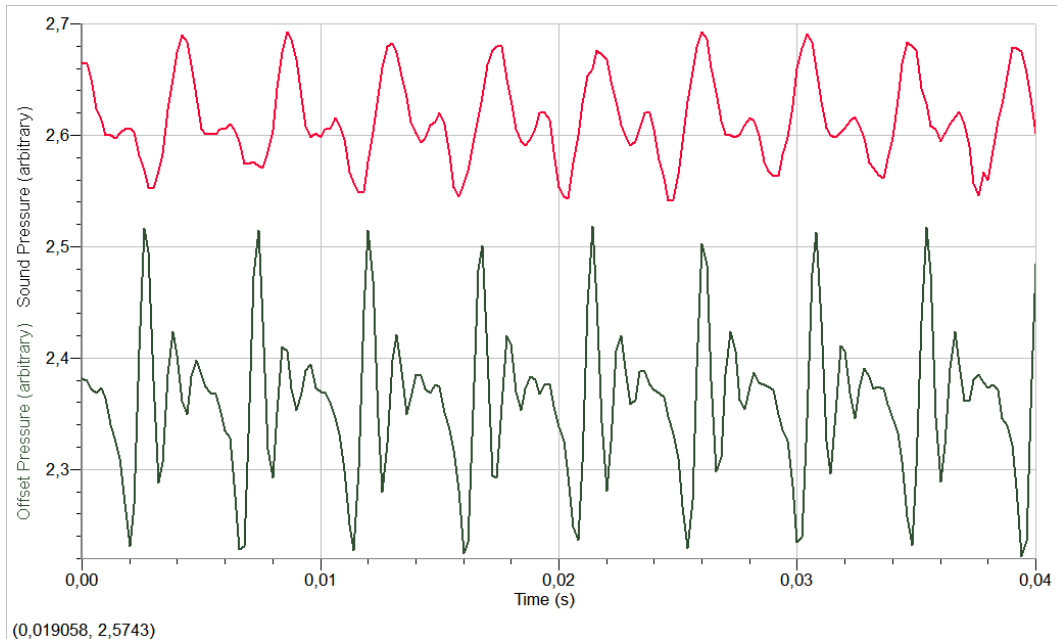
Στη συνέχεια ένας μαθητής καλείται να επιλέξει με το ποντίκι του υπολογιστή μία πλήρη ταλάντωση της πίεσης στη γραφική παράσταση που αντιστοιχεί στο βαθύ ήχο. Το λογισμικό εμφανίζει στην οθόνη τον χρόνο που απαιτείται για μία πλήρη ταλάντωση. Γνωρίζοντας την αντίστοιχη περίοδο, οι μαθητές καλούνται να υπολογίσουν τη συχνότητα του βαρύτερου ήχου.

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Είναι γενικά εύκολο για τους ανθρώπους να συσχετίζουν έναν ήχο που ακούν σε μία ομιλία με ένα γράμμα του αλφαβήτου. Οι μαθητές με αυτό το πείραμα μπορούν να συνδέσουν την ικανότητα διάκρισης των ήχων με τα φυσικά τους χαρακτηριστικά. Παρόλο που κάτι τέτοιο δεν αναφέρεται στη διδακτέα ύλη της Γ' Γυμνασίου, εντάχθηκε

στη διδασκαλία που προτείνουμε, διότι, εκτός από το ενδιαφέρον που παρουσιάζει, βοηθά και στην εισαγωγή της έννοιας της χροιάς.

Καλούμε ένα μαθητή στο μικρόφωνο να εκφέρει έναν ήχο που αντιστοιχεί στο φώνημα «ο» και κατόπιν του ζητούμε την εκφορά ενός ήχου που αντιστοιχεί στο φώνημα «ου». Οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν στη γραφική παράσταση που εμφανίζεται (Σχήμα 5) τη διαφορά που έχουν οι δύο ήχοι ως προς τις διακυμάνσεις της πίεσης που προκαλούν.



Σχήμα 5: Η πάνω γραφική παράσταση αντιστοιχεί στο φώνημα «ου», ενώ η κάτω στο «ο».

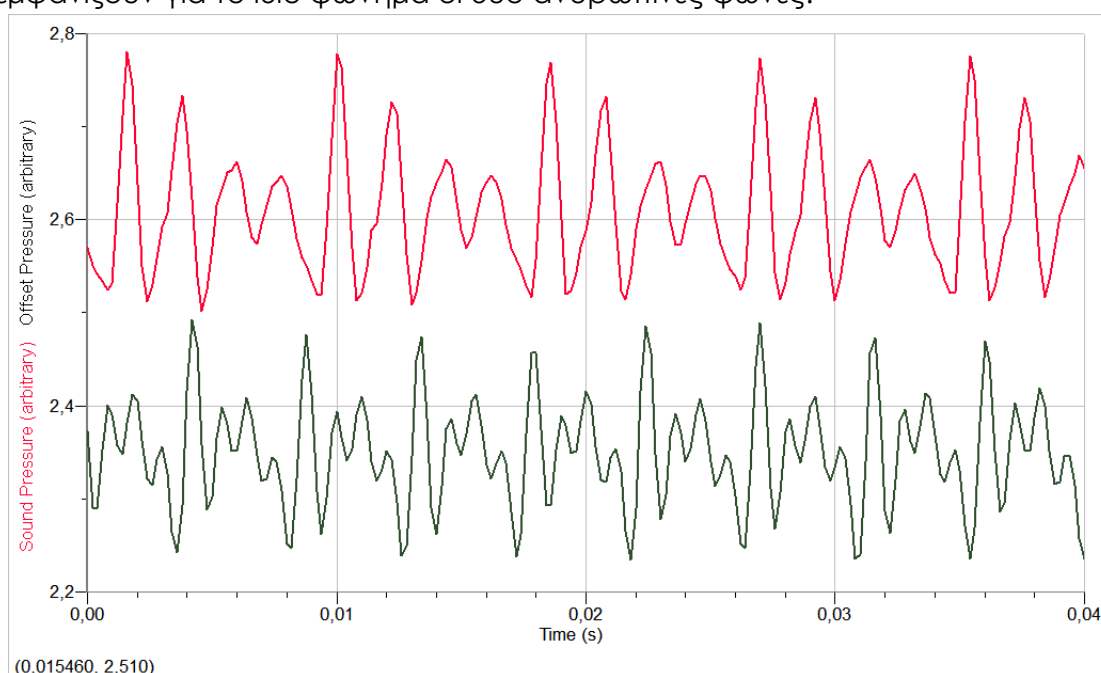
Παρατηρούμε ότι κάθε γράμμα εμφανίζει μία επαναλαμβανόμενη μορφή, ένα μοτίβο. Όπως αυτό το μοτίβο, μετά από κάποια εξοικείωση, είναι αναγνωρίσιμο στην όραση, έτσι και με την ακοή είναι εύκολα εφικτό να διακρίνουμε το φώνημα «ο» από το φώνημα «ου». Στόχος είναι οι μαθητές να παρατηρήσουν πως σε κάθε φώνημα αντιστοιχεί ένα μοτίβο διακύμανσης της πίεσης. Για την ταυτοποίηση του ήχου χρησιμοποιήθηκαν φωνήεντα, καθώς μπορούν να εκφέρονται παρατεταμένα, απλοποιώντας το συγχρονισμό του ήχου με το χρονικό διάστημα καταγραφής του μικροφώνου. Μεταξύ των φωνημάτων, τα «ο» και «ου» επελέγησαν για τα εντελώς διαφορετικά μοτίβα που εμφανίζουν.

ΧΡΟΙΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Οι μαθητές γνωρίζουν πως μπορούν να αναγνωρίσουν τη φωνή κάποιου που μιλάει και δε βρίσκεται στο οπτικό τους πεδίο. Όπως και στο προηγούμενο πείραμα, έτσι και σε αυτό, οι μαθητές καλούνται να διαπιστώσουν μια διαφορά. Προηγουμένως παρατήρησαν τη διαφορά που εμφανίζεται στις διακυμάνσεις της πίεσης μεταξύ των φωνημάτων «ο» και «ου». Σε αυτό το πείραμα θα δουν τη διαφορά που εμφανίζεται στις διακυμάνσεις της πίεσης, όταν εκφέρουν το ίδιο φώνημα δύο διαφορετικοί άνθρωποι.

Αφού γίνει η σύνδεση της ικανότητας αναγνώρισης της φωνής ενός φίλου με την έννοια «χροιά», καλούνται δύο μαθητές στο μικρόφωνο να εκφέρουν ένα «ο». Κατόπιν, παρατηρώντας τις γραφικές παραστάσεις που προκύπτουν, όπως αυτές του

Σχήματος 6, ζητείται από τους μαθητές να διακρίνουν διαφορές ανάμεσα στα μοτίβα που εμφανίζουν για το ίδιο φώνημα οι δύο ανθρώπινες φωνές.



Σχήμα 6: Μεταξύ των δύο γραφικών παραστάσεων υπάρχει εμφανής διαφορά και ως προς τη συχνότητα, επειδή η πάνω γραφική παράσταση έχει προκύψει από ανδρική φωνή, ενώ η κάτω από γυναικεία.

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Μετά το πέρας της διδασκαλίας οι μαθητές καλούνται να επεξεργαστούν ένα φύλλο αξιολόγησης, το οποίο προβλέπει δύο δραστηριότητες. Στην πρώτη παρατηρούν μια τυπωμένη γραφική παράσταση πίεσης - χρόνου και συγκρίνουν την ακουστότητα του ήχου μεταξύ δύο διαφορετικών χρονικών διαστημάτων. Στην δεύτερη υπολογίζουν τη συχνότητα του σφυρίγματος ενός συμμαθητή τους και την αντιστοιχίζουν σε μία νότα. Σκοπός του φύλλου αξιολόγησης είναι να ελεγχθεί ο βαθμός εξοικείωσης των μαθητών με τα διαγράμματα πίεσης - χρόνου και τους διδακτικούς στόχους του μαθήματος.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Η πρώτη πιλοτική εφαρμογή της διδακτικής πρότασης πραγματοποιήθηκε σε τμήμα 23 μαθητών (11 Κορίτσια, 12 Αγόρια) της Γ' Γυμνασίου του Γυμνασίου Φηρών Θήρας. Οι μαθητές είχαν διδαχθεί τις ενότητες: «Μηχανικά κύματα», «Κύμα και ενέργεια», «Χαρακτηριστικά μεγέθη του κύματος», ενώ είχε γίνει αναφορά από τον διδάσκοντα και στην ενότητα «Ήχος», αλλά όχι στην ενότητα «Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου».

Η διάρκεια της πλήρους επεξεργασίας του φύλλου εργασίας με την αποτύπωση τόσο της άποψης των μαθητών, όσο και της επαγωγικά εκμαιευθείσας άποψης της Φυσικής σε κάθε επί μέρος ενότητα, χρονομετρήθηκε στα 65 min. Απαιτήθηκαν επίσης 5 min για την επεξεργασία του φύλλου αξιολόγησης. Επειδή απαιτείται αρκετή εξοικείωση του διδάσκοντα με το λογισμικό Logger Pro για το βέλτιστο οπτικό αποτέλεσμα και για την τροποποίηση των ρυθμίσεων δειγματοληψίας κατά τη ροή του

φύλλου εργασίας, διατίθενται από τους συγγραφείς οδηγίες και έτοιμα προς χρήση αρχεία στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://photodentro.edu.gr/aggregator/lo/photodentro-ugc-8525-310>

Δεδομένου ότι η οπτικοποίηση των ηχητικών κυμάτων, εν μέρει από την προσομοίωση αλλά κυρίως από το MBL, δίνει πολλές αφορμές για την επαναπροσέγγιση βασικών εννοιών και μεγεθών του κύματος, προτείνεται η διδασκαλία να γίνει σε δύο διδακτικές ώρες με κατάλληλες επεκτάσεις στα φύλλα εργασίας και αξιολόγησης (Πχ. Υπολογισμός συχνότητας και μήκους κύματος οξύτερου και βαθύτερου ήχου, σύνδεση της ενέργειας της ταλάντωσης με το πλάτος και την ακουστότητα, απορρόφηση του ηχητικού κύματος).

Κατά την διάρκεια της διδασκαλίας παρατηρήθηκαν τα παρακάτω:

- ζωνηρό ενδιαφέρον και ενεργητική συμμετοχή των μαθητών παρά τον αυξημένο χρόνο των 70 min
- σχετικά γρήγορη εξοικείωση με τις γραφικές παραστάσεις πίεσης - χρόνου
- αποδοχή της περιγραφής των ήχων σαν μεταβολές της πίεσης του αέρα
- αποδοχή της χρήσης των αντικειμενικών χαρακτηριστικών μεγεθών του μηχανικού κύματος (πλάτος, συχνότητα, περίοδος) και στην περίπτωση του ηχητικού κύματος

Από την αποδελτίωση των φύλλων εργασίας προέκυψαν τα επόμενα πρώτα συμπεράσματα:

Για την ακουστότητα

Από τους 23 μαθητές που συμμετείχαν στην πιλοτική διδασκαλία, αν και οι 18 παρατηρούν ότι κάτι αυξομειώνεται ή ότι το πλάτος αλλάζει, μόνο ένας αναφέρει ξεκάθαρα ότι το μεταβαλλόμενο μέγεθος των γραφικών παραστάσεων είναι η πίεση του αέρα. Στο ερώτημα που αφορούσε στην ακουστότητα στο φύλλο αξιολόγησης, οι 19 από τους 23 μαθητές απαντούν ικανοποιητικά. Από αυτούς 6 αναφέρουν τη λέξη «ήχος», 2 τη λέξη «ένταση», ενώ τη λέξη «ακουστότητα», παρόλο που χρησιμοποιείται στην εκφώνηση, την επαναλαμβάνουν μόνο 3 κορίτσια. Αυτό δείχνει τη δυσκολία υιοθέτησης του νέου όρου που εισήχθη, επειδή υπάρχουν εναλλακτικοί τρόποι περιγραφής.

Για το ύψος

Οι μαθητές είδαν ότι, μεταβάλλοντας την παράμετρο «συχνότητα» στην οπτικοποίηση «Συμβολή Κυμάτων», άλλαζε ο παραγόμενος ήχος. Έτσι, η πλειοψηφία συμπεριέλαβε τη λέξη συχνότητα στο χαρακτηρισμό των ήχων. Για να εστιάσουν οι μαθητές στην απλή περιγραφή των ήχων, ο εκπαιδευτικός πρέπει να μην προβάλλει στην οθόνη την οπτικοποίηση κατά τη διάρκεια του ακούσματος των ήχων. Οι μισοί από τους μαθητές που χαρακτήρισαν τους ήχους έδωσαν σωστούς χαρακτηρισμούς, ενώ οι υπόλοιποι χρησιμοποίησαν λέξεις όπως λεπτός, χοντρός, παχύς ήχος.

Θετική ήταν η ανταπόκριση των μαθητών στη δραστηριότητα του φύλλου αξιολόγησης, που αφορούσε στο ύψος του ήχου, αφού κάποιοι μαθητές προσπάθησαν να προβλέψουν τη νότα του σφυρίγματος του συμμαθητή τους πριν την ολοκλήρωση των αντίστοιχων πράξεων.

Για την ταυτοποίηση

Ένας στους 3 μαθητές παρατηρεί αμέσως μοτίβο ή επαναληψιμότητα στην κυματομορφή του φωνήματος «ο». Ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι, ενώ στην αρχή του πρώτου πειράματος μόλις ένας μαθητής ανέφερε ότι η γραφική παράσταση εικονίζει την πίεση συναρτήσεως του χρόνου, σε αυτή τη φάση από τα 15 παιδιά της τάξης που δεν αντιλαμβάνονται το μοτίβο ή δεν μπορούν να το εκφράσουν, τα 5 μιλούν για αυξομείωση της πίεσης. Αυτό σημαίνει ότι, ενώ οι μαθητές στην αρχή έβλεπαν τη γραφική παράσταση ως μία γραμμή που ανεβοκατεβαίνει, στην εξέλιξη του μαθήματος αναγνώρισαν σε αυτήν τις μεταβολές της πίεσης.

Η διαφορά μεταξύ των γραφικών παραστάσεων των φωνημάτων δεν ήταν προφανής για τους μαθητές, αφού μόλις 11 έδωσαν ικανοποιητικές απαντήσεις. Στο μάθημα, αντί των φωνημάτων «ο» και «ι», χρησιμοποιήθηκαν τα «ο» και «ε». Επειδή τα φωνήματα αυτά παρουσιάζουν μικρές διαφορές στα παραγόμενα μοτίβα, αλλά και λόγω κακής εκφοράς του λόγου από το μαθητή που συμμετείχε στο πείραμα, ένας μαθητής δεν διέκρινε καμία διαφορά ανάμεσα στις γραφικές παραστάσεις, ενώ άλλοι 13 αναζητούσαν διαφορές που σχετιζόνταν με τα προηγούμενα πειράματα (πλάτους και συχνότητας).

Για τη χροιά

Η διαφορά μεταξύ των μοτίβων των γραφικών παραστάσεων των δύο φωνών ήταν οφθαλμοφανής για τους μαθητές, αφού οι 21 απαντούν πως οι φωνές των δύο συμμαθητών τους εμφανίζουν διαφορετικά μοτίβα, ενώ οι υπόλοιποι 2 ότι εμφανίζουν περίπου ίδια μοτίβα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διδακτική προσέγγιση των «Υποκειμενικών χαρακτηριστικών του ήχου» και η σύνδεση τους με τα «Αντικειμενικά», δηλαδή με όρους ηχητικού κύματος, αποτελεί δύσκολο εγχείρημα μιας και φαίνεται να απαιτεί τον συσχετισμό και την επεξεργασία ακουστικών και οπτικών ερεθισμάτων. Ταυτόχρονα όμως μπορεί να αποτελέσει το ερέθισμα για την επαναδιαπραγμάτευση των βασικών εννοιών-μεγεθών του μηχανικού κύματος και να συνδράμει στην εστίαση της ενδεχομένως «θολής» εικόνας του, στο προσωπικό άλμπουμ της Φυσικής των μαθητών.

Η χρήση των Τ.Π.Ε. δείχνει, και στην παρούσα περίπτωση, να συμβάλλει προς την κατεύθυνση της αποσαφήνισης και της αποδοχής εννοιών που δύσκολα αντιλαμβάνονται οι μαθητές.

Η διδακτική πρόταση των «Υποκειμενικών χαρακτηριστικών του ήχου» που παρουσιάστηκε, με τη συνδρομή: της διαδραστικής προσομοίωσης, του MBL, των μαθητών και των «δικών τους ήχων» είναι πιθανόν να συμβάλλει θετικά στην επίτευξη των διδακτικών στόχων της αντίστοιχης ενότητας, αλλά και στην εμπέδωση των βασικών χαρακτηριστικών του κύματος.

Ο συνδυασμός πραγματικού και εικονικού περιβάλλοντος, που προτείνεται στις δραστηριότητες που περιγράψαμε, μπορεί να συμβάλλει στην γεφύρωση του χάσματος ανάμεσα στο περιβάλλον του πραγματικού εργαστηρίου και στα εργαλεία προσομοίωσης ή μοντελοποίησης στον υπολογιστή (Δημητρακοπούλου 1999), (Καλκάνης Γ., 2003).

Η προτεινόμενη πειραματική διαδικασία αξιοποιεί τις υποδομές Τ.Π.Ε. και τα Συστήματα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης (Multilog, Vernier Lab Pro), τα οποία

υπάρχουν στα εργαστήρια των Φ.Ε. των Λυκείων αλλά και των Γυμνασίων (Τ.Λ.) στις Κυκλάδες, με περιορισμένο όμως βαθμό χρήσης, όπως καταγράφηκε σε παλαιότερη έρευνα (Βαμβακούσης Χ. κ.α. 2003).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Αντωνίου Ν., Δημητριάδης Π., Καμπούρης Κ., Παπαμιχάλης Κ., Παπατσιμα Λ. (Φυσική Γ' Γυμνασίου - Βιβλίο Καθηγητή) Ανακτήθηκε στις 12 Ιανουαρίου 2011 από την διεύθυνση <http://www.pi-schools.gr/lessons/physics/>

Αντωνίου Ν., Δημητριάδης Π., Καμπούρης Κ., Παπαμιχάλης Κ., Παπατσιμα Λ. (2008) Φυσική Γ' Γυμνασίου Αθήνα: Έκδοση ΟΕΔΒ. σσ. 106-108

Βαμβακούσης Χ., Μακρυωνίτης Γ. (2003). Σύστημα συγχρονικής λήψης και απεικόνισης. Ένας χρόνος παρουσίας στα εργαστήρια Φ.Ε. των Ενιαίων Λυκείων. 2ο Πανελ. Συνέδριο για την Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη, Ερμούπολη, Τόμος Α', σελ 529-538.

Δημητρακοπούλου Α.(1999). Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Τι προσφέρουν και πως τις αξιοποιούμε. Επιθεώρηση Φυσικής, Τόμος. Η', Νο 30, σελ. 48-58.

Καλκάνης Γ. (2003). Επιστημονικό Συμπόσιο: Αναδραστική λειτουργία προσομοιώσεων και εργαστηριακών πειραμάτων με διασύνδεση ηλεκτρονικού υπολογιστή, στην εκπαιδευτική διαδικασία των Φ.Ε Προτάσεις και αξιολόγηση εφαρμογών. 8ο Κοινό Συνέδριο Ε.Ε.Φ. - Ε.Κ.Φ. Καλαμάτα. Πρακτικά εργασιών συνεδρίου. Τόμος Α', σελ.82-83.

Συμβολή κυμάτων (17/5/2010). Ανακτήθηκε στις 10 Ιανουαρίου 2011 από την διεύθυνση <http://phet.colorado.edu/el/simulation/wave-interference>

Asoko H.M., Leach J., Scott P.H., (1991), "A study of students' understanding of sound 5-16 as an example of action research", Paper prepared for the Symposium, "Developing Students' Understanding in Science" at the Annual Conference of the British Educational Research Association at Roehampton Institute, 2 September 1990, London.

Driver R., Squires A., Rushworth P., Wood-Robinson V. (2000). Οικο-δομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, Μια Παγκόσμια Σύνοψη των Ιδεών των Μαθητών. Επιμέλεια Κόκκοτας Π. Τυπωθήτω – Δάρδανος Γ. Αθήνα.

Harkiewicz A. (1992). Finding a List of Science Misconceptions. MSTΑ Newsletter, 38 (Winter '92). pp. 11-14. Available in <http://www.pitt.edu/~vtalsma/syllabi/2943/handouts/misconcept.html>. [September, 2001]

Maurines L. (1993). Spontaneous reasoning on the propagation of sound. In J. Novak (ed.): Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Ithaca: Cornell University.

Stepans J. (1996). Targeting Students' Science Misconceptions. Physical Science Concepts Using the Conceptual Change Model. Idea Factory Inc. Riverview. FL. USA.