

«Η συμβολή μιας διδακτικής ακολουθίας στις αντιλήψεις των μαθητών για τη διάδοση του ήχου»

Γκολιά Ειρήνη¹, Σκουμιός Μιχαήλ²

¹ Δασκάλα, Ε.Κ.Φ.Ε. Αγίων Αναργύρων
eirini_gkolia@yahoo.gr

² Επίκουρος Καθηγητής, Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστημίου Αιγαίου
skoumios@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στη διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής ακολουθίας στην αναμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητών της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου για την εννοιολογική περιοχή της διάδοσης του ήχου. Συγκροτήθηκε εκπαιδευτικό υλικό σχετικά με τη διάδοση του ήχου στα στερεά, τα υγρά και τα αέρια βασισμένο στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών με χρήση επιστημονικών πρακτικών για την αναμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητών. Σε δραστηριότητες του εκπαιδευτικού υλικού χρησιμοποιήθηκαν προσομοιώσεις. Η διδακτική ακολουθία που βασίστηκε στο εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε εφαρμόστηκε σε 22 μαθητές της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου. Για τη μελέτη των μαθησιακών αποτελεσμάτων συγκροτήθηκε ερωτηματολόγιο το οποίο δόθηκε στους μαθητές πριν, μετά και τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι είναι εφικτή η αναμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του ήχου μέσω της διδακτικής ακολουθίας που εφαρμόστηκε στους μαθητές. Η εργασία ολοκληρώνεται με συζήτηση των αποτελεσμάτων και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Εποικοδομητική προσέγγιση, προσομοιώσεις, διάδοση του ήχου, μάθηση Φυσικών Επιστημών

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία σαράντα έτη ο εντοπισμός των αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών απέτελεσε το αντικείμενο μελέτης ενός μεγάλου αριθμού εμπειρικών ερευνών (Driver et al., 1985; Duit, 2009). Οι έρευνες αυτές ανέδειξαν την αναγκαιότητα ανάπτυξης νέου εκπαιδευτικού υλικού για την αναμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητών (Bybee, 2006). Η εργασία αυτή εντάσσεται στο ευρύτερο πεδίο των ερευνών που διερευνούν την αναμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών μέσω κατάλληλα σχεδιασμένων διδακτικών ακολουθιών που βασίζονται σε ερευνητικά δεδομένα (Baviskar et al., 2009). Ειδικότερα, επικεντρώνεται στη συμβολή μιας διδακτικής ακολουθίας στις αντιλήψεις των μαθητών του δημοτικού σχολείου σχετικά με τη διάδοση του ήχου.

Η αναμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του ήχου επιδιώκεται μέσα από την εμπλοκή των παιδιών με εκπαιδευτικό υλικό και διαδικασίες που εδράζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών με χρήση επιστημονικών πρακτικών και νέων τεχνολογιών. Σε αυτή την εργασία παρουσιάζεται η αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων από την υλοποίηση σε μαθητές ενός

εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε για την αναμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του ήχου.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση πρεσβεύει ότι η γνώση δεν λαμβάνεται παθητικά, αλλά οικοδομείται ενεργητικά από το υποκείμενο που μαθαίνει (Widolo et al., 2002). Μια βασική θέση της είναι ότι οι μαθητές έχουν διαμορφωμένες αντιλήψεις για το φυσικό κόσμο που αποτελούν προϊόν των εμπειριών τους συνήθως εκτός του σχολικού πλαισίου (Forbes et al., 2014). Η διανοητική και πρακτική εργασία που σχετίζεται με την αναμόρφωση των αντιλήψεων εδράζεται στην εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές πρακτικές (science practices) (NRC, 2012). Τα τελευταία χρόνια ο όρος επιστημονικές πρακτικές χρησιμοποιείται αντί του όρου δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών (science process skills) για να δώσει έμφαση στο ότι η εμπλοκή με την επιστημονική έρευνα απαιτεί όχι μόνο δεξιότητες αλλά και γνώση γύρω από κάθε μια πρακτική που ακολουθείται (NRC, 2012). Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οι ακόλουθες οκτώ επιστημονικές πρακτικές (NGSS Lead States, 2013; NRC, 2012): (α) υποβολή ερωτημάτων, (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, (γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας, (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, (στ) συγκρότηση εξηγήσεων, (ζ) εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία και (η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών. Υποστηρίζεται ότι η ενεργός εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές πρακτικές μπορεί να βελτιώσει τα μαθησιακά αποτελέσματα (Duschl et al., 2007).

Οι διδακτικές ακολουθίες είναι διδακτικές παρεμβάσεις οι οποίες συντίθενται από δραστηριότητες που δομούνται πάνω σε δύο διαστάσεις, την επιστημονική (που αφορά στη σχέση ανάμεσα στην επιστημονική γνώση και τις αντιλήψεις των μαθητών) και την παιδαγωγική (που αφορά στη σχέση εκπαιδευτικού και μαθητών) (Meheut & Psillos, 2004). Έχουν προταθεί διάφορα παιδαγωγικά πλαίσια (διδακτικά μοντέλα) για τη σχεδίαση του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής ακολουθίας που αποσκοπούν στην αναμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών μέσω της χρήσης επιστημονικών πρακτικών. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται το μοντέλο της εποικοδομητικής διδασκαλίας των Driver και Oldham (1986), ο μαθησιακός κύκλος των White et al. (1999), τα μαθησιακά μοντέλα 5E του Bybee (1997, 2006) και 7E του Eisenkraft (2003), το διδακτικό πλαίσιο EIMA των Schwarz και Gwekwerere (2007), το μοντέλο 4EX2 των Marshall et al. (2009) και το πλαίσιο των Minner et al. (2010). Παρά τις διαφοροποιήσεις τους τα μοντέλα αυτά αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού, υποστηρίζουν τον εκπαιδευτικό και οργανώνουν τη διδακτική ακολουθία ώστε οι μαθητές να έχουν πολλαπλές ευκαιρίες να κατανοήσουν τις ιδέες και τις έννοιες μέσω της πρακτικής, της ανατροφοδότησης, της αναθεώρησης και του αναστοχασμού (Σκουμιός & Σκουμπουρδή, 2015).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Ένα μέρος των εμπειρικών εργασιών που μελετούν τις αντιλήψεις των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες, έχει επικεντρωθεί στις αντιλήψεις για την εννοιολογική περιοχή του ήχου (ενδεικτικά: Eshach & Schwaetz, 2006; Kucukozer, 2010; Linder & Erickson, 1989; Periago et al., 2009). Ανάμεσα στα

ζητήματα του ήχου, ως προς τα οποία έχουν διερευνηθεί οι αντιλήψεις των μαθητών, συγκαταλέγεται και το ζήτημα της διάδοσης του ήχου. Από τις έρευνες αυτές προέκυψε ότι οι μαθητές ενεργοποιούν αντιλήψεις σύμφωνα με τις οποίες: (α) για την διάδοση του ήχου δεν είναι απαραίτητος ο αέρας και ο ήχος μπορεί να διαδίδεται και στο κενό (Watt & Russell, 1990), (β) ο ήχος διαδίδεται με τη μορφή σωματιδίων ήχου διαμέσου των σωματιδίων του αέρα (Asoko et al., 1991), (γ) ο ήχος διαδίδεται με τη μορφή σωματιδίων ήχου πάνω στα σωματίδια του αέρα (Linder & Erickson, 1989), (δ) ο ήχος διαδίδεται με τη μετακίνηση των σωματιδίων του μέσου διάδοσης (Wittmann et al., 1999; 2002) και (ε) ο τρόπος διάδοσης εξαρτάται από τη φυσική κατάσταση του μέσου διάδοσης (Eshach & Schwaetz, 2006; Periago et al., 2009).

Μολονότι έχουν μελετηθεί οι αντιλήψεις των μαθητών για τη διάδοση του ήχου, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που αφορά στην αναμόρφωση αυτών των αντιλήψεων των μαθητών (Calik et al., 2010; Fazio, Guastella et al., 2008; Houle & Barnett, 2008; Maurines, 1993;). Όμως, η έρευνα αυτή εστιάζεται κυρίως σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Δεν εντοπίζονται έρευνες που να επεξεργάζονται διδακτικά τις αντιλήψεις των μαθητών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για τη διάδοση του ήχου στα στερεά, τα υγρά και τα αέρια. Επιπρόσθετα, στις έρευνες που έχουν γίνει έχουν μελετηθεί οι αντιλήψεις των μαθητών αποκλειστικά πριν και αμέσως μετά τις διδασκαλίες. Δεν έχει διερευνηθεί η εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών σε βάθος χρόνου. Από τα παραπάνω αναδύεται η αναγκαιότητα πραγματοποίησης μιας έρευνας που να μελετά τη συμβολή μιας διδακτικής ακολουθίας στην αναμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την εννοιολογική περιοχή της διάδοσης του ήχου.

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής ακολουθίας βασισμένης στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών με χρήση προσομοιώσεων στην αναμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητών της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου για τη διάδοση του ήχου.

Ειδικότερα, τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας είναι τα ακόλουθα:

(α) Υπάρχει διαφοροποίηση στις αντιλήψεις των μαθητών για τη διάδοση του ήχου πριν και αμέσως μετά τη διδακτική ακολουθία;

(β) Υπάρχει διαφοροποίηση στις αντιλήψεις των μαθητών για τη διάδοση του ήχου αμέσως μετά και τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ερευνητική διαδικασία και δείγμα

Η έρευνα διεξήχθη σε τρεις φάσεις. Στην πρώτη φάση, συγκροτήθηκε το εκπαιδευτικό υλικό για τη διάδοση του ήχου στα στερεά, τα υγρά και τα αέρια σώματα που βασίστηκε στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών με χρήση επιστημονικών πρακτικών και προσομοιώσεων, καθώς επίσης και ένα ερωτηματολόγιο για τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του ήχου. Στη δεύτερη φάση, πραγματοποιήθηκε η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε. Επίσης, το ερωτηματολόγιο για τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών δόθηκε στους μαθητές πριν τη διδακτική ακολουθία (προ-τεστ), αμέσως μετά τη διδακτική ακολουθία (μετά-τεστ I) και τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία (μετά-τεστ II). Στην τρίτη φάση, αφού ολοκληρώθηκε η συλλογή των

δεδομένων, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των δεδομένων και η εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Στην παρούσα έρευνα το δείγμα της αποτέλεσαν συνολικά 22 μαθητές (12 αγόρια, 10 κορίτσια), οι οποίοι ήταν κατά μέσο όρο 11 ετών και φοιτούσαν στην Ε' τάξη σε δημοτικό Σχολείο της Αθήνας.

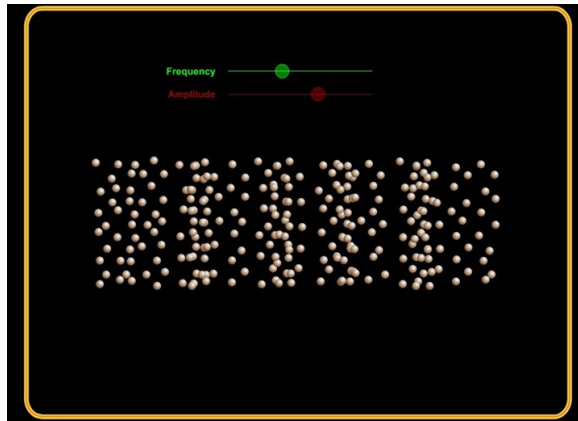
Το εκπαιδευτικό υλικό και η διδακτική ακολουθία

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας σχεδιάστηκε εκπαιδευτικό υλικό για τη διάδοση του ήχου με βάση την εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών. Το διδακτικό μοντέλο που ακολουθήθηκε για την ανάπτυξη αυτού του εκπαιδευτικού υλικού ήταν το μοντέλο 5E του Bybee (2006) που εμπλέκει τους μαθητές σε μια καθοδηγούμενη έρευνα εστιασμένη στην ανάδειξη, επεξεργασία και αναθεώρηση των αρχικών τους αντιλήψεων χρησιμοποιώντας επιστημονικές πρακτικές. Πιο συγκεκριμένα, το διδακτικό μοντέλο που ακολουθήθηκε περιλάμβανε τις ακόλουθες πέντε φάσεις που παρουσιάζονται στη συνέχεια.

(α) Ενεργοποίηση: Η φάση αυτή επεδίωκε την πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών, την ανάδειξη των αρχικών τους αντιλήψεων, τη συνειδητοποίηση των μεταξύ τους διαφωνιών και τη διατύπωση του ερωτήματος για έρευνα. Ειδικότερα, οι μαθητές επεξεργάστηκαν ένα πρόβλημα το οποίο τους ζητούσε να προβούν σε προβλέψεις και αιτιολογήσεις σχετικά με το πώς διαδίδεται ο ήχος (από μια κιθάρα μέχρι το αυτί ενός παιδιού). Έπειτα, οι μαθητές σχεδίασαν την πορεία που ακολουθεί ο ήχος από τον πομπό στο δέκτη. Αρχικά, οι μαθητές εργάστηκαν ατομικά και κατέγραψαν τις προβλέψεις και τις αιτιολογήσεις τους. Στη συνέχεια, συζήτησαν με τους συμμαθητές της ομάδας τους και συνέκριναν τις απαντήσεις τους. Οι αντιπρόσωποι των ομάδων ανακοίνωσαν τα αποτελέσματα των συζητήσεων των ομάδων των μαθητών στο σύνολο των μαθητών της τάξης. Η φάση αυτή ολοκληρώθηκε με συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο τάξης με τον συντονισμό του εκπαιδευτικού και τη διατύπωση από πλευράς μαθητών του ερωτήματος προς έρευνα.

(β) Εξερεύνηση: Η φάση αυτή αποσκοπούσε στη πραγματοποίηση έρευνας από τους μαθητές με απώτερο στόχο, τον έλεγχο των αντιλήψεών τους και την οικοδόμηση νέων αντιλήψεων προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Αρχικά, ζητήθηκε από τους μαθητές να σχεδιάσουν τη μορφή του αέρα που υπάρχει μέσα σε ένα δοχείο. Οι μαθητές σχεδίασαν τη μορφή του αέρα που θεωρούσαν ότι είχε αυτός μέσα σε ένα δοχείο. Ο έλεγχος των αντιλήψεων των μαθητών πραγματοποιήθηκε μέσω του εκπαιδευτικού λογισμικού «ΜΑΘΗΜΑ». Ειδικότερα, χρησιμοποιήθηκε η προσομοίωση με τα μοντέλα της ύλης στη στερεή, υγρή και αέρια κατάσταση. Οι μαθητές συζήτησαν με τους συμμαθητές τους και συνέκριναν τις απαντήσεις τους. Στη συνέχεια, οι μαθητές επεξεργάστηκαν εκ νέου το πρόβλημα το οποίο τους ζητούσε να προβούν σε προβλέψεις και αιτιολογήσεις σχετικά με το πώς διαδίδεται ο ήχος (από μια κιθάρα μέχρι το αυτί ενός παιδιού). Συζήτησαν με τους συμμαθητές τους και συνέκριναν τις απαντήσεις τους με τις απαντήσεις που είχαν δώσει κατά τη φάση της ενεργοποίησης (πρώτη φάση της διδακτικής ακολουθίας). Ακολούθως, οι μαθητές έλεγξαν τις αντιλήψεις τους για τη διάδοση του ήχου στα αέρια σώματα μέσω μιας προσομοίωσης (βλ. Σχήμα 1) που παρουσιάζει τη διάδοση του ήχου στον αέρα (<http://www.educationscotland.gov.uk/resources/s/sound/speedofsound.asp?strReferringChannel=resources&strReferringPageID=tcm:4-248287-64>). Οι μαθητές κατέγραψαν και συζήτησαν με τους συμμαθητές τους τις

παρατηρήσεις τους σχετικά με την κίνηση των σωματιδίων του αέρα όταν μέσα σε αυτόν διαδίδεται ήχος.



Σχήμα 1: Στιγμιότυπο από την προσομοίωση για τη διάδοση του ήχου στον αέρα

(γ) Εξήγηση: Πραγματοποιήθηκε συζήτηση με τον συντονισμό του εκπαιδευτικού σχετικά με τη διάδοση του ήχου στον αέρα. Επιδιώχθηκε οι μαθητές να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι οι παλμικές κινήσεις της πηγής αναγκάζουν τα κοντινά μόρια του αέρα να κάνουν και αυτά παλμικές κινήσεις, δημιουργώντας πυκνώματα και αραιώματα. Αυτά διαδίδονται προς όλες τις κατευθύνσεις (αν δεν συναντήσουν εμπόδια).

(δ) Εφαρμογή: Η φάση αυτή επεδίωκε την επεξεργασία από τους μαθητές προβλημάτων διαφορετικών σε σχέση με αυτά που αρχικά είχαν διαπραγματευτεί αναφορικά με τη διάδοση του ήχου, ώστε να ελεγχθεί αν οι μαθητές ενεργοποιούν τη νέα γνώση σε νέα προβλήματα. Ειδικότερα, οι μαθητές επεξεργάστηκαν προβλήματα για τη διάδοση του ήχου στα υγρά και τα στερεά, καθώς επίσης και για τη μη διάδοση του ήχου στο κενό.

(ε) Αναστοχασμός: Σε αυτή τη φάση ζητήθηκε από τους μαθητές να συγκρίνουν τις αρχικές τους απαντήσεις (που έδωσαν στο πρόβλημα που τους τέθηκε στη φάση της ενεργοποίησης) με τις τρέχουσες απαντήσεις τους. Πιο συγκεκριμένα έγινε εκ νέου επεξεργασία του αρχικού ερωτήματος αναφορικά με τη διάδοση του ήχου και ζητήθηκε να αναλογιστούν τι ήταν αυτό που τους οδήγησε να αλλάξουν αντιλήψεις. Επίσης, οι μαθητές κλήθηκαν να συμπληρώσουν κατάλληλα δύο προτάσεις (που είχαν κενά), ώστε η πρώτη να αναφέρεται σε αυτό που θεωρούσαν ότι ίσχυε πριν τις διδασκαλίες και η δεύτερη σε αυτό που αποδέχονταν μετά τις διδασκαλίες. Στη συνέχεια, ζητήθηκε από τους μαθητές να επινοήσουν ερωτήσεις για τη διάδοση του ήχου τις οποίες να υποβάλουν στους συμμαθητές τους με σκοπό να τους «παρασύρουν» στην «παγίδα» των αρχικών αντιλήψεών τους. Οι μαθητές επινόησαν ερωτήσεις και στη συνέχεια τους ζητήθηκε να τις υποβάλουν στους συμμαθητές της ομάδας τους και να συζητήσουν τις απαντήσεις τους. Τέλος, ζητήθηκε από τους μαθητές να σχεδιάσουν δραστηριότητες για τη διάδοση του ήχου στα στερεά, τα υγρά και τα αέρια σώματα ώστε με αυτές να βοηθήσουν άλλους συμμαθητές τους να τροποποιήσουν τις αρχικές αντιλήψεις τους.

Το ερωτηματολόγιο

Για τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τη διάδοση του ήχου συγκροτήθηκε ένα ερωτηματολόγιο που περιλάμβανε τέσσερις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Οι τρεις πρώτες ερωτήσεις διερευνούσαν τις αντιλήψεις

των μαθητών για τη διάδοση του ήχου στα αέρια (ερώτηση 1), τα υγρά (ερώτηση 2) και τα στερεά σώματα (ερώτηση 3). Η τέταρτη ερώτηση διερευνούσε τις αντιλήψεις των μαθητών για τη διάδοση του ήχου στο κενό (ερώτηση 4). Κάθε ερώτηση περιλάμβανε τέσσερις επιλογές. Η μια από αυτές τις επιλογές ήταν προς την κατεύθυνση της σχολικής εκδοχής της επιστημονικής γνώσης. Οι τρεις άλλες επιλογές σχετίζονταν με εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών (βλ. βιβλιογραφική ανασκόπηση). Επίσης, δινόταν η δυνατότητα στους μαθητές να προτείνουν μια δική τους απάντηση ή να επιλέξουν ότι δεν γνωρίζουν την απάντηση.

Ανάλυση δεδομένων

Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι απαντήσεις των μαθητών στις τέσσερις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου το οποίο δόθηκε στους μαθητές πριν, αμέσως μετά και τρεις μήνες μετά την εφαρμογή της διδακτικής ακολουθίας.

Προσδιορίστηκαν οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών. Για τη μελέτη του ζητήματος της εξέλιξης των απαντήσεων των μαθητών, οι απαντήσεις των μαθητών χωρίστηκαν σε δυο κατηγορίες: (α) αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης (απαντήσεις σύμφωνες με τη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης) και (β) εναλλακτικές αντιλήψεις (απαντήσεις διαφορετικές της σχολικής εκδοχής της επιστημονικής γνώσης) και χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό τεστ χ^2 για τη σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Διάδοση του ήχου στα αέρια

Στον Πίνακα 1, παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του ήχου στα αέρια σώματα (όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 1) πριν, μετά και τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία.

Αντιλήψεις	Προ-τεστ		Μετά-τεστ I		Μετά-τεστ II	
	f	f%	f	f%	f	f%
Ο ήχος δε διαδίδεται στον αέρα	3	13,5	0	0,0	0	0,0
Ο ήχος διαδίδεται με τη μορφή σωματιδίων ήχου	4	18,2	1	4,5	2	9,0
Ο ήχος διαδίδεται με τη μετακίνηση των σωματιδίων του αέρα (από τη πηγή προς το δέκτη)	9	41,1	1	4,5	1	5,0
Ο ήχος διαδίδεται με παλμικές κινήσεις των σωματιδίων του αέρα	4	18,2	19	86,5	19	86,0
Δεν γνωρίζω	2	9,0	1	4,5	0	0,0

Πίνακας 1: Οι αντιλήψεις των μαθητών για τη διάδοση του ήχου στα αέρια σώματα, πριν, μετά και τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία: συχνότητες (f & f%)

Από τον Πίνακα 1 προκύπτει ότι ενώ πριν τη διδακτική ακολουθία, οι περισσότεροι μαθητές εκδήλωναν αντιλήψεις, για τη διάδοση του ήχου στα αέρια σώματα, διαφορετικές από τη σχολική γνώση (π.χ. το 41,1% των μαθητών θεωρούσε ότι ο ήχος διαδίδεται με τη μετακίνηση των σωματιδίων του αέρα), μετά τη διδακτική ακολουθία οι περισσότεροι μαθητές εκδήλωναν

αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης (το 86,5% των μαθητών θεωρούσε ότι ο ήχος διαδίδεται με παλμικές κινήσεις των σωματιδίων του αέρα). Μάλιστα, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών, για τη διάδοση του ήχου στα αέρια σώματα, πριν και μετά τη διδακτική ακολουθία ($\chi^2=17,9$, $df=1$, $p<0,0001$). Επιπρόσθετα, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών για τη διάδοση του ήχου στα αέρια σώματα, αμέσως μετά και τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία ($\chi^2=0$, $df=1$, $p=1$). Συνεπώς, δεν υπάρχει σημαντική αλλαγή στις αντιλήψεις που ενεργοποιούν οι μαθητές για τη διάδοση του ήχου στα αέρια σώματα αμέσως μετά τη διδακτική ακολουθία και τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία.

Διάδοση του ήχου στα υγρά

Στον Πίνακα 2, παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του ήχου στα υγρά σώματα (όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 2) πριν, μετά και τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία.

Αντιλήψεις	Προ-τεστ		Μετά-τεστ I		Μετά-τεστ II	
	f	f%	f	f%	f	f%
Ο ήχος δε διαδίδεται στο νερό	6	27,1	0	0,0	1	4,5
Ο ήχος διαδίδεται με τη μορφή σωματιδίων ήχου	4	18,2	1	5,0	1	4,5
Ο ήχος διαδίδεται με τη μετακίνηση των σωματιδίων του υγρού (από τη πηγή προς το δέκτη)	9	40,7	2	9,0	1	4,5
Ο ήχος διαδίδεται με παλμικές κινήσεις των σωματιδίων του υγρού	2	9,0	19	86,0	19	86,5
Δεν γνωρίζω	1	5,0	0	0,0	0	0,0

Πίνακας 2: Οι αντιλήψεις των μαθητών για τη διάδοση του ήχου στα υγρά, πριν, μετά και τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία: συχνότητες (f & f%)

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων, πριν και αμέσως μετά την διδακτική ακολουθία, προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις αντιλήψεις, που ενεργοποιούν οι μαθητές. Ειδικότερα, διαπιστώνεται ότι ενώ πριν τη διδακτική ακολουθία, η πλειοψηφία των μαθητών εκδήλωνε αντιλήψεις, για τη διάδοση του ήχου στα υγρά σώματα, διαφορετικές από τη σχολική γνώση (π.χ. το 40,7% των μαθητών θεωρούσε ότι ο ήχος διαδίδεται με τη μετακίνηση των σωματιδίων του νερού από την πηγή προς το δέκτη), μετά τη διδακτική ακολουθία η πλειοψηφία των μαθητών εκδήλωνε αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης (το 86% των μαθητών θεωρούσε ότι ο ήχος διαδίδεται με παλμικές κινήσεις των σωματιδίων του νερού). Επίσης, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών, για τη διάδοση του ήχου στα υγρά σώματα, πριν και μετά τη διδακτική ακολουθία ($\chi^2=22,41$, $df=1$, $p<0,0001$). Επιπρόσθετα, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών για τη διάδοση του ήχου στα υγρά σώματα, αμέσως μετά και τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία ($\chi^2=0,19$, $df=1$, $p=0.6629$) και κατά συνέπεια δεν υπάρχει σημαντική αλλαγή στις αντιλήψεις που ενεργοποιούν οι μαθητές για τη διάδοση του ήχου στα υγρά σώματα αμέσως μετά τη διδακτική ακολουθία και τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία.

Διάδοση του ήχου στα στερεά

Στον Πίνακα 3, παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του ήχου στα στερεά σώματα (όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 3) πριν, μετά και τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία.

Από τον Πίνακα 3 διαπιστώνεται ότι ενώ πριν τη διδακτική ακολουθία, οι περισσότεροι μαθητές ενεργοποιούσαν αντιλήψεις, για τη διάδοση του ήχου στα στερεά σώματα, διαφορετικές από τη σχολική γνώση (π.χ. το 50% των μαθητών θεωρούσε ότι ο ήχος διαδίδεται με τη μορφή σωματιδίων ήχου), μετά τη διδακτική ακολουθία οι περισσότεροι μαθητές ενεργοποιούσαν αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης (το 90% των μαθητών θεωρούσε ότι ο ήχος διαδίδεται με παλμικές κινήσεις των σωματιδίων του στερεού). Επίσης, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών, για τη διάδοση του ήχου στα στερεά σώματα, πριν και μετά τη διδακτική ακολουθία ($\chi^2=28,56$, $df=1$, $p<0,0001$). Επιπρόσθετα, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών για τη διάδοση του ήχου στα υγρά σώματα, αμέσως μετά και τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία ($\chi^2=0,19$, $df=1$, $p=0,6629$). Επομένως, δεν υπάρχει σημαντική αλλαγή στις αντιλήψεις που ενεργοποιούν οι μαθητές για τη διάδοση του ήχου στα στερεά σώματα αμέσως μετά τη διδακτική ακολουθία και τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία.

Αντιλήψεις	Προ-τεστ		Μετά-τεστ I		Μετά-τεστ II	
	f	f%	f	f%	f	f%
Ο ήχος δε διαδίδεται στα στερεά	6	27,0	0	0,0	2	9,2
Ο ήχος διαδίδεται με τη μορφή σωματιδίων ήχου	11	50,0	1	5,0	1	4,5
Ο ήχος διαδίδεται με τη μετακίνηση των σωματιδίων του στερεού (από τη πηγή προς το δέκτη)	3	13,0	1	5,0	1	4,5
Ο ήχος διαδίδεται με παλμικές κινήσεις των σωματιδίων του στερεού	1	5,0	20	90,0	18	81,8
Δεν γνωρίζω	1	5,0	0	0,0	0	0,0

Πίνακας 3: Οι αντιλήψεις των μαθητών για τη διάδοση του ήχου στα στερεά, πριν, μετά και τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία: συχνότητες (f & f%)

Διάδοση του ήχου στο κενό

Στον Πίνακα 4, παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του ήχου στο κενό (όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 4) πριν, μετά και τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία.

Αντιλήψεις	Προ-τεστ		Μετά-τεστ I		Μετά-τεστ II	
	f	f%	f	f%	f	f%
Ο ήχος δε διαδίδεται στο κενό	8	36,4	19	86,4	19	86,5
Ο ήχος διαδίδεται με τη μορφή σωματιδίων ήχου	5	22,7	0	0,0	1	4,5
Ο ήχος διαδίδεται με τη μετακίνηση των σωματιδίων του αέρα (από τη πηγή προς το δέκτη)	4	18,2	0	0,0	1	4,5
Ο ήχος διαδίδεται με παλμικές	3	13,6	3	13,6	1	4,5

κινήσεις						
Δεν γνωρίζω	2	9,1	0	0,0	0	0,0

Πίνακας 4: Οι αντιλήψεις των μαθητών για τη διάδοση του ήχου στο κενό, πριν, μετά και τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία: συχνότητες (f & f%)

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών, πριν και αμέσως μετά την διδακτική ακολουθία, προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις αντιλήψεις, που ενεργοποιούν οι μαθητές. Πιο συγκεκριμένα, προκύπτει ότι ενώ πριν τη διδακτική ακολουθία, η πλειοψηφία των μαθητών εκδήλωνε αντιλήψεις, για τη διάδοση του ήχου στο κενό, διαφορετικές από τη σχολική γνώση (π.χ. το 22,7% των μαθητών θεωρούσε ότι ο ήχος διαδίδεται στο κενό με τη μορφή σωματιδίων ήχου και το 18,2% των μαθητών θεωρούσε ότι ο ήχος διαδίδεται στο κενό με τη μετακίνηση των σωματιδίων του αέρα), μετά τη διδακτική ακολουθία, εκδήλωνε αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης (το 86,4% των μαθητών θεωρούσε ότι ο ήχος δεν διαδίδεται στο κενό). Επίσης, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών, για τη διάδοση του ήχου στο κενό, πριν και μετά τη διδακτική ακολουθία ($\chi^2=7,89$, $df=1$, $p=0,005$). Επιπρόσθετα, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών για τη διάδοση του ήχου στο κενό, αμέσως μετά και τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία ($\chi^2=0,19$, $df=1$, $p=0.6629$) και κατά συνέπεια δεν υπάρχει σημαντική αλλαγή στις αντιλήψεις που ενεργοποιούν οι μαθητές για τη διάδοση του ήχου στο κενό αμέσως μετά τη διδακτική ακολουθία και τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εργασία αυτή επεδίωκε τη διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής ακολουθίας βασισμένης στην επικοινωνιακή προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών με χρήση επιστημονικών πρακτικών και προσομοιώσεων στην αναμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητών της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου για τη διάδοση του ήχου στα στερεά, τα υγρά, τα αέρια σώματα και στο κενό.

Η μελέτη των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου πριν τη διδακτική ακολουθία ανέδειξε τις αντιλήψεις τους για τη διάδοση του ήχου. Προέκυψε ότι οι περισσότεροι μαθητές εκδήλωσαν αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση. Τα ευρήματα αυτά συνάδουν με τα αποτελέσματα ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί με μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και φοιτητές (Asoko et al., 1991; Linder & Erickson, 1989; Wittmann et al., 1999).

Από την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στο ερωτηματολόγιο προέκυψε ότι ενώ πριν τη διδακτική ακολουθία η πλειονότητα των μαθητών ενεργοποιούσε αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση, μετά τη διδακτική ακολουθία οι περισσότεροι μαθητές εκδήλωσαν αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Μάλιστα, διαπιστώθηκε ότι υπάρχει μια στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική ακολουθία. Επιπρόσθετα, οι αντιλήψεις των μαθητών αμέσως μετά τη διδακτική ακολουθία δε διαφοροποιούνταν σημαντικά από τις αντιλήψεις των μαθητών τρεις μήνες μετά τη διδακτική ακολουθία. Συνεπώς, η αναμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητών για τη διάδοση του ήχου μέσω της διδακτικής ακολουθίας που εφαρμόστηκε αναδείχθηκε εφικτή.

Η παραπάνω διαπίστωση είναι δυνατόν να αποδοθεί σε λόγους που σχετίζονται με τη διδακτική στρατηγική που ακολουθήθηκε και στις δραστηριότητες που χρησιμοποιήθηκαν. Η διδακτική στρατηγική που ακολουθήθηκε, η οποία επέτρεπε τους μαθητές να εργαστούν σε ομάδες να εκφράσουν και να επεξεργαστούν τις αντιλήψεις τους, δημιούργησε τις αναγκαίες συνθήκες για συζήτηση μεταξύ των μαθητών. Οι δραστηριότητες και ιδιαίτερα αυτές που πραγματοποιήθηκαν με τη βοήθεια προσομοιώσεων (όπου τα πειραματικά αποτελέσματα ήταν συνήθως διαφορετικά από τις προβλέψεις των μαθητών) συνεισέφεραν αφενός στην οπτικοποίηση των φαινομένων της διάδοσης του ήχου και αφετέρου στη δημιουργία διαδικασιών γνωστικής αποσταθεροποίησης των αντιλήψεων των μαθητών και αντιπαραθέσεων μεταξύ των μαθητών. Η συζήτηση μεταξύ των μαθητών κάθε ομάδας όπου οι μαθητές προσπαθούσαν να υποστηρίξουν τους ισχυρισμούς τους και να πείσουν τους συμμαθητές τους με δεδομένα βοήθησε τους μαθητές να εμπλακούν ενεργά σε διαλογική επιχειρηματολογία. Η ενεργός εμπλοκή των μαθητών με διαδικασίες διαλογικής επιχειρηματολογίας και κοινωνικο-γνωστικής σύγκρουσης συμβάλει σημαντικά στην εννοιολογική αλλαγή (Asterhan & Schwarz, 2009; Skoumios, 2009).

Στην έρευνα αυτή συμμετείχε ένα περιορισμένο δείγμα μαθητών και συνεπώς τα ευρήματά της υπόκεινται στους περιορισμούς του δείγματος. Επιπλέον, για την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά γραπτό ερωτηματολόγιο. Η χρήση συνέντευξης ή ο συνδυασμός ερωτηματολογίου και συνέντευξης καθώς επίσης και η μελέτη του λόγου των μαθητών σε όλη τη διάρκεια των διδασκαλιών θα επέτρεπαν τη διερεύνηση, σε μεγαλύτερο βάθος, της διαδικασίας αναμόρφωσης των αντιλήψεων των μαθητών. Στους περιορισμούς της εργασίας θα πρέπει να συμπεριληφθεί και το σχετικά μικρό χρονικό διάστημα που μεσολάβησε (τρεις μήνες) ανάμεσα στα μετά-τεστ I και μετά-τεστ II.

Παρά τους παραπάνω περιορισμούς, η εργασία αυτή συνεισφέρει στην έρευνα για τη διδακτική αντιμετώπιση των αντιλήψεων των μαθητών του δημοτικού σχολείου για τη διάδοση του ήχου, ζήτημα για το οποίο δεν υπήρχαν ερευνητικά δεδομένα. Προέκυψε ότι η εμπλοκή των μαθητών με διδασκαλίες που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση νέων τεχνολογιών (Τ.Π.Ε.) μπορεί να συμβάλλει αποτελεσματικά στην αναμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητών και κατά συνέπεια στην οικοδόμηση νέας γνώσης.

Η παρούσα εργασία επικεντρώθηκε αποκλειστικά στη μελέτη της αναμόρφωσης των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τη διάδοση του ήχου. Δεν μελετήθηκε η εξέλιξη των δεξιοτήτων και των στάσεων των μαθητών. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να μελετηθεί συστηματικά η συμβολή διδακτικών ακολουθιών που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση νέων τεχνολογιών στην ανάπτυξη δεξιοτήτων στους μαθητές και στη καλλιέργεια στάσεων απέναντι στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών και την επιστημονική έρευνα.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Asoko M., Leach, J. & Scott, 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.

Asterhan, C. S. C., & Schwarz, B. B. (2009). Transformation of robust misconceptions through peer argumentation. In: B. B. Schwarz, T. Dreyfus, & R. Hershkowitz (Eds.) *Transformation of Knowledge through Classroom Interaction* (pp. 159-172). New York, NY: Routledge, Advances in Learning & Instruction series.

Baviskar, S. N., Hartle, R.T., & Whitney, T. (2009). Essential criteria to characterize constructivist teaching: Derived from a review of the literature and applied to five constructivist teaching method articles. *International Journal of Science Education*, 31(4), pp. 541-550.

Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.

Bybee R., Taylor J., Gardner A., Van Scotter P., Powell J. C., Westbrook A., & Landes N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Colorado Springs: BSCS.

Çalik M., Okur, M. & Taylor. N. (2010). A Comparison of Different Conceptual Change Pedagogies Employed within the Topic of Sound Propagation. *Journal of Science Education and Technology* 20(6), pp. 729-742.

Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1985). *Some features of children's ideas and their implications for teaching*. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 193-201). Milton Keynes, UK: Open University Press.

Driver, R. & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 18, pp. 105-122.

Duit, R. (2009). *Bibliography: Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*. Leibniz Institute for Science Education, Kiel, Germany.

Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.

Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model. *The Science Teacher*, 70(6), pp. 56-59.

Eshach, H. & Schwaetz, J. (2006). Sound stuff? Naïve materialism in middle-school students' conceptions of sound. *International Journal of Science Education*, 28(7), pp. 733-764.

Fazio, C., Guastella, I., Sperandeo-Mineo, R.-M., & Tarantino, G. (2008). Modelling Mechanical Wave Propagation: Guidelines and experimentation of a teaching-learning sequence. *International Journal of Science Education*, 30(11), pp. 1491-1530.

Forbes, C., Lange, K., Möller, K., Biggers, M., Laux, M. & Zangori, L. (2014). Explanation-construction in 4th-grade classrooms in Germany and the United States: A cross-national comparative video study. *International Journal of Science Education*, 36(14), pp. 2367-2390.

Houle, M. E., & Barnett, G. M. (2008). Students' Conceptions of Sound Waves Resulting from the Enactment of a New Technology-Enhanced Inquiry-Based Curriculum on Urban Bird. *Journal of Science Education and Technology*, 17(3), pp. 242-251.

Kucukozer, A. (2010). Prospective Science Teachers' Misconceptions Concerning Wave. *Journal of Turkish Science Education*, 7(2), pp. 66-75.

Linder, C. & Erickson, L. (1989). A study of tertiary students' conceptualizations of sound. *International Journal Science Education*, 11(5), pp. 491 – 501.

Marshall, J. C., Horton, B, Smart, J. (2009). 4E X 2 Instructional Model: Uniting Three Learning Constructs to Improve Praxis in Science and Mathematics Classrooms *Journal of Science Teacher Education*, 20, pp. 501-516.

Meheut M. & Psillos D. "Teaching-Learning Sequences: Aims and Tools for Science Education", *International Journal of Science Education*, 26(5), pp. 2004.

Minner, D., Levy, A.J, Century, J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction - What Is It and Does it Matter: Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. [Science Education]. *Journal of Research in Science Teaching* 47(4), pp. 474-496.

Maurines, L. (1993). Spontaneous Reasoning on the Propagation of Sound." In *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, edited by J. Novak. Ithaca, New York: Cornell University.

National Research Council. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: The National Academies Press.

NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.

Periago, C., Pejuan, A., Jaén, X. & Bohigas, X. (2009). *Misconceptions about the Propagation of Sound Waves*. European Association for Education in Electrical and Information Engineering Annual Conference, Universitat Politècnica de València, València.

Schwarz, C. V., & Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, 91(1), 158-186.

Skoumios, M. (2009) The effect of sociocognitive conflict on students' dialogic argumentation about floating and sinking. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(4), pp. 381-399.

Σκουμιός, Μ. & Σκουμπουρδή, Χ. (2015). Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Στο Χ. Σκουμπουρδή και Μ. Σκουμιός. *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»* (σσ. 14-37), Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος.

Watt, D. & Russell, T. (1990). *Sound*. Primary SPACE Project Research Report. Liverpool University Press.

White, B., Shimoda, T, Frederiksen, J. (1999). Enabling Students to Construct Theories of Collaborative Inquiry and Reflective Learning: Computer Support for Metacognitive Development. *International Journal of Artificial Intelligence*, 10, pp. 151-182.

Widodo, A., Duit, R. & Müller, C. (2002, April). Constructivist views of teaching and learning in practice: Teachers' views and classroom behavior. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans.

Wittmann, M. C., Steinberg, R. N., & Redish, E. F. (1999). Making sense of how students make sense of mechanical waves. *The Physics Teacher*, 37(1), pp. 15-21.

Wittmann, M. C., Steinberg, R. N. & Redish, E. F. (2002). Understanding and affecting student reasoning about sound waves. *International Journal of Science Education*, 25(8), pp. 991-1013.