

Τα Νοητικά Μοντέλα Μαθητών και Εκπαιδευτικών για τη Διάδοση του Ήχου

Αρβανιτάκης Κ., Καριώτογλου Π., Λεμονίδης Χ.

Εκπαιδευτικός, Υπ. Διδ. Παν. Δυτικής Μακεδονίας, karvan@ath.forthnet.gr

Καθηγητής Παν. Δυτικής Μακεδονίας, pkariotog@uowm.gr

Καθηγητής Παν. Δυτικής Μακεδονίας, lemonidi@uowm.gr

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα από μια εκπαιδευτική έρευνα, με την οποία θέλουμε να καταγράψουμε και στη συνέχεια να ταξινομήσουμε τις ιδέες μαθητών και εκπαιδευτικών της Α΄/θμιας εκπαίδευσης, για τον τρόπο που διαδίδεται ένας ήχος σε διάφορα υλικά μέσα. Η συγκρότηση νοητικών μοντέλων θα μας βοηθήσει στην ανάδειξη και συζήτηση των δυσκολιών που συναντούν μαθητές και εκπαιδευτικοί στην κατανόηση των παραπάνω εννοιών και φαινομένων του ήχου. Η έρευνα των ιδεών (από τους 150 ερωτώμενους του δείγματός μας) οδήγησε στη συγκρότηση τριών νοητικών μοντέλων για τη διάδοση του ήχου (της διαδιδόμενης «διαταραχής», της ροής του «ήχου» και της (μετα)κινούμενης «οντότητας»).

Εισαγωγή

Όλα τα παιδιά, ιδιαίτερα δε αυτά που έχουν μικρή ηλικία, διαμορφώνουν τις δικές τους ιδέες για τις έννοιες και τα φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.). Οι ιδέες αυτές είναι προϊόν της εμπειρίας τους και έχουν ως συνέπεια να επηρεάζουν τη διδασκαλία και τη μάθηση. Αυτό συμβαίνει γιατί οι μαθητές δεν είναι παθητικοί δέκτες πληροφοριών, αλλά οικοδομούν τη γνώση τους και τις δεξιότητές τους πάνω στις προϋπάρχουσες γνώσεις, συνήθως με την αναδιοργάνωση των νοητικών τους δομών (De Corte, 1989). Ο κάθε μαθητής δηλαδή αξιοποιεί με ξεχωριστό τρόπο κάθε νέα πληροφορία, δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο μια μοναδική ατομική γνωστική δομή (Καριώτογλου, 1990). Η επίδραση που έχουν οι ιδέες των μαθητών στη διδασκαλία και τελικά στη μάθηση, κάνει απαραίτητη την καταγραφή και ταξινόμηση – μοντελοποίηση, ώστε να είναι πιο εύκολη η τροποποίηση ή η συμπλήρωσή τους στη διάρκεια της διδασκαλίας.

Πολλά φαινόμενα και έννοιες που περιλαμβάνονται στην ενότητα του ήχου, σχετίζονται με τις άμεσες εμπειρίες ακόμη και μικρών μαθητών και γι' αυτό τα σχετικά θέματα περιλαμβάνονται στα περισσότερα Προγράμματα Σπουδών (Π.Σ.) της Α΄/θμιας και της Β΄/θμιας Εκπαίδευσης (ΦΕΚ, 2003). Παράλληλα, λίγες σχετικά είναι οι έρευνες καταγραφής αλλά και διδακτικής αξιοποίησης των ιδεών των μαθητών για τον ήχο (Driver κ. ά., 1985, Linder and Erickson, 1989, Watt and Russell, 1990, Asoko κ. ά., 1991, Hapkievitz, 1992, Maurines, 1992, Wittmann, κ. ά., 1999, 2002, Τζελέπης, 2001, Hrepić, κ. ά., 2002, Eshach and Schwartz, 2006). Από τις παραπάνω έρευνες προέκυψαν μόνο δύο «νοητικά μοντέλα»: α) το απλουστευμένο κυματικό «μοντέλο» και β) το «μοντέλο» της κινούμενης «οντότητας», που αναφέρονταν ως το κυρίαρχο «νοητικό μοντέλο». Η ιδέα της ροής του αέρα αναφέρθηκε μόνο από 4 ερευνητές (Linder and Erickson, 1989, Wittmann, κ. ά., 1999, Hrepić, κ. ά., 2002, Eshach and Schwartz, 2006) ως μια παραλλαγή της κινούμενης «οντότητας» και όχι ως ξεχωριστό «νοητικό μοντέλο». Αυτό γιατί η ιδέα της ροής του αέρα βρέθηκε σε απαντήσεις μιας μόνο ερώτησης από όλες τις ερωτήσεις που έκανε ο κάθε ερευνητής στην έρευνά του.



Η μέθοδος και η ταυτότητα της έρευνας

Στην έρευνά μας επιχειρήσαμε την *ανάδειξη* και *ταξινόμηση* των *ιδεών μαθητών* και *εκπαιδευτικών* για τις *έννοιες* και τα *φαινόμενα του ήχου* με τη *λήψη ημιδομημένων συνεντεύξεων* (semistructured intrerviews) (Cohen & Manion, 1994). Επιλέξαμε τη μέθοδο της ημιδομημένης συνέντευξης γιατί η φύση των εννοιών και των φαινομένων που διερευνούμε, η μεταξύ τους σχέση, η μη οικεία ορολογία και οι αμφιλεγόμενες πολλές φορές απαντήσεις των μαθητών σε γραπτά ερωτηματολόγια δεν βοήθησαν στην *καταγραφή* και *κωδικοποίηση* των *ιδεών των μαθητών*.

Οι εκατό μαθητές και οι πενήντα εκπαιδευτικοί, που συμμετείχαν στις ημιδομημένες συνεντεύξεις της έρευνάς μας, επιλέχθηκαν με τη μέθοδο της *«βολικής» δειγματοληψίας*, από τη Φλώρινα, την Αθήνα, τη Θεσσαλονίκη, την Κρήτη και τη Χίο. Όλα αυτά τα άτομα ήταν χωρισμένα σε τέσσερις (4) διαφορετικές *ομάδες* με τα εξής χαρακτηριστικά: είκοσι πέντε (25) δάσκαλοι της Ε΄ ή της Στ΄ τάξης που είχαν διδάξει την ενότητα του ήχου, είκοσι πέντε (25) νηπιαγωγοί, πενήντα (50) μαθητές Στ΄ Δημοτικού που είχαν διδαχθεί όλοι τους την ενότητα του ήχου και πενήντα (50) μαθητές Δ΄ Δημοτικού που δεν είχαν διδαχθεί την ενότητα του ήχου.

Η επιλογή των είκοσι πέντε (25) *δασκάλων της Ε΄ ή της Στ΄ τάξης Δημοτικού* έγινε γιατί θέλαμε να διερευνήσουμε τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών που διδάσκουν τον ήχο, αφού σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Wandersee et al., 1994) αρκετές φορές οι ιδέες ενός εκπαιδευτικού μοιάζουν μ' αυτές των παιδιών και διαφέρουν από τα περιεχόμενα του σχολικού βιβλίου και τους στόχους του Π.Σ.

Η επιλογή των είκοσι πέντε (25) *νηπιαγωγών* έγινε γιατί αυτές αποτελούν μια ιδιαίτερη ομάδα ενηλίκων πτυχιούχων, που χρησιμοποιούν πολύ τους ήχους μέσα στις τάξεις τους, χωρίς όμως να διδάσκουν θεωρητικά τις έννοιες και τα φαινόμενα του ήχου.

Η επιλογή των πενήντα (50) *μαθητών της Στ΄ Δημοτικού* έγινε γιατί οι μαθητές αυτοί είχαν διδαχθεί όλη την ενότητα του ήχου και στις δύο τάξεις (Ε΄ και Στ΄ Δημοτικού) και θέλαμε να εξετάσουμε τις ιδέες τους σχετικά με τους τρόπους διάδοσης του ήχου μετά από τη διδασκαλία της ενότητας του ήχου.

Η επιλογή των πενήντα (50) *μαθητών της Δ΄ Δημοτικού* έγινε γιατί σύμφωνα με την έρευνα των Driver et al. (1985) η κατανόηση της *φύσης του αέρα* ως *ελαστικού υλικού μέσου* αρχίζει από την ηλικία των οκτώ (8) ετών, με τα *δύο τρίτα* των μαθητών αυτής της ηλικίας να αναγνωρίζουν ότι ο *αέρας καταλαμβάνει χώρο*.

Τα ερευνητικά ερωτήματα

Το κυρίαρχο ερώτημα για την έρευνά μας ήταν: «Ποια νοητικά μοντέλα χρησιμοποιούν μαθητές και εκπαιδευτικοί για να ερμηνεύσουν τη διάδοση του ήχου;» Από αυτό το ερώτημα πηγάζουν τα παρακάτω υποερωτήματα:

- α) Αυτά τα νοητικά μοντέλα διαφοροποιούνται όταν αλλάζει το πλαίσιο της ερώτησης και αν ναι με ποιο τρόπο;
- β) Ποια είναι η *κατανομή* των μοντέλων αυτών ανάλογα με την *ομάδα των ερωτώμενων*;
- γ) Ποιος ο *ρόλος του αέρα* στις ιδέες και στα νοητικά μοντέλα μαθητών και εκπαιδευτικών για τη *διάδοση του ήχου στον αέρα*, στα *υγρά* και στα *στερεά σώματα*;

Τα έργα της ημιδομημένης συνέντευξης

Για να απαντήσουμε στα ερευνητικά μας ερωτήματα πραγματοποιήσαμε *εκατόν πενήντα* ημιδομημένες συνεντεύξεις, που περιελάμβαναν *έξι έργα*. Κάθε ένα από τα *έξι έργα* της *ημιδομημένης συνέντευξης* αποτελούνταν από *μία έως τέσσερις ερωτήσεις* (βλ. Παράρτημα). Η



επιλογή των διαφορετικών ερωτήσεων για το ίδιο έργο έγινε γιατί: α) οι μαθητές φαίνεται να χρησιμοποιούν διαφορετικές ιδέες και νοητικά μοντέλα όταν χρειάζεται να απαντήσουν σε ερωτήματα με διαφορετικά πλαίσια (Schecker & Gerdes, 1999, Wittmann κ.ά., 2002) και β) στις συγκεκριμένες έννοιες και φαινόμενα προσπαθήσαμε να διασταυρώσουμε τις απαντήσεις των μαθητών/εκπαιδευτικών κάνοντας δύο ή ακόμα και τρεις ερωτήσεις, έτσι ώστε να μπορεί να γίνει η ομαδοποίηση των απαντήσεων με μεγαλύτερη εγκυρότητα (Καριώτογλου, 1990).

Αυτές οι ερωτήσεις χωρίστηκαν σε δύο μεγάλες ομάδες. Στην πρώτη ομάδα περιλαμβάνονταν ερωτήσεις που αφορούσαν το *μηχανισμό διάδοσης του ήχου στον αέρα* και τα *φαινόμενα* που ερμηνεύονταν μ' αυτό το μηχανισμό (βλ. Παράρτημα, ερωτήσεις 1.1, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 4.1, 4.2, 4.3 και 4.4). Αυτές οι ερωτήσεις επιλέχθηκαν γιατί θέλαμε να διερευνήσουμε εάν οι *ερωτώμενοι*: α) κατανοούν το μηχανισμό διάδοσης της ανθρώπινης φωνής μέσα στον αέρα, β) *αντιλαμβάνονται την ύπαρξη του αόρατου αέρα* ανάμεσα στην ηχητική πηγή και στην ακροάτρια, γ) *κατανοούν το ρόλο του αέρα στη διάδοση ενός ήχου και εάν όχι ποιες ιδέες* χρησιμοποιούν και δ) *αντιλαμβάνονται την ταλάντωση των σωματιδίων (ή μορίων) του αέρα* όταν διαδίδεται ένας ήχος μέσα απ' αυτόν. Στη δεύτερη ομάδα περιλαμβάνονταν ερωτήσεις που αφορούσαν το *μηχανισμό διάδοσης του ήχου στο νερό, στο σπάγκο και στον τοίχο* (βλ. επίσης Παράρτημα, ερωτήσεις 5.1, 5.2, 5.3, 6.1, 6.2, 7.1, 7.2, 7.3 και 7.4). Αυτές οι ερωτήσεις επιλέχθηκαν γιατί θέλαμε να διερευνήσουμε εάν οι *ερωτώμενοι*: α) *κατανοούν το ρόλο του νερού στη διάδοση ενός ήχου και εάν όχι ποιες ιδέες* χρησιμοποιούν, β) *αντιλαμβάνονται το ρόλο του σπάγκου* (ως ελαστικού στερεού) στη *διάδοση του ήχου* και *εάν όχι ποιες ιδέες* χρησιμοποιούν γι' αυτό, και γ) *κατανοούν το ρόλο του τοίχου* (ως σκληρού στερεού) στη *διάδοση ενός ήχου και εάν όχι ποιες ιδέες* χρησιμοποιούν.

Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων της ημιδομημένης συνέντευξης

Η ανάλυση των απαντήσεων, για κάθε ένα από τα έργα της ημιδομημένης συνέντευξης, έγινε με τη μέθοδο της *ανάλυσης περιεχομένου* σύμφωνα με την παρακάτω διαδικασία: Αφού διαβάσαμε όλες τις απαντήσεις επιλέξαμε αυτές, στις οποίες *περιγράφονταν με σαφήνεια κάποιος μηχανισμός για τη διάδοση ενός ήχου*. Στη συνέχεια *ομαδοποιήσαμε σε κατηγορίες* όσες απαντήσεις εμφάνιζαν *ομοιότητες στην περιγραφή αυτού του μηχανισμού*. Από τα *χαρακτηριστικά* αυτών των κατηγοριών συγκροτήσαμε τις *ιδέες για τη διάδοση του ήχου*. Ως παράδειγμα παρουσιάζουμε τις *ιδέες των ερωτώμενων στις ερωτήσεις 3.1 και 3.2* (βλ. Παράρτημα) για τη *διάδοση της ανθρώπινης φωνής στον αέρα*. Σύμφωνα μ' αυτές ο ήχος διαδίδεται: α) με τα *πυκνώματα και αραιώματα του αέρα*, β) με το *μεταφερόμενο αέρα*, γ) με *κάτι που ταξιδεύει μαζί με τον κινούμενο αέρα* και δ) από μια *μεταφερόμενη οντότητα, που διεισδύει μέσα στον ακίνητο αέρα*.

Με βάση τις παραπάνω ιδέες για τη διάδοση του ήχου προχωρήσαμε στη συγκρότηση *νοητικών μοντέλων*, αφού προηγουμένως ελέγξαμε *δύο προϋποθέσεις*: α) εάν οι *ερωτώμενοι* χρησιμοποιούν με *συνέπεια* την ίδια *ιδέα* στα ερωτήματα που αυτοί ερωτούνται και έχουν διαφορετικό πλαίσιο και β) εάν την ίδια *ιδέα* με το προηγούμενο χαρακτηριστικό τη *συναντάμε σε περισσότερους από έναν ερωτώμενους* (Kariotoglou & Psillos, 1993). Δηλαδή για παράδειγμα εάν την *ιδέα του μεταφερόμενου αέρα* τη χρησιμοποίησαν πολλοί ερωτώμενοι για να ερμηνεύσουν τη *διάδοση του ήχου* και στα υπόλοιπα *μέσα διάδοσης* (π.χ. νερό, τοίχο ή σπάγκο) εκτός από τον αέρα, τότε από αυτή την *ιδέα* μπορούμε να συγκροτήσουμε ένα *νοητικό μοντέλο*, το οποίο και ονομάσαμε *μοντέλο της ροής του «ήχου»*.



Τα νοητικά μοντέλα για τη διάδοση του ήχου

Μελετώντας τις απαντήσεις των ερωτώμενων για τη *διάδοση του ήχου* και λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω προϋποθέσεις φαίνεται να προκύπτουν τα παρακάτω *τρία νοητικά μοντέλα*:

α) Το νοητικό μοντέλο της *διαδιδόμενης «διαταραχής»*

Στην ερώτηση 3.1 (βλ. Παράρτημα) η Κούλα (νηπιαγωγός) απάντησε ότι: «*Ο ήχος φτάνει μέσα από τον αέρα με τα ηχητικά κύματα. Τα ηχητικά κύματα είναι τα πυκνώματα και αραιώματα του ίδιου του αέρα. Αυτά δημιουργούνται από την ταλάντωση της ηχητικής πηγής.*», ενώ στην ερώτηση 5.2 (βλ. Παράρτημα) ο Αντώνης (δάσκαλος Στ΄) απάντησε ότι: «*Ναι θα το ακούσει. Ο ήχος διαδίδεται στα υγρά με πυκνώματα και αραιώματα του ίδιου του νερού.*». Επίσης στην ερώτηση 6.2 η Άννα-Μαρία (δασκάλα Στ΄) απάντησε ότι: «*Ο σπάγκος αποτελεί έναν δρόμο μέσα από τον οποίο περνάνε τα ηχητικά κύματα. Μετακινούνται τα κομματάκια του σπάγκου. Το ένα σπρώχνει το άλλο.*».

Σύμφωνα λοιπόν με αυτές τις απαντήσεις (που πλησιάζουν περισσότερο τη σωστή επιστημονικά απάντηση) ο ήχος φθάνει στον ακροατή ως μια **διαδιδόμενη «διαταραχή»**, χωρίς να διευκρινίζεται ακριβώς ο μηχανισμός της. Δηλαδή άλλοι ερωτώμενοι αναφέρουν τα *πυκνώματα και αραιώματα* του ελαστικού μέσου διάδοσης, ενώ άλλοι αναφέρουν μια *μικρή μετατόπιση* των σωματιδίων του μέσου διάδοσης, όπως στο φαινόμενο του *ντόμινο*. Γι' αυτό και η «*διαταραχή*» βρίσκεται μέσα σε εισαγωγικά («»). Απαντήσεις αυτού του τύπου χρησιμοποιήθηκαν με *συνέπεια* σε όλες σχεδόν τις ερωτήσεις της συνέντευξης (3.1, 5.2, 6.1-6.2 και 7.1-7.2) συνολικά από 21 ερωτώμενους (οι 16 από τους 25 ερωτώμενους δασκάλους, οι 2 από τις 25 νηπιαγωγούς και οι 3 από τους 50 μαθητές της Στ΄ Δημοτικού) θεωρούμε ότι αυτός ο τρόπος σκέψης συγκροτεί το *πρώτο νοητικό μοντέλο*: της **διαδιδόμενης «διαταραχής»**.

β) Το νοητικό μοντέλο της *ροής του «ήχου»*

Στην ερώτηση 3.1 η Μαρία (νηπιαγωγός) απάντησε ως εξής: «*Ο ήχος φτάνει μέσω του αέρα. Ο αέρας είναι το μεταφορικό μέσο του ήχου. Δηλαδή βγαίνει ο ήχος έξω από το τύμπανο, τον παίρνει ο αέρας και τον μεταφέρει.*». Παρόμοια εκδοχή βρήκαμε και στην ερώτηση 5.2, όπου η Φωτεινή (νηπιαγωγός) απάντησε ότι: «*Ναι θα το ακούσει. Το νερό παίρνει τον ήχο και τον μεταφέρει στο δύτη. Εδώ έχουμε ροή νερού από την κολυμβήτρια στο δύτη*», στις ερωτήσεις 6.1 και 6.2, όπου η Βαρβάρα (μαθήτρια Στ΄ Δημ.) απάντησε ότι: «*Με το σπαγκοτηλέφωνο. Ο σπάγκος έχει κάποια ανοίγματα και περνάει από μέσα του ο ήχος και φτάνει στο αυτί του παιδιού. Από αυτά τα ανοίγματα περνάει και ο αέρας που σπρώχνει τον ήχο.*».

Σύμφωνα λοιπόν μ' αυτές τις απαντήσεις ο *διαδιδόμενος ήχος* έχει χαρακτηριστικά ενός **ρευστού υλικού** (συνήθως του *αέρα* ή και του *νερού*) που **ρέει συνεχώς** από την **ηχητική πηγή** στον **ακροατή** και *ωθεί τον ήχο* (ή και *ωθείται από αυτόν*). Γι' αυτό και ο «*ήχος*» βρίσκεται μέσα σε εισαγωγικά («»). Απαντήσεις αυτού του τύπου χρησιμοποιήθηκαν με *συνέπεια* σε όλες σχεδόν τις ερωτήσεις της συνέντευξης (3.1, 5.2, 6.1-6.2 και 7.1-7.2) συνολικά από 46 ερωτώμενους (ένας από τους 25 ερωτώμενους δασκάλους, οι 6 από τις 25 νηπιαγωγούς, οι 23 από τους 50 μαθητές της Στ΄ Δημοτικού και οι 16 από τους 50 μαθητές της Δ΄ Δημοτικού) και γι' αυτό θεωρούμε ότι αυτός ο τρόπος σκέψης συγκροτεί το *δεύτερο νοητικό μοντέλο*: της **ροής του «ήχου»**.

γ) Το νοητικό μοντέλο της (μετα)κινούμενης υλικής «*οντότητας*»

Στην ερώτηση 3.1 η Δήμητρα (νηπιαγωγός) απάντησε ότι: «*Ο ήχος φτάνει με ηχητικά κύματα. Τα ηχητικά κύματα είναι διαφορετικά από τον αέρα. Αυτά διαπερνάνε τον αέρα και φτάνουν στην ηχητική πηγή.*», ενώ στην ερώτηση 4.2 ο Σταύρος (μαθητής Δ΄ Δημ.) απάντησε: «*Ο ήχος*

ταξιδεύει μόνος του. Ο αέρας είναι ακίνητος και ο ήχος ταξιδεύει μέσα στον αέρα. Θα μπορεί ο ήχος να τον περάσει και να έρθει σε μας.» και στην ερώτηση 5.2 η Μαριανίνα (μαθήτρια Στ' Δημ.) απάντησε ότι: «Ναι θα το ακούσει αν είναι κοντά, γιατί τα κύματα του ήχου περνάνε και μέσα από το νερό, όπως περνάνε και μέσα από τον αέρα: σπρώχνοντας τρυπάνε το νερό».

Σύμφωνα με τις παραπάνω απαντήσεις ο διαδιδόμενος ήχος έχει χαρακτηριστικά **(μετα)κινούμενης υλικής «οντότητας»**, που ταξιδεύει διαμέσου του μέσου διάδοσης ως ένα ξεχωριστό υλικό σώμα από την ηχητική πηγή στον ακροατή. Εδώ το μέσο διάδοσης **μακροσκοπικά** παραμένει ακίνητο και μάλλον δυσκολεύει τη διάδοση του ήχου, ενώ για κάποιους ερωτώμενους δεν συμμετέχει ενεργά στη διάδοση του ήχου. Οι απαντήσεις αυτού του τύπου απομακρύνονται περισσότερο από τη σωστή επιστημονικά απάντηση, αφού σύμφωνα μ' αυτές δεν χρειάζεται κάποιο υλικό μέσο για τη διάδοση του ήχου. Απαντήσεις αυτού του τύπου χρησιμοποιήθηκαν με συνέπεια σε όλες σχεδόν τις ερωτήσεις της συνέντευξης (3.1-3.2, 5.2, 6.1-6.2 και 7.1-7.2) συνολικά από 12 ερωτώμενους (2 από τους 25 ερωτώμενους δασκάλους, οι 3 από τις 25 νηπιαγωγούς, οι 7 από τους 50 μαθητές της Στ' Δημοτικού και οι 2 από τους 50 μαθητές της Δ' Δημοτικού) και γι' αυτό θεωρούμε ότι αυτός ο τρόπος σκέψης συγκροτεί το τρίτο νοητικό μοντέλο: της **(μετα)κινούμενης υλικής «οντότητας»**.

Όλα τα συστατικά στοιχεία των νοητικών μοντέλων για τη διάδοση του ήχου που βρήκαμε αποτελούσαν απαντήσεις σε τρεις νοητές ερωτήσεις: (α) Ποια είναι τα χαρακτηριστικά του ήχου; Δηλαδή ο ήχος έχει χαρακτηριστικά διαδιδόμενης «διαταραχής», διαδιδόμενου «αέρα» ή (μετα)κινούμενης υλικής «οντότητας»; (β) Ποιος είναι ο ρόλος του μέσου διάδοσης; Δηλαδή αυτό διαδίδει τη διαταραχή, ρέει και ωθεί/συμπαράσχει τον ήχο ή δυσκολεύει τη διείσδυση της «οντότητας» του ήχου; (γ) Ποιος είναι ο τρόπος κίνησης των σωματιδίων του μέσου διάδοσης κατά τη διάδοση του ήχου; Δηλαδή τα σωματίδιά του διαδίδουν τη «διαταραχή» με ταλαντώσεις (ή και με μικρές μετατοπίσεις), ρέουν μαζί με τον ήχο ή δημιουργούν διόδους για τη διέλευση της υλικής «οντότητας» του ήχου;

Παρακάτω παραθέτουμε τον Πίνακα 1 που περιλαμβάνει αυτούς που απαντούν με συνέπεια σε τουλάχιστον 2 από τα 3 έργα της συνέντευξης (α) για τον αέρα (ερ. 3.1-3.2, ερ.4.2, ερ. 4.3-4.4) και (β) για το νερό, το σπάγκο και τον τοίχο (ερ.5.2, ερ.6.2, ερ.7.2), δηλαδή χρησιμοποιούν στις 2 ή στις 3 από τις 3 απαντήσεις τους το ίδιο νοητικό μοντέλο. Είτε συνολικά σε τουλάχιστον 4 από τα 6 έργα της συνέντευξης για όλα τα μέσα διάδοσης (ερ. 3.1-3.2, ερ.4.2, ερ. 4.3-4.4, ερ.5.2, ερ.6.2, ερ.7.2), δηλαδή χρησιμοποιούν στις 4, στις 5 ή στις 6 από τις 6 απαντήσεις τους το ίδιο νοητικό μοντέλο (Fassouloropoulos, Kariotoglou and Koumaras, 2003). Στον Πίνακα 1 φαίνεται ότι οι 107 στους 150 ερωτώμενους (71%) στις ερωτήσεις με μέσο διάδοσης τον αέρα ή οι 115 στους 150 (77%) με μέσο διάδοσης το νερό, το σπάγκο και τον τοίχο χρησιμοποίησαν στις απαντήσεις τους το ίδιο νοητικό μοντέλο, σε τουλάχιστον δύο από τα τρία έργα της συνέντευξης, ενώ οι 81 στους 150 (54%) έκαναν το ίδιο σε τουλάχιστον τέσσερα από τα έξι έργα της συνέντευξης (σε όλα τα παραπάνω μέσα διάδοσης του ήχου).

Πίνακας 1: Τα νοητικά μοντέλα για τη διάδοση του ήχου στις τέσσερις ομάδες ερωτώμενων

Ομάδες ερωτώμενων	χρησιμοποιούν το 1 ^ο νοητικό μοντέλο σε			χρησιμοποιούν το 2 ^ο νοητικό μοντέλο σε			χρησιμοποιούν το 3 ^ο νοητικό μοντέλο σε			είναι ασυνεπείς σε			σύνολο ερωτώμενων		
	αέρα	νερό,σπάγκο,τοίχο	όλα	αέρα	νερό,σπάγκο,τοίχο	όλα	αέρα	νερό,σπάγκο,τοίχο	όλα	αέρα	νερό,σπάγκο,τοίχο	όλα	αέρα	νερό,σπάγκο,τοίχο	όλα
δάσκαλοι	15	17	16	3	3	1	2	2	2	5	3	6	25	25	25
νηπιαγωγοί	3	8	2	8	6	6	3	7	3	11	4	14	25	25	25
μαθ. Στ' Δημ.	6	5	3	27	22	23	9	16	7	8	7	17	50	50	50
μαθ. Δ' Δημ.	0	0	0	28	11	16	3	18	2	19	21	32	50	50	50
σύνολο	24	30	21	66	42	46	17	43	14	43	35	69	150	150	150



Συζήτηση για τα νοητικά μοντέλα

Σ' αυτή την έρευνα η *ροή του αέρα* αποτέλεσε τη βάση για τη συγκρότηση ενός νέου νοητικού μοντέλου για τη διάδοση του ήχου: αυτού της *ροής του «ήχου»*. Αυτό το *νοητικό μοντέλο* χρησιμοποιήθηκε ως απάντηση σε *όλα τα μέσα διάδοσης του ήχου* που χρησιμοποιήσαμε στο ερωτηματολόγιό μας με *συνέπεια* από αρκετούς ερωτώμενους, *σχεδόν όλων των ομάδων ερωτώμενων* (εκτός αυτής των δασκάλων) και ήταν τελικά και το πιο δημοφιλές (*ισχυρό*) νοητικό μοντέλο στο σύνολο των ερωτώμενων. Αυτό το εύρημα ήταν *αντίθετο* με αυτό που είχαμε βρει στη βιβλιογραφική μας επισκόπηση, δηλαδή ότι το πιο ισχυρό «*νοητικό μοντέλο*» ήταν αυτό της *κινούμενης «οντότητας»*. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ευρήματα από τέσσερις έρευνες (Linder & Erickson, 1989, Wittmann κ.ά., 1999, Hrepic, 2002, Eshach and Schwartz, 2006), στα οποία αναφέρεται η ιδέα της *κίνησης των μορίων του αέρα*, αλλά μόνο για την περίπτωση της διάδοσης του ήχου μέσω του *αέρα* ή του *τοιχού*, όπου η κίνηση του αέρα είναι πιο εύκολα αντιληπτή ή περισσότερο αποδεκτή.

Από τον προηγούμενο Πίνακα 1 φαίνεται ότι από το 71% έως το 77% των ερωτώμενων χρησιμοποίησαν στις απαντήσεις τους το ίδιο νοητικό μοντέλο σε τουλάχιστον *δύο* από τα *τρία έργα* της συνέντευξης και το 54% σε τουλάχιστον *τέσσερα* από τα *έξι έργα* της συνέντευξης. Από αυτό προκύπτει ότι αυτοί οι *ερωτώμενοι* χρησιμοποίησαν το *ίδιο επεξηγηματικό πλαίσιο ως μορφή θεωρίας* (Ioannides & Vosniadou, 2001) και τα νοητικά τους μοντέλα *έχουν εσωτερική συνοχή* αντίθετα με τα νοητικά μοντέλα του DiSessa (1988).

Από τους 81 συνεπείς ερωτώμενους μόνο οι 8 χρησιμοποίησαν το *ίδιο νοητικό μοντέλο* σε όλες τις παραπάνω ερωτήσεις της συνέντευξης. Όλοι οι υπόλοιποι 73 συνεπείς ερωτώμενοι *δεν χρησιμοποίησαν τα ίδια νοητικά μοντέλα διάδοσης* σε όλες τις ερωτήσεις συνέντευξης. Φαίνεται δε ότι τα *νοητικά μοντέλα* που χρησιμοποίησαν οι ερωτώμενοι στις απαντήσεις τους για τη *διάδοση του ήχου* επηρεάζονται από το *μέσο διάδοσης* του ήχου, αφού:

- Όταν το μέσο διάδοσης του ήχου είναι ο *αέρας*, το κυρίαρχο νοητικό μοντέλο είναι το μοντέλο της *ροής του «ήχου»* (από 66 απ. στις 150).
- Όταν το μέσο διάδοσης του ήχου είναι το *νερό*, το κυρίαρχο μοντέλο είναι πάλι το μοντέλο της *ροής του «ήχου»* (58 απ. στις 150).
- Όταν το μέσο διάδοσης του ήχου είναι ο *σπάγκος*, το κυρίαρχο νοητικό μοντέλο είναι το μοντέλο της *(μετα)κινούμενης υλικής «οντότητας»* (53 απ. στις 150).
- Όταν το μέσο διάδοσης του ήχου είναι ο *τοιχός*, το κυρίαρχο νοητικό μοντέλο είναι πάλι το μοντέλο της *(μετα)κινούμενης υλικής «οντότητας»* (60 απ. στις 150).

Μελετώντας τον *τρόπο συγκρότησης των νοητικών μοντέλων* για τη διάδοση του ήχου στην έρευνά μας, προκύπτει ότι η *συγκρότηση των νοητικών μοντέλων* στηρίχτηκε σε *τρία συστατικά στοιχεία* (στα *χαρακτηριστικά του ήχου*, στο *ρόλο του μέσου διάδοσης* και στον *τρόπο κίνησης των σωματιδίων του μέσου διάδοσης* (αερίου, υγρού ή στερεού) κατά τη διάδοση ενός ήχου), ενώ η *συγκρότηση των «νοητικών μοντέλων»* της βιβλιογραφικής επισκόπησης στηρίχτηκε σε *μόνο δύο συστατικά στοιχεία* (την *έννοια του ήχου* που ταξιδεύει και την *ιδιότητα του μέσου διάδοσης*).

Συμπεράσματα

Στην έρευνά μας συγκροτήσαμε *τρία νοητικά μοντέλα* για τη *διάδοση ενός ήχου* (*διαδιδόμενη «διαταραχής», ροής του «ήχου» και (μετα)κινούμενης υλικής «οντότητας»*). Από αυτά το *κυρίαρχο νοητικό μοντέλο της ροής του «ήχου»* συγκροτήθηκε για *πρώτη φορά*.

Από τη διερεύνηση της συνέπειας των ερωτώμενων στη χρήση των νοητικών μοντέλων στα τέσσερα μέσα διάδοσης του ήχου (αέρας, νερό, σπάγκος, τοίχος) βρήκαμε ότι κάποιοι ερωτώμενοι χρησιμοποιούν διαφορετικά νοητικά μοντέλα σε διαφορετικά μέσα διάδοσης του ήχου (αλλάζοντας προς πιο «δισαιθητικά» μοντέλα όταν το ερώτημα είναι σχετικά άγνωστο και πιο δύσκολο γι' αυτούς), με το 54% - 77% των ερωτώμενων να είναι συνεπείς σε κάποιο από τα τρία νοητικά μοντέλα για τη διάδοση του ήχου. Αυτό το εύρημα μας επιτρέπει να θεωρήσουμε ότι τα συγκεκριμένα νοητικά μοντέλα που βρήκαμε μπορούν να πλησιάσουν τον αυστηρό ορισμό του νοητικού μοντέλου σύμφωνα με πολλούς ερευνητές της Γνωστικής Ψυχολογίας, όπου ο κάθε ερωτώμενος χρησιμοποιεί ακριβώς το ίδιο επεξηγηματικό πλαίσιο, με τη μορφή θεωρίας, για να απαντήσει σε οποιοδήποτε διαφορετικό ερώτημα (πλαίσιο) του τίθεται (Ioannides & Vosniadou, 2001).

Βιβλιογραφικές αναφορές

Καριώτογλου, Π. (1990). Προβλήματα Διδασκαλίας και Μάθησης της Μηχανικής των Ρευστών στο Γυμνάσιο. Διδακτορική Διατριβή. Θεσσαλονίκη.

Τζελέπης, Χ. (2001). Η κατανόηση του εννοιολογικού περιεχομένου των λέξεων της ενότητας, ήχος και ακουστικά φαινόμενα της φυσικής. Τα νοητικά μοντέλα και η εννοιολογική αλλαγή. Διπλωματική Εργασία στο Διαπανεπιστημιακό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στη Βασική και Εφαρμοσμένη Γνωστική Επιστήμη. Πανεπιστήμιο Αθηνών. Αθήνα.

ΦΕΚ. (2003). 304/13-3-2003, σελ. 4236-4239 και 4259 και 304/1-3-2003, σελ. 4240.

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.

Cohen, L. and Manion, L. (1994). Research Methods in Education. Fourth Edition. Routledge.

DeCorte, E. (1989). Learning with new information technologies in schools: perspectives from the psychology of learning and instruction, Invited lecture held at the European Seminar on New Information Technology in School Learning, Rottenburg, West-Germany.

DiSessa, A. A. (1988). Knowledge in pieces. In G. Forman and P. B. Pufall (Επιμ.), Constructivism in the Computer age. Hillsdale, NY: Lawrence Erlbaum Associates.

Driver, R., Guesne, E. and Tiberghien, A. (1985). Children's Ideas and the Learning of Science. In R. Driver, E. Guesne and A. Tiberghien (eds): *Children's Ideas in Science*. Open University Press.

Eshach, H. and Schwartz, J. (2006). Sound Stuff? Naïve materialism in middle-school students' conceptions of sound. International Journal of Science Education. Vol. No. 7, 1 June 2006. Pp. 733-764.

Fassoulopoulos, G., Kariotoglou, P. and Koumaras, P. (2003). Consistent and Inconsistent Pupils' Reasoning about Intensive Quantities: The Case of Density and Pressure. Research in Science Education, 33(1), pp 71 – 87.

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



Hrepic, Z., Zollman, D., & Rebello, S. (2002). Identifying students' models of sound propagation. Paper presented at the 2002 Physics Education Research Conference, Boise ID.

Ioannides, Ch. and Vosniadou, S. (2001). The changing meanings of force. *Cognitive Science Quarterly*, 2(1), 5-62.

Kariotoglou, P. & Psillos, D. (1993). Pupils' Pressure Models and their Implications for Instruction, School of Education, University of Thessaloniki, Greece.

Linder, C. Erickson, L. (1989). A study of tertiary students' conceptualizations of sound. *International Journal Science Education*. 11, special issue, 491-501.

Maurines, L. (1992). Spontaneous reasoning on the propagation of visible mechanical signals. *International Journal of Science Education*, 14(3), 279-293.

Schecker, H. and Gerdes, J. (1999). Messung von Konzeptualisierungsfähigkeit in der Mechanik. Zur Aussagekraft des Force Concept Inventory. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 5(1), 75-89.

Wandersee, J., Mintzes, J. and Novak, J. (1994). Research On Alternative Concepts in Science. In *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, edited by Dorothy L. Gabel (Macmillan Publishing Company, NY, (1994), 177-210.

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

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

Wittmann, M. C., Steinberg, R. N. and Redish, E., F. (2002). Understanding and Addressing Student Reasoning about Sound. Manuscript submitted for publication.

Παράρτημα: Τα Έργα της Ημιδομημένης Συνέντευξης για τη Διάδοση του Ήχου

Έργο 1. «*Τι είναι για σένα ο ήχος;*»

Έργο 3. «*Πώς διαδίδεται ο ήχος στον αέρα;*»

Ερώτηση 3.1: «*Πώς φτάνει ο ήχος στο αυτί της ακροάτριας;*» (Σημείωση: Μόνο στην περίπτωση που ο ερωτώμενος έχει χρησιμοποιήσει στην απάντησή του την έννοια «ηχητικά κύματα», θα χρειαστεί να απαντήσει στις επόμενες ερωτήσεις 3.2 και 3.3. Αλλιώς η συνέντευξη θα προχωρήσει με την ερώτηση 3.4).

Ερώτηση 3.2: «*Τι είναι αυτά τα «ηχητικά κύματα»; Πώς τα φαντάζεσαι;*»

Ερώτηση 3.3: «*Αλλάζουν τα ηχητικά κύματα σε κάτι (τι;) όταν δυναμώνει ο ήχος (π.χ. γίνονται περισσότερα, λιγότερα ή τα ίδια; ταξιδεύουν πιο γρήγορα, πιο αργά ή το ίδιο;)*»

Ερώτηση 3.4: «*Μήπως θα ήθελες να σχεδιάσεις στην παρακάτω εικόνα κάτι που για σένα αναπαριστά τον ήχο;*»

Έργο 4. «*Ποιος είναι ο ρόλος του αέρα στη διάδοση του ήχου;*»

Ερώτηση 4.1: «*Υπάρχει κάτι ανάμεσα στην ακροάτρια και στην ηχητική πηγή; Ναι ή όχι;*

15. Αν «*ναι*»: *Τι θα μπορούσε να είναι αυτό το κάτι;*

16. Αν «*όχι*»: *Σε ενημερώνω ότι ένας άλλος μαθητής μου είπε ότι υπάρχει κάτι και αυτό είναι ο αέρας. Υπάρχει λοιπόν ο αέρας; Εσύ τι πιστεύεις;*»

Ερώτηση 4.2: «*Ο αέρας παίζει κάποιο ρόλο στη διάδοση του ήχου; Πώς τον φαντάζεσαι αυτόν τον ρόλο;*»

Ερώτηση 4.3: «*Υπέθεσε τώρα ότι έχουμε ένα πολύ μικρό «κομματάκι σκόνης», το οποίο βρίσκεται ακίνητο ανάμεσα στην ηχητική πηγή και στην ακροάτρια. Στο δωμάτιο δεν φυσάει αέρας. Τι θα κάνει το κομματάκι της σκόνης όταν η ηχητική πηγή παράγει ήχο για αρκετή ώρα; (Πώς το εννοείς αυτό;)*»

Ερώτηση 4.4: «*Τι είναι αυτό που σπρώχνει το κομματάκι της σκόνης;*»

Έργο 5. «*Πώς διαδίδεται ο ήχος μέσα στο νερό;*»



Ερώτηση 5.1: «Στη λίμνη της Βουλιαχμένης ένας δύτες εξερευνά το βυθό της. Κάποια στιγμή, λίγα μέτρα μακριά του, μια κολυμβήτρια πέρφει μέσα στη λίμνη. **Θα ακούσει** ο δύτες το θόρυβο από τη βουτιά της κολυμβήτριας;»

Ερώτηση 5.2: «**Πώς φτάνει** ο ήχος από την κολυμβήτρια στο δύτε; Το νερό παίζει κάποιο **ρόλο** σ' αυτή τη διάδοση του ήχου;»

Ερώτηση 5.3: «Ο ήχος θα φθάσει στο δύτε πιο γρήγορα, πιο αργά ή το ίδιο γρήγορα από την περίπτωση που ο δύτες θα είναι έξω από το νερό; **Πώς γίνεται** αυτό;»

Έργο 6. «**Πώς διαδίδεται** ο ήχος **μέσα από το σπάγκο;**»

Ερώτηση 6.1: «Δυο παιδιά συνομιλούν με ένα **σπαγκοτηλέφωνο**. Πιστεύεις ότι η φωνή από το κορίτσι (ομιλήτρια) θα ακούγεται καλύτερα **με** το σπαγκοτηλέφωνο απ' ότι **χωρίς** αυτό;»

Ερώτηση 6.2: «**Πώς γίνεται** αυτό; Μπορείς να μας το εξηγήσεις; **Ποιο ρόλο παίζει** ο **σπάγκος** στη διάδοση του ήχου;»

Έργο 7. «**Πώς διαδίδεται** ο ήχος **μέσα από έναν τοίχο;**»

Ερώτηση 7.1: «Στην παρακάτω **εικόνα** έχουμε δύο συμμαθητές που βρίσκονται σε διπλανές τάξεις. Πιστεύεις ότι ο ένας συμμαθητής **θα ακούει** τη φωνή του άλλου εάν αυτός μιλάει δυνατά;»

Ερώτηση 7.2: «**Πώς γίνεται** αυτό; Μπορείς να μας το εξηγήσεις; **Ποιο ρόλο παίζει** ο **τοίχος** που είναι ανάμεσά τους στη διάδοση του ήχου;»

Ερώτηση 7.3: «Ο υπόλοιπος ήχος που δεν θα φθάσει στον ακροατή τι παθαίνει; **Πώς γίνεται** αυτό;»

Ερώτηση 7.4: «Όταν κάποιος σου μιλάει πίσω από έναν τοίχο, η φωνή του φτάνει **πιο αδύναμη** σε σένα, ενώ τώρα με το σπαγκοτηλέφωνο η φωνή του φθάνει σε σένα **πιο δυνατή**. **Πώς εξηγείς αυτή τη διαφορά;**»