



Μεταφορά Εκπαιδευτικών Επινόησεων από ένα Σύστημα σε Άλλο: μια προσπάθεια μεταφοράς από την Καταλονία στην Κύπρο, προσαρμογής και αξιοποίησης της ενότητας Ακουστικές ιδιότητες των υλικών.

Λιβίτζις Μ., Λοϊζίδου Ε., Σχολινάκη Α., Κωνσταντίνου Κ.

Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες,
Πανεπιστήμιο Κύπρου
mikelivitzis@yahoo.com, s_schgr@yahoo.co.uk, c.p.constantinou@ucy.ac.cy

Έχουμε επιχειρήσει μια προσπάθεια μεταφοράς της διδακτικής ακολουθίας Ακουστικές ιδιότητες των υλικών, η οποία σχεδιάστηκε στην Καταλονία μέσα από μια ερευνητικά προσανατολισμένη διαδικασία στο πλαίσιο του προγράμματος «Materials Science». Η ακολουθία των δραστηριοτήτων εφαρμόστηκε, μετά από μετάφραση του αντίστοιχου υλικού, σε δύο τάξεις Τεχνικής Σχολής στην Κύπρο στο πλαίσιο του μαθήματος της Φυσικής. Αναλύονται οι δυσκολίες που προκύπτουν κατά τη μεταφορά διδακτικού υλικού από ένα εκπαιδευτικό σύστημα σε άλλο. Συλλέξαμε δεδομένα μέσα από την τήρηση αναστοχαστικού ημερολογίου από τη διδάσκουσα, με διαγνωστικά και μεταπειραματικά δοκίμια καθώς και άτυπες παρατηρήσεις στην τάξη. Η ανάλυση μας έχει δώσει πληροφορίες για το βαθμό επίτευξης των γνωσιολογικών στόχων. Επιπρόσθετα, μέσω της συμπλήρωσης σχετικών ερωτηματολογίων πριν και μετά την πιλοτική εφαρμογή, μελετήθηκαν οι αλλαγές στη στάση και στα κίνητρα σε σχέση με το μάθημα της Φυσικής μέσα από την ενεργητική εμπλοκή των μαθητών σε ομαδική εργασία για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Τα αποτελέσματα συζητούνται στο πλαίσιο του σκεπτικού μιας πολιτικής για ανάπτυξη μηχανισμών ανταλλαγής εμπειριών καλής εκπαιδευτικής πρακτικής μεταξύ εκπαιδευτικών συστημάτων σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Εισαγωγή

Ένας από τους κύριους στόχους του προγράμματος «Materials Science» είναι η ανάπτυξη διδακτικού υλικού το οποίο να περιέχει τα απαραίτητα στοιχεία που να το καθιστούν κατάλληλο για εφαρμογή σε διαφορετικά εκπαιδευτικά συστήματα ξεπερνώντας συστημικούς, πολιτισμικούς, οργανωτικούς και γλωσσικούς περιορισμούς. Για το σκοπό αυτό συστάθηκε μια διεθνής ομάδα ειδικών που παρακολουθεί τις εφαρμογές διδακτικού υλικού ώστε να εντοπίζει τα χαρακτηριστικά που πρέπει αυτό να έχει.

Για την ανάπτυξη του διδακτικού υλικού στα πλαίσια αυτού του προγράμματος συνεργάστηκαν έμπειροι ερευνητές στην επιστήμη της μάθησης και εκπαιδευτικοί των φυσικών επιστημών. Το διδακτικό υλικό βασίστηκε σε καθιερωμένες αρχές και γνώση που προέκυψε μέσα από ερευνητικές διεργασίες, ώστε να επιλύει διδακτικά προβλήματα μέσα από καινοτόμες παιδαγωγικές προσεγγίσεις, χρησιμοποιώντας τον τομέα της Επιστήμης Υλικών ως παράδειγμα.

Το Διδακτικό Υλικό

Το διδακτικό υλικό *Ακουστικές ιδιότητες των υλικών* αναπτύχθηκε μέσα από μια ερευνητικά προσανατολισμένη διαδικασία από το Ερευνητικό Κέντρο Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά του Αυτόνομου Πανεπιστημίου της Βαρκελώνης και απευθύνεται σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ηλικίας 14-16 ετών. Η παιδαγωγική προσέγγιση στηρίζεται στο πρότυπο της διερώτησης. Η διερώτηση είναι ένα πλαίσιο μάθησης στο οποίο οι μαθητές καλούνται να μάθουν και να αναπτύξουν δεξιότητες μέσα από ερωτήσεις,



προβληματισμό και δραστηριότητες οι οποίες προσεγγίζουν την επιστημονική διεργασία επίλυσης προβλημάτων. Η διαδικασία αυτή προσδίδει αυθεντικότητα στη μαθησιακή πορεία που ενθαρρύνονται να αναπτύσσουν οι μαθητές.

Όσον αφορά στη διερώτηση το διδακτικό υλικό:

- Ακολουθεί μια παιδαγωγική πορεία από την καθοδηγούμενη στην πιο ανοιχτή διερώτηση
- Χρησιμοποιεί την προσέγγιση της διατύπωσης προβλήματος με καθοδηγητικές ερωτήσεις
- Προωθεί διερευνητικές ικανότητες, που σχετίζονται όχι μόνο με εργαστηριακές επιστημονικές διεργασίες, (μέτρηση, ανάγνωση γραφικών, κλπ) αλλά και γενικότερης επιστημονικής επάρκειας (χρήση μοντέλων, πρόβλεψη, κλπ).

Το διδακτικό υλικό δίνει την ευκαιρία στους μαθητές να καταπιαστούν με ένα θέμα της καθημερινότητας που τους είναι σχετικά οικείο μέσα από μια επιστημονική διαδικασία. Αυτό πραγματοποιείται εστιάζοντας σε ένα πραγματικό πρόβλημα όπως είναι αυτό της ηχορύπανσης στην ειδική περίπτωση μιας δισκοθήκης. Μελετώντας αυτό το πρόβλημα οι μαθητές, καλούνται να προτείνουν λύσεις. Για να καταλήξουν όμως σε λύσεις πρέπει πρώτα να κάνουν προβλέψεις, να εντοπίσουν τους παράγοντες που επηρεάζουν και να κάνουν μετρήσεις ώστε να καταλήξουν σε αξιόπιστα συμπεράσματα.

Η ακολουθία δραστηριοτήτων αρχίζει με μια εισαγωγή στη φύση του ήχου και συνεχίζει με τη διάκριση των ηχητικών φαινομένων όπως η ανάκλαση, η περίθλαση, η διάδοση και η απορρόφηση. Οι μαθητές καλούνται να εξετάσουν πώς συμπεριφέρεται ο ήχος όταν προσπίπτει σε μια επιφάνεια και πώς διαδίδεται μέσα από υλικά σώματα. Ακολουθώντας, μέσα από διερεύνηση, προσπαθούν να διακρίνουν ποια υλικά κυρίως ανακλούν τον ήχο και ποια τον απορροφούν περισσότερο. Έπειτα, επιχειρείται μια σύνδεση μεταξύ της συμπεριφοράς και της εσωτερικής δομής των υλικών. Τέλος, οι μαθητές καλούνται να καθορίσουν ποια υλικά πρέπει να τοποθετηθούν και πού ώστε να επιτυγχάνεται καλή ακουστική μέσα στη δισκοθήκη αλλά και η απαραίτητη ηχομόνωση για να μην ενοχλούνται οι γείτονες.

Το διδακτικό υλικό είναι σχεδιασμένο να χτίζει το εννοιολογικό μοντέλο για ηχο-απορροφητές και ηχο-ανακλαστές. Η μοντελοποίηση θεωρείται μια χρήσιμη διαδικασία που βοηθά τους μαθητές να χτίσουν επιστημονική γνώση η οποία να επιτρέπει τη μεταφορά της σε διαφορετικές καταστάσεις. Τα τρία κύρια μοντέλα που εισάγονται είναι:

- Ένα μοντέλο για να προβλέπει και να εξηγεί τι γίνεται η ενέργεια του ήχου που προσπίπτει σε ένα υλικό με συγκεκριμένη ακουστική συμπεριφορά
- Ένα μακροσκοπικό μοντέλο που να προβλέπει και να εξηγεί πώς εξασθενεί ο ήχος (με ανάκλαση ή απορρόφηση) όταν φτάνει σε ένα υλικό αναλόγως των μακροσκοπικών φυσικών ιδιοτήτων αυτού του υλικού (πυκνότητα, πορώδη υφή, ελαστικότητα)
- Ένα μικροσκοπικό μοντέλο που να προβλέπει και να αναλύει, χρησιμοποιώντας τη μικροδομή των υλικών, πώς συγκεκριμένες ιδιότητες των υλικών επηρεάζουν την ικανότητά τους να εξασθενούν τον ήχο.

Οι μαθητές εργάζονται σε μικρές ομάδες και συνεργάζονται για τη διεξαγωγή των δραστηριοτήτων κατά τις πειραματικές διεργασίες, την ανάλυση των δεδομένων τους και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Παράλληλα, ο/η εκπαιδευτικός επιβλέπει τις διαδικασίες που ακολουθούν οι μαθητές, τους συμβουλεύει και προσπαθεί να διαπιστώσει κατά πόσο πραγματικά κατανοούν, μέσω συζήτησης μαζί τους. Η συζήτηση αυτή έχει τη μορφή ημι-συνωπικών διαλόγων ενώ αποφεύγεται οποιασδήποτε μορφής διάλεξη. Ακόμα, μέσα από τα



τετράδια όπου οι μαθητές σημειώνουν παρατηρήσεις και συμπεράσματα, παρακολουθεί στενά την εξέλιξη των γνώσεων και της κατανόησης τους. Επιπλέον, γίνεται αξιολόγηση της επίτευξης των μαθησιακών επιδιώξεων με προ- και μετά-πειραματικά δοκίμια. Η κάθε ομάδα μαθητών τέλος, παρουσιάζει μέσα από μία αφίσα τις προτάσεις της για την επίλυση του προβλήματος που τέθηκε.

Για τη μεταφορά και εφαρμογή του διδακτικού υλικού αυτού σε κυπριακό σχολείο απαιτήθηκαν, πέραν της μετάφρασης στα ελληνικά, και κάποιες αλλαγές στη δομή και το περιεχόμενό του. Οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές όσον αφορά στις προαπαιτούμενες γνώσεις για την παρακολούθηση μιας ενότητας είναι διαφορετικές από ένα εκπαιδευτικό σύστημα σε ένα άλλο, καθώς υπάρχουν διαφορετικά αναλυτικά προγράμματα και εστιάζουν σε διαφορετικά εννοιολογικά ζητήματα. Επιπρόσθετα, μαθητές από διαφορετικές χώρες φέρουν άλλες εμπειρίες και επομένως χρειάζεται διαφοροποιημένη προσέγγιση στο διδακτικό υλικό που χρησιμοποιείται στην κάθε μια. Μετά από συζητήσεις με τους εκπαιδευτικούς αντιληφθήκαμε ότι χρειαζόταν να προστεθούν ορισμένες παράγραφοι ώστε να συμπληρωθούν προαπαιτούμενες γνώσεις των μαθητών καθώς και η διασαφήνιση ορισμένων σημείων στο περιεχόμενο. Επίσης οι εκπαιδευτικοί πραγματοποίησαν κάποιες επιπλέον δραστηριότητες για καλύτερη κατανόηση της φύσης του ήχου ως κύμα.

Μεθοδολογία

Όλες οι τροποποιήσεις στην ακολουθία δραστηριοτήτων έγιναν στο πλαίσιο της λειτουργίας της τοπικής ομάδας εργασίας στην οποία συμμετείχαν ερευνητές και εκπαιδευτικοί. Διατηρήθηκε στενή επαφή με την αρχική ομάδα σχεδιασμού και ανάπτυξης στη Βαρκελώνη για αποσαφηνίσεις και συντονισμό. Αρχικά αναλύθηκε η δομή της ακολουθίας σε συνάρτηση με το κυπριακό αναλυτικό πρόγραμμα Τεχνικών Σχολών και το διαθέσιμο διδακτικό χρόνο. Ακολουθώντας μελετήθηκαν οι δραστηριότητες με τη σειρά και τροποποιήθηκαν τόσο οι οδηγίες όσο και το περιεχόμενο ώστε να συνάδουν με τις δυνατότητες των μαθητών και μια μαθησιακή πορεία κατασκευής νοήματος.

Μια πρώτη εφαρμογή του διδακτικού υλικού στην Κύπρο έγινε σε μια Τεχνική Σχολή στη Λάρνακα. Η Τεχνική Σχολή στην Κύπρο είναι σχολή δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για παιδιά που τελειώνουν το Γυμνάσιο και προσανατολίζονται περισσότερο σε τεχνικά αντικείμενα όπως την ηλεκτρολογία, τη μηχανολογία, τις κατασκευές, τη διακόσμηση κλπ. Ως εκ τούτου, τα περισσότερα μαθήματα που προσφέρονται επικεντρώνονται στην ανάπτυξη πρακτικών δεξιοτήτων και επιχειρούν να προσφέρουν εφαρμοσμένη τεχνογνωσία. Στην εφαρμογή αυτή συμμετείχαν δύο τμήματα με 15-χρονα μαθητές στο πλαίσιο του μαθήματος της Φυσικής. Τα μαθήματα λάμβαναν χώρα τρεις φορές τη βδομάδα για περίοδο πέντε εβδομάδων.

Το ημερολόγιο του εκπαιδευτικού αποτέλεσε ένα σημαντικό μέσο για συλλογή δεδομένων και εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά στην εφαρμογή του υλικού, την επίδρασή του στους μαθητές, την αποδοχή του από αυτούς καθώς και τα προβλήματα ή τις δυσκολίες που προέκυψαν. Σε αυτό, η εκπαιδευτικός κατέγραφε καθημερινά σχόλια, παρατηρήσεις και αντιδράσεις όπως αντιλαμβανόταν σε κάθε μάθημα κατά τη διάρκεια της εφαρμογής. Από αυτό προέκυψαν και οι εισηγήσεις της για τη βελτίωση του υλικού.

Δεδομένα που αφορούν στην επίτευξη των μαθησιακών επιδιώξεων λήφθηκαν μέσα από τη σύγκριση προ- και μετά-πειραματικών δοκιμίων. Στα δοκίμια αυτά οι ερωτήσεις ήταν ανοιχτού τύπου ώστε να αξιολογείται η κατανόηση εννοιών μέσα από την απάντηση και την επεξήγηση

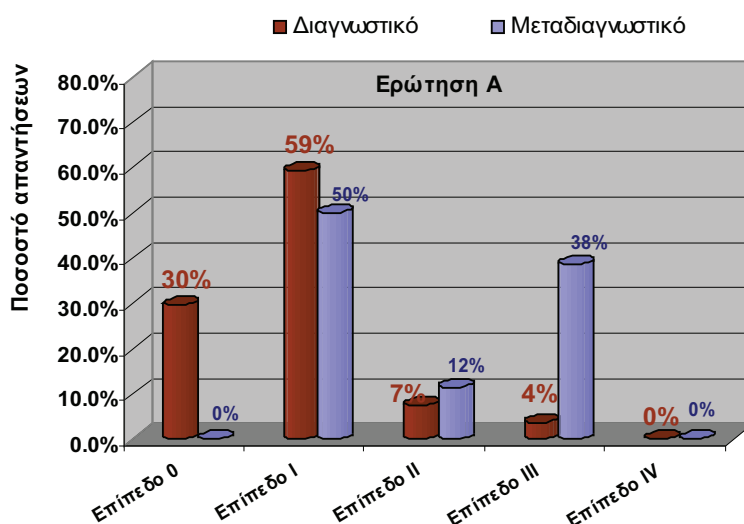
του σκεπτικού, η ανάπτυξη κριτικής σκέψης καθώς και η ικανότητα επικοινωνίας των ιδεών. Τέλος στους μαθητές δόθηκαν ερωτηματολόγια για να διαπιστωθεί κατά πόσον υπήρξαν αλλαγές στις στάσεις και τα κίνητρά τους απέναντι στις φυσικές επιστήμες.

Αποτελέσματα

Πιο κάτω παρατίθενται ενδεικτικά αποτελέσματα από την ανάλυση των δεδομένων που λήφθηκαν μέσα από τη σύγκριση προ- και μετά-πειραματικών δοκιμών.

Ο Πίνακας 1 και το Σχεδιάγραμμα 1 παρουσιάζουν τη σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών στο προ-πειραματικό και στο μετά-πειραματικό δοκίμιο σε ερώτηση που εξετάζει τις γνώσεις των μαθητών αναφορικά με τις ιδιότητες υλικών που βοηθούν στην εξασθένηση του ήχου. Στον πίνακα φαίνονται οι ερωτήσεις και τα επίπεδα στα οποία διαχωρίστηκαν οι ιδέες-απαντήσεις των μαθητών σε σχέση με αυτές. Παρατίθενται ενδεικτικά παραδείγματα από αυτές τις απαντήσεις.

Σχεδιάγραμμα 1: Σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών στο διαγνωστικό και στο μετά-πειραματικό δοκίμιο στην ερώτηση που διερευνούσε τις γνώσεις των μαθητών αναφορικά με τις ιδιότητες υλικών που βοηθούν στην εξασθένηση του ήχου



Στη γραφική παράσταση φαίνονται τα ποσοστά με τα οποία καταμερίστηκαν οι απαντήσεις των μαθητών στα διάφορα επίπεδα τόσο στο προ-πειραματικό όσο και στο μετά-πειραματικό δοκίμιο. Όπως γίνεται αντιληπτό, το 30% των μαθητών που αρχικά είτε δεν απάντησε είτε δεν είχε κατανοήσει την ερώτηση μετακινήθηκε, μετά την εφαρμογή του διδακτικού υλικού, σε υψηλότερα επίπεδα ενώ ένα ποσοστό 31% μετέβηκε από το 1^ο επίπεδο στα επόμενα δύο. Πολύ σημαντικό είναι το ποσοστό των μαθητών (38%) που, μετά την εφαρμογή, έδωσε απαντήσεις που εντάσσονται στο 3^ο επίπεδο, δηλαδή μπόρεσαν να συσχετίσουν τις ακουστικές ιδιότητες των υλικών με την εσωτερική δομή τους.



Πίνακας 1: Σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών στο διαγνωστικό και στο μετά-πειραματικό δοκίμιο στην ερώτηση που διερευνούσε τις γνώσεις των μαθητών αναφορικά με τις ιδιότητες υλικών που βοηθούν στην εξασθένηση του ήχου

Δοκίμιο	Προ-πειραματικό	Μετά-πειραματικό
Ερώτηση Α	Με ενδιαφέρει να κατασκευάσω ένα κουτί στο οποίο να μπορώ να κλείσω ένα ξυπνητήρι και όταν αυτό χτυπάει να μην ακούγεται. Ποιες ιδιότητες πρέπει να έχει το υλικό από το οποίο θα κατασκευαστεί το κουτί; Για κάθε ιδιότητα που θα αναφέρετε να περιγράψετε γιατί αυτή η ιδιότητα είναι σημαντική.	Περιγράψτε πώς θα διαμορφώνατε το υπνοδωμάτιό σας ώστε να μπορείτε να παίξετε ή να ακούτε σε αυτό μουσική χωρίς να ενοχλείτε αυτούς που είναι στα άλλα δωμάτια του σπιτιού. Ποιες ιδιότητες πρέπει να έχουν τα υλικά που θα χρησιμοποιήσετε; Εξηγήστε γιατί.
Επίπεδο 0	Δεν κατανόησε την ερώτηση / Δεν απαντά “το κουτί που θα κατασκευάσω πρέπει να επιτρέπει να βγαίνει ο ήχος προς τα έξω έτσι ώστε να τον ακούμε ”	Δεν κατανόησε την ερώτηση / Δεν απαντά Δεν υπήρχε απάντηση μαθητών που να εμπίπτει σε αυτό το επίπεδο
Επίπεδο I	Δεν αναφέρουν γιατί αλλά αντιλαμβάνονται ότι κάποια υλικά εξασθενούν την ένταση του ήχου. “το κουτί να είναι κατασκευασμένο από ξύλο αφού το ξύλο τραβάει τον ήχο και θα βάλουμε σιλικόνη για να απομονωθεί ο ήχος ”	Δεν αναφέρουν γιατί αλλά αντιλαμβάνονται ότι κάποια υλικά εξασθενούν την ένταση του ήχου. “θα διαμόρφωνα το υπνοδωμάτιο μου με τραχιά επιφάνεια για να μην ακούγεται θόρυβος αντί ήχος και, θα έβαζα πολυστερίνη στο νταβάνι. Στα παράθυρα θα έβαζα διπλό γυαλί και από μέσα παχιές κουρτίνες. Στον τοίχο θα έβαζα διακοσμητική πέτρα και στις τρύπες της πόρτας πολυστερίνη ”
Επίπεδο II	Αναφέρονται ιδιότητες αλλά με παρανόηση για το πώς βοηθούν. “πρέπει να χρησιμοποιηθεί μέταλλο γιατί είναι ανθεκτικό και ο ήχος δεν μπορεί να το διαπερνά νομίζω ”	Αναφέρονται ιδιότητες αλλά με παρανόηση για το πώς βοηθούν. “θα διαμόρφωνα το υπνοδωμάτιο μου με τρόπο να μπορώ να παίξω ή να ακούω σε αυτό μουσική χωρίς να ενοχλώ αυτούς που είναι στα άλλα δωμάτια του σπιτιού μου χρησιμοποιώντας διάφορα υλικά. Πρώτα πρώτα θα έβαζα μες τους τοίχους διπλό γυαλί γιατί αυτό κάνουν τον ήχο αθόρυβο, θα έκαμνα την πόρτα πολλά πυκνή και θα έβαζα ξύλο επειδή είναι λείο κιόλας θα έβαζα κουρτίνες”
Επίπεδο III	Αναφέρονται ιδιότητες που βοηθούν στην εξασθένηση της έντασης του ήχου. “θα πρέπει να έχει μεγάλη πυκνότητα το υλικό έτσι ώστε να παρουσιάζει μεγάλη αδράνεια”	Αναφέρονται ιδιότητες που βοηθούν στην εξασθένηση της έντασης του ήχου. “θα επένδυα τους τοίχους με τσόχα για να απορροφά τον ήχο στα παράθυρα θα έβαζα χοντρές κουρτίνες για να απορροφούν μέρος του ήχου. Τα γυαλιά θα τα έβαζα διπλά δηλαδή γυαλί αέρας (κενο) γυαλί για να μην περνά ο ήχος... Δηλαδή γενικά τα υλικά που θα έβαζα στο δωμάτιο μου θα πρέπει να είναι δύσκαμπτα, μεγάλης πυκνότητας και έτσι να εγκλωβίζεται μέσα ένα μεγάλο μέρος του ήχου να έχουν λεία επιφάνεια να ανακλούν τον ήχο και μέσα να έχουν πορώδη υφή ”
Επίπεδο IV	Αναφέρονται ιδιότητες και γιατί είναι σημαντικές . Δεν υπήρχε απάντηση μαθητών που να εμπίπτει σε αυτό το επίπεδο	Αναφέρονται ιδιότητες και γιατί είναι σημαντικές Δεν υπήρχε απάντηση μαθητών που να εμπίπτει σε αυτό το επίπεδο

Επιπρόσθετα, οι απαντήσεις των μαθητών στο μετά-πειραματικό δοκίμιο είναι σαφώς πιο περιεκτικές (Πίνακας 1) και δείχνουν αλλαγή στον τρόπο σκέψης και έκφρασης των ιδεών τους. Οι μαθητές χρησιμοποίησαν στις απαντήσεις τους αρκετές από τις έννοιες που διδάχτηκαν μέσα από το υλικό και η σκέψη τους είχε μεγαλύτερη συνοχή. Στον πίνακα παρατίθενται ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών. Συχνά, απαντήσεις που τοποθετούνται στα ίδια επίπεδα ως προς την εννοιολογική κατανόηση δεν είχαν την ίδια ποιότητα αλλά στο μετά-πειραματικό ήταν αρκετά πιο σύνθετες με περισσότερη συνέπεια στην έκφραση και στην επεξήγηση του σκεπτικού. Αυτό

το στοιχείο, υποδηλώνει μια βελτίωση των μαθητών στη διάσταση της αυτοπεποίθησης και της συνέπειας με την οποία αντιμετώπισαν τα ερωτήματα, η οποία δεν εμφανίζεται εκ πρώτης όψεως στον Πίνακα.

Πίνακας 2: Σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών στο διαγνωστικό και στο μετά-πειραματικό δοκίμιο στην ερώτηση που διερευνούσε την άποψη των μαθητών αναφορικά με την συμπεριφορά του ήχου όταν προσπίπτει σε ένα βουνό

Ερώτηση 4	Ο Κώστας φωνάζει μπροστά από ένα βουνό και ακούει τη φωνή του να επιστρέφει. Τι νομίζετε ότι συμβαίνει; Πιστεύετε ότι αυτό θα συμβαίνει στον ίδιο βαθμό είτε πρόκειται για δασωμένο βουνό είτε για βράχια;	
Επίπεδο 0	Δεν κατανόησε την ερώτηση / Δεν απαντά “Το βουνό αντιλαλεί τη φωνή του Κώστα.”	Δεν κατανόησε την ερώτηση / Δεν απαντά “Αυτό συμβαίνει γιατί ο ήχος διαπερνά μέσα από το βουνό και ακούγεται μέχρι το βάθος. Δεν θα συμβαίνει το ίδιο και στο βράχο και στο δασωμένο βουνό γιατί αυτά θα έχουν εμπόδιο και δεν θα είναι εύκολο να διαπεράσει ο ήχος.”
Επίπεδο I	Αναφέρουν αντίλαλο χωρίς να εξηγούν γιατί “Γίνεται αντίλαλος.”	Αναφέρουν αντίλαλο χωρίς να εξηγούν γιατί “όταν ο Κώστας φωνάζει μπροστά από ένα βουνό ακούγεται ο αντίλαλος του. Όταν το βουνό είναι δασωμένο τότε δεν έχουμε σε τόσο μεγάλο βαθμό αντίλαλο ενώ σε βουνό με βράχια ο αντίλαλος είναι σε μεγάλο βαθμό ”
Επίπεδο II	Αναφέρουν μεγάλη απόσταση/ γκρεμό κτλ “Αυτό συμβαίνει όταν είμαστε σε ένα πολύ ψηλό σημείο και υπάρχει κενό. Στα βράχια δεν θα συμβαίνει το ίδιο”	Αναφέρουν μεγάλη απόσταση/ γκρεμό κτλ Δεν υπήρχε απάντηση μαθητών που να εμπίπτει σε αυτό το επίπεδο
Επίπεδο III	Αναφέρουν ανάκλαση στα βράχια αλλά δεν αναφέρουν τίποτα στο δασωμένο “Νομίζω ότι τα φωνητικά κύματα κάνουν κάτι σαν ανάκλαση και για αυτό ακούει τη φωνή του που επιστρέφει. Σε βράχια δεν θα γινόταν το ίδιο γιατί το έδαφος θα είναι ανώμαλο”	Αναφέρουν ανάκλαση στα βράχια αλλά δεν αναφέρουν τίποτα στο δασωμένο “ο ήχος της φωνής του Κώστα ανακλάται στο απέναντι βουνό και επιστρέφει.”
Επίπεδο IV	Αναφέρουν ανάκλαση στα βράχια και απορρόφηση στα δέντρα “Πάνω στο βουνό υπάρχει αντίλαλος ενώ με δασωμένο βουνό δεν υπάρχει γιατί περιέχει δέντρα και εμποδίζει τον ήχο να έρθει πίσω ”	Αναφέρουν ανάκλαση στα βράχια και απορρόφηση στα δέντρα “όταν η επιφάνεια του βουνού είναι λεία χωρίς δέντρα ο ήχος ανακλάται από την επιφάνεια του βουνού με αποτέλεσμα να ακούγεται αντίλαλος. Όταν το βουνό είναι δασωμένο ο ήχος εγκλωβίζεται στα ενδιάμεσα κενά των δέντρων που έχουν μεταξύ τους.”

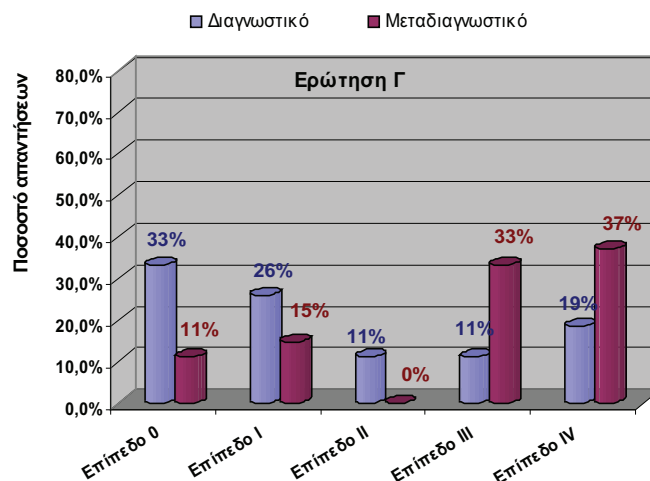
Εντούτοις, κανένας από τους μαθητές δεν μπόρεσε να απαντήσει γιατί οι ιδιότητες αυτές είναι σημαντικές. Αυτό ήταν αναμενόμενο σε κάποιο βαθμό, αφού λόγω έλλειψης διδακτικού χρόνου, το τελευταίο κεφάλαιο του διδακτικού υλικού στο οποίο γινόταν η αντίστοιχη ανάλυση καλύφθηκε βιαστικά χωρίς να δοθεί η απαραίτητη σημασία. Επίσης ο τρόπος που διατυπώθηκε η ερώτηση, δηλαδή με συνεχόμενα υποερωτήματα δε βοήθησε τους μαθητές να εστιάσουν στο καθένα από αυτά χωριστά. Πέραν από αυτά όμως, διαπιστώνεται μια αδυναμία των μαθητών αυτού του επιπέδου στην Κύπρο, να κατανοήσουν τις έννοιες και να αντιληφθούν σε βάθος τα φαινόμενα όπως παρατίθενται στο διδακτικό υλικό, όσον αφορά στη μηχανιστική εξήγηση της συμπεριφοράς του ήχου όταν προσπίπτει στα διάφορα υλικά, με βάση τη μικροδομή τους. Αυτό οφείλεται κυρίως στην έλλειψη προϋπάρχουσας γνώσης για τη δομή της ύλης και πρότερων αναπαραστάσεων για τους δεσμούς ανάμεσα στα μόρια που συγκροτούν την ύλη.



Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα επίπεδα στα οποία οργανώθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών σε σχέση με τη συμπεριφορά του ήχου όταν προσπίπτει σε μια επιφάνεια. Σε αυτές τις ερωτήσεις, οι μαθητές αναμένονταν να εφαρμόσουν τις γνώσεις που απέκτησαν σε καταστάσεις όπου συμβαίνουν παρόμοια φαινόμενα με αυτά που παρατηρήθηκαν στην τάξη π.χ. σε ένα δασώδες βουνό συμβαίνει παρόμοια διαδικασία όπως και σε ένα πορώδες υλικό, όπου οι πολλαπλές ανακλάσεις οδηγούν στην εξασθένιση του ήχου.

Το Σχεδιάγραμμα 2 παρουσιάζει τον έλεγχο της αλλαγής στην εννοιολογική κατανόηση που επιτεύχθηκε μέσω του διδακτικού υλικού αναφορικά με την άποψη των μαθητών για την ηχώ. Είναι εμφανές πως σε σχέση με αυτή την επίδωξη η εφαρμογή του διδακτικού υλικού πέτυχε τους στόχους της αφού το 70% των μαθητών απάντησαν σωστά στην ερώτηση και μάλιστα το 37% παρουσίασε και σύνθετη σκέψη όπου σύνδεσε την ύπαρξη δέντρων με πολλαπλές ανακλάσεις και εξασθένιση του ήχου όπως συμβαίνει στα πορώδη υλικά. Παρατηρούμε δηλαδή ότι αρκετοί μαθητές ανέπτυξαν την ικανότητα να εφαρμόζουν τη γνώση που έλαβαν σε μια ιδιαίτερη περίπτωση, διαφορετική από αυτήν που επεξεργάστηκαν στις δραστηριότητες τους και να εξηγούν ένα φαινόμενο.

Σχεδιάγραμμα 2: Σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών στο διαγνωστικό και στο μετά-πειραματικό δοκίμιο στην ερώτηση που διερευνούσε τις γνώσεις των μαθητών για την ηχώ. Σύνθεση σκέψης συγκριτικά με φαινόμενα απορρόφησης όταν το βουνό είναι δασωμένο.



Παρά το ότι στο άρθρο αυτό δεν θα παρουσιαστούν ποσοτικά στοιχεία όσον αφορά στις μεταβολές στα κίνητρα και τις στάσεις των μαθητών έναντι στο μάθημα της Φυσικής λόγω μη ολοκλήρωσης της ανάλυσης των σχετικών δεδομένων, εντούτοις μέσα από άτυπες παρατηρήσεις εντοπίσαμε προφανή βελτίωση σε αυτούς τους τομείς. Η εκπαιδευτικός αναφέρει σχετικά στο ημερολόγιό της: «Κατά τη διάρκεια της εφαρμογής του υλικού ήταν εμφανής η θετική επίδραση που είχε στους μαθητές. Έδειχναν ιδιαίτερη προθυμία να εργαστούν σε ομάδες και να συνεργαστούν στο σχεδιασμό και την εκτέλεση των πειραμάτων. Απέκτησαν πρωτόγνωρη αυτοπεποίθηση και νιοθέτησαν με ευκολία το ρόλο του ερευνητή. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να αναφερθεί ότι το ενδιαφέρον τους για το μάθημα διατηρήθηκε σε όλη τη διάρκεια εφαρμογής του διδακτικού υλικού και επεκτάθηκε γενικότερα στο μάθημα της φυσικής.»

Επίσης πολύ θετικά ήταν τα σχόλια των ίδιων των μαθητών όταν τους ζητήθηκε στο τέλος της εφαρμογής να καταγράψουν τις εντυπώσεις τους. Παρατίθενται μερικά ενδεικτικά παραδείγματα:

- Μου άρεσαν τα πειράματα. Μου άρεσε που ήμασταν σε ομάδα. Μου άρεσε που συνεργαζόμασταν οι μαθητές. Δεν μου άρεσαν οι δύσκολες ερωτήσεις. Πρέπει να συνεχιστεί αυτό το πρόγραμμα.
- Από το μάθημα μου άρεσε που κάναμε διάφορα πειράματα και που μάθαμε για τον ήχο.
- Μου άρεσε που κάναμε ομάδες έτσι μπορούσαμε να συνεργαστούμε και που κάναμε πειράματα.
- Απολαύσαμε αυτά τα μαθήματα. Κάθε φορά μαθαίναμε και κάτι καινούργιο.

Συζήτηση

Στο πλαίσιο των διεργασιών ανοιχτού συντονισμού της Ευρωπαϊκής Επιτροπής έχει προκύψει μια έμφαση στην εκπαιδευτική πολιτική σε σχέση με την ανταλλαγή επιτυχών πρακτικών μεταξύ εκπαιδευτικών συστημάτων. Ως εκ τούτου προκύπτουν ζητήματα που αφορούν στον εντοπισμό τέτοιων επιτυχών πρακτικών, στο καθορισμό των βέλτιστων φορέων (και της κλίμακας) του κάθε εκπαιδευτικού συστήματος μεταξύ των οποίων έχει νόημα να επιχειρείται αποτελεσματική επικοινωνία σε σχέση με αυτή τη διάσταση αλλά και ανάπτυξη αποτελεσματικών μηχανισμών για αναπροσαρμογή των (διδακτικών) πρακτικών κατά τη μεταφορά τους από το ένα εκπαιδευτικό σύστημα σε άλλο. Στο έργο *Materials Science* υιοθετήσαμε την άποψη ότι η άμεση μεταφορά εκπαιδευτικών προγραμμάτων δεν είναι ωφέλιμη ή εφικτή. Αντ' αυτού εστίασαμε σε ερευνητικά προσανατολισμένες επινοήσεις και επιχειρήσαμε να αναπτύξουμε μια μεθοδολογία για αφαίρεση των σημαντικών ιδεών, αναπροσαρμογή της ακολουθίας δραστηριοτήτων με στόχο τη μεταφορά των σημαντικών ιδεών σταδιακή βελτίωση της (νέας) επινοήσης στο (νέο) εκπαιδευτικό σύστημα μέσα από εφαρμογή και αξιολόγηση σε αυθεντικά περιβάλλοντα τάξης. Η παρούσα πρώτη αναφορά αυτής της προσπάθειας παρουσιάζει ενθαρρυντικά στοιχεία για την περαιτέρω επεξεργασία αυτού του μεθοδολογικού πλαισίου.

Τα αποτελέσματα από τα διαγνωστικά δοκίμια δείχνουν ότι ο καινοτόμος σχεδιασμός του διδακτικού υλικού οδήγησε σε σημαντική βελτίωση των γνώσεων και της εννοιολογικής κατανόησης αλλά και στην ανάπτυξη ικανοτήτων των μαθητών. Παράλληλα εντοπίστηκαν αδυναμίες που παρουσιάστηκαν από τη μεταφορά του διδακτικού υλικού από ένα εκπαιδευτικό σύστημα σε ένα άλλο ώστε να εξετασθούν τρόποι βελτίωσης της πρακτικής αυτής.

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Διευθυντή της Τεχνικής Σχολής Αγ. Λαζάρου κ. Δημήτρη Δημητρίου για την αμέριστη συμπαράσταση και στήριξη του κατά την εφαρμογή του διδακτικού υλικού. Επίσης ευχαριστούμε την κ. Maria Isabel Fernandez από το Αυτόνομο Πανεπιστήμιο της Βαρκελώνης η οποία επισκέφθηκε, ως εξειδικευμένη ερευνήτρια το σχολείο κατά την εφαρμογή, στα πλαίσια των καθιερωμένων επισκέψεων μελέτης του προγράμματος *Materials Science*. Η αρχική εκδοχή του διδακτικού υλικού σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε από την τοπική ομάδα ερευνητών και εκπαιδευτικών του κέντρου CRECIM του Αυτόνομου Πανεπιστημίου της Βαρκελώνης. Τέλος, η εργασία που παρουσιάζεται σε αυτό το άρθρο υποστηρίζεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή μέσω της Γενικής Διεύθυνσης Έρευνας, η οποία χρηματοδοτεί το έργο *Materials Science: University-school partnerships for the design and implementation of research-based ICT-enhanced modules on Material Properties, Science and Society Programme, FP6, SAS6-CT-2006-042942*.

Βιβλιογραφία

- Agassi, J. (1980). Between science and technology. *Philosophy of Science*, 47(1), 82-99
- Gardner, P. L. (1994). The relationship between technology and science: Some historical and philosophical reflections. Part I. *International Journal of Technology and Design Education*, 4(2), 123-153
- Sandoval, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89, 634-656.



- Baumgartner E., Bell P., Brophy S., Hoadley C., Hsi S., Joseph D., Orrill C., Puntambekar S., Sandoval W. & Tabak I. (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, **32** (1), pp. 5-8
- Duit R., Gropengießer H. & Kattmann U. (2005). Towards science education research that is relevant for improving practice: The model of educational reconstruction. In H.E. Fischer, Ed., *Developing standards in research on science education* (pp. 1-9). London: Taylor & Francis.
- Lijnse P. (1995). "Developmental research" as a way to an empirically based "didactical structure" of science. *Science Education*, **79**, 189-199.