

■ **ΟΙ ΡΟΜΠΟΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ LEGO MINDSTORMS
ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΕΝΝΟΙΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ:
ΜΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ**

A. Καρατράντου

Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
a.karatrantou@eap.gr

Χ. Παναγιωτακόπουλος

Παιδαγωγικό Τμήμα Δ. Ε.
Πανεπιστήμιο Πατρών
cranag@upatras.gr

Ε. Πιερρή

Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
e.pieri@eap.gr

Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια πιλοτική προσπάθεια αξιοποίησης του εκπαιδευτικού πακέτου ρομποτικών κατασκευών LEGO Mindstorms για την κατανόηση βασικών αρχών και εννοιών που σχετίζονται με τη θερμότητα, τη θερμοκρασία, την πήξη και την τήξη του νερού. Η βασισμένη σε σχέδιο εργασίας (project) εκπαιδευτική δραστηριότητα πραγματοποιήθηκε σε δυο Δημοτικά σχολεία της περιοχής των Πατρών με τη συμμετοχή 8 τυχαία επιλεγμένων μαθητών της Στ' τάξης. Οι μαθητές κλήθηκαν να σχεδιάσουν, να υλοποιήσουν και να προγραμματίσουν μια πειραματική διαδικασία χρησιμοποιώντας αισθητήρες και τουβλάκια Lego. Η συστηματική παρατήρηση και αξιολόγηση των ενεργειών των μαθητών έδειξαν πως η εργασία αυτή τους βοήθησε να κατανοήσουν βασικές αρχές και έννοιες της φυσικής που σχετίζονται με τη θερμότητα, τη θερμοκρασία, τη μεταφορά θερμότητας από ένα σώμα σε ένα άλλο και την τήξη και πήξη του νερού. Ταυτόχρονα οι μαθητές συνεργάστηκαν μεταξύ τους, αντάλλαξαν ιδέες, απόψεις, εμπειρίες και δεξιότητες μέσα σε ένα πλούσιο σε υλικά περιβάλλον που ενεθάρρυνε το πειραματισμό και προέτρεπε σε νέους τρόπους συνεργατικής μάθησης και οικοδόμησης της γνώσης τους.

Λέξεις Κλειδιά

Lego Mindstorms, ρομποτική στην εκπαίδευση, οικοδόμηση της γνώσης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια η έρευνα στη διδακτική των επιστημών και της τεχνολογίας έχει οδηγήσει στην χρήση των τεχνολογιών ελέγχου, οι οποίες παρουσιάζουν ευρύτερο ενδιαφέρον παιδαγωγικής αξιοποίησης (Κυνηγός και Φράγκου, 2000, Δημητρίου & Χατζηκρανιώτης, 2003). Η σειρά LEGO Mindstorms

έχει χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως στη διδασκαλία της τεχνολογίας και των φυσικών επιστημών καθώς και στη διδασκαλία εισαγωγικών εννοιών της επιστήμης των υπολογιστών (Lawhead et al. 2002, Niederer et al. 2003) σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης.

Η αξιοποίηση του εκπαιδευτικού πακέτου Lego Mindstorms στην εκπαίδευση εμπνέεται από βασικές ιδέες της εποικοδομητικής (constructivist) αντίληψης για τη μάθηση (Piaget 1972, 1974) και την “κατασκευαστική” εκπαιδευτική φιλοσοφία (constructionism) του Papert σύμφωνα με τις οποίες η “κατασκευή” νέας γνώσης είναι περισσότερο αποτελεσματική όταν οι μαθητές εμπλέκονται στην κατασκευή οντοτήτων και αντικειμένων που έχουν προσωπικό νόημα για τους ίδιους (Papert 1980, 1993). Παράλληλα, έχει ως βάση την άποψη του Dewey σύμφωνα με την οποία η εκπαίδευση πρέπει να στηρίζεται στις φυσικές παρορμήσεις των παιδιών για έρευνα, κατασκευή, επικοινωνία και έκφραση και να εκμεταλλεύεται τη φυσική παρόρμηση τους, που αφορά στη κατασκευή και αλληλεπίδραση με ενεργές αναπαραστάσεις (enactive representations) (Dewey 1997). Η κατασκευή ενεργών αναπαραστάσεων και η αλληλεπίδραση με αυτές παρουσιάζεται από πολύ μικρή ηλικία κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού ενώ σε μεγαλύτερες ηλικίες οι ενεργές αναπαραστάσεις παίρνουν τη μορφή έξυπνων μοντέλων, έξυπνων μηχανών ή προσομοιώσεων. Αυτή η εμπλοκή των παιδιών στην κατασκευή ενεργών αναπαραστάσεων καθώς και η αλληλεπίδραση τους παίζει σημαντικό ρόλο στη μάθηση (Resnick et al. 1996, Ackermann 1997).

Οι έννοιες “θερμότητα”, “θερμοκρασία”, “μεταφορά θερμότητας”, “τήξη - πήξη” αποτελούν δύσκολα θέματα των Φυσικών Επιστημών και αντικείμενο σύγχυσης και παρανοήσεων από τους μαθητές (Mark et al. 1987; Osborne & Cosgrove 1983, Driver et al. 1998) όλων των ηλικιών. Σημαντική αιτία αυτών των συγχύσεων αποτελεί η χρήση των εννοιών αυτών στη καθημερινή γλώσσα χωρίς σαφή διάκριση μεταξύ τους.

Στην εργασία αυτή, υιοθετώντας την άποψη πως βάση της εκπαίδευσης είναι η φυσική τάση για έρευνα (να ανακαλύπτει κανείς πράγματα), επικοινωνία (χρήση της γλώσσας), κατασκευή (πραγμάτων) και έκφραση (συναίσθημάτων και ιδεών) (Dewey 1997), επιχειρείται προσπάθεια αξιοποίησης του εκπαιδευτικού πακέτου ρομποτικών κατασκευών LEGO Mindstorms για την κατανόηση βασικών αρχών και εννοιών που σχετίζονται με τη θερμότητα, τη θερμοκρασία και την τήξη-πήξη στο Δημοτικό Σχολείο. Στη βασισμένη σε σχέδιο εργασίας (project) εκπαιδευτική δραστηριότητα οι μαθητές κλήθηκαν να σχεδιάσουν, να υλοποιήσουν και να προγραμματίσουν μια πειραματική διαδικασία χρησιμοποιώντας αισθητήρες και τουβλάκια Lego.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για τις ανάγκες της έρευνας χρησιμοποιήθηκε το εκπαιδευτικό πακέτο ρομποτικών κατασκευών Lego Mindstorms “*Τεχνολογικές Επινοήσεις*”. Το πακέτο προσφέρει “οικοδομικά” υλικά (τουβλάκια, γρανάζια, τροχούς, κ.ά.), αισθητήρες, εξωτερικές συσκευές (κινητήρες, λαμπτήρες κ.ά.), την προγραμματιζόμενη μονάδα RCX (τούβλο RXC) και ένα πομπό υπερύθρων ακτίνων. Το προγραμματιστικό περιβάλλον που το συνοδεύει, είναι το ROBOLAB, ένα βασισμένο σε διαγράμματα ροής περιβάλλον το οποίο επιτρέπει στο χρήστη να προγραμματίσει χρησιμοποιώντας εικόνες που αναπαριστούν όλους τους

τύπους δεδομένων και τις βασικές εντολές και δομές προγραμματισμού. Τα βασικότερα πλεονεκτήματα τέτοιων γλωσσών προγραμματισμού είναι η ελαχιστοποίηση των συντακτικών λεπτομερειών με τις οποίες έρχεται αντιμέτωπος ο μαθητής και η εστίαση στην ανάπτυξη ικανοτήτων επίλυσης προβλημάτων, στοιχεία που τις καταστούν ιδιαίτερα αποτελεσματικές (Ξυνόγαλος κ. ά. 2000, Lawhead et al 2002).

Η εργασία πραγματοποιήθηκε σε δυο Δημοτικά σχολεία της περιοχής των Πατρών (47° και 61° Δημοτικό σχολείο) με τη συμμετοχή 8 τυχαία επιλεγμένων μαθητών της Στ' τάξης. Από τους 8 μαθητές, οι 4 ήταν αγόρια και οι 4 κορίτσια. Οι μαθητές στα πλαίσια της δραστηριότητας εργάστηκαν σε ομάδες των 4 ατόμων και η συνεργασία τους είχε διάρκεια 2 δώρων συναντήσεων που πραγματοποιήθηκαν σε 2 συνεχόμενες ημέρες. Κατά τη διάρκεια των συναντήσεων χρησιμοποιήθηκαν τρεις μέθοδοι συλλογής δεδομένων από την εργασία των μαθητών: α. Συστηματική παρατήρηση από τον ερευνητή και καταγραφή σημειώσεων, β. Βιντεοσκόπηση της εργασίας της κάθε ομάδας, γ. Ημιδομημένες συνεντεύξεις με τους μαθητές μετά το τέλος κάθε συνάντησης.

Ο ερευνητής παρακολουθούσε με προσοχή των καταγιγισμό ιδεών, τις συζητήσεις, τις δραστηριότητες και τις αντιδράσεις των μαθητών σε όλη τη διάρκεια των συναντήσεων, επεμβαίνοντας διακριτικά όταν οι μαθητές χρειάζονταν βοήθεια, λειτουργώντας συμβουλευτικά και όχι καθοδηγητικά, θέτοντας προβληματισμούς. Αρχικά, οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν σε ερωτηματολόγιο έξι (6) ανοικτού τύπου ερωτήσεων με σκοπό τη διερεύνηση των αντιλήψεών τους για τις έννοιες “θερμότητα”, “θερμοκρασία”, “μεταφορά θερμότητας”, “τήξη-πήξη” του νερού. Στο ίδιο ερωτηματολόγιο κλήθηκαν να απαντήσουν και μετά το τέλος της δραστηριότητας.

Η βασισμένη σε σχέδιο εργασίας δραστηριότητα περιελάμβανε δυο βασικές επιμέρους δραστηριότητες:

- α. *Εξοικείωση με το πακέτο Lego Mindstorms και το λογισμικό ROBOLAB:* Η δραστηριότητα αυτή υλοποιήθηκε στη πρώτη δώρη συνάντηση των μαθητών. Σε αυτήν ο ερευνητής αρχικά παρουσίασε το περιεχόμενο του πακέτου Lego Mindstorms και το λογισμικό ROBOLAB. Οι μαθητές εξερεύνησαν τα παραδείγματα που παρέχονται και ανέπτυξαν απλά προγράμματα χρησιμοποιώντας ηλεκτροκινητήρες και λαμπτήρες, εργαζόμενοι σε μια λογική ανακάλυψης του τρόπου λειτουργίας και προγραμματισμού τους. Στη συνέχεια ασχολήθηκαν με δυο ήδη κατασκευασμένα αυτοκίνητα τα οποία χρησιμοποιούσαν αισθητήρα αφής και φωτός για τον έλεγχο της κίνησής τους. Οι μαθητές αφού κατανόησαν τον τρόπο που αυτά είναι κατασκευασμένα, τον τρόπο λειτουργίας των αισθητήρων και τον τρόπο προγραμματισμού τους κλήθηκαν να πειραματιστούν, να σχεδιάσουν και να υλοποιήσουν αλλαγές τόσο στην κατασκευή όσο και στο προγραμματισμό της λειτουργίας τους.
- β. *Σχεδίαση, υλοποίηση και εκτέλεση πειραματικής διαδικασίας:* Η δραστηριότητα αυτή υλοποιήθηκε στη δεύτερη δώρη συνάντηση των μαθητών. Σ' αυτήν οι μαθητές αρχικά εξοικειώθηκαν με τη χρήση του αισθητήρα θερμοκρασίας και τον προγραμματισμό του ώστε να μετρά συγκεκριμένες θερμοκρασίες με συγκεκριμένο τρόπο μέσα από την μέτρηση της θερμοκρασίας διάφορων σωμάτων γύρω τους. Στη συνέχεια κλήθηκαν να σχεδιάσουν αρχικά γραπτώς και στη συνέχεια να υλοποιήσουν πειραματική διαδικασία για τη μέτρηση της θερμοκρασίας δοχείου με νερό όταν μέσα σε

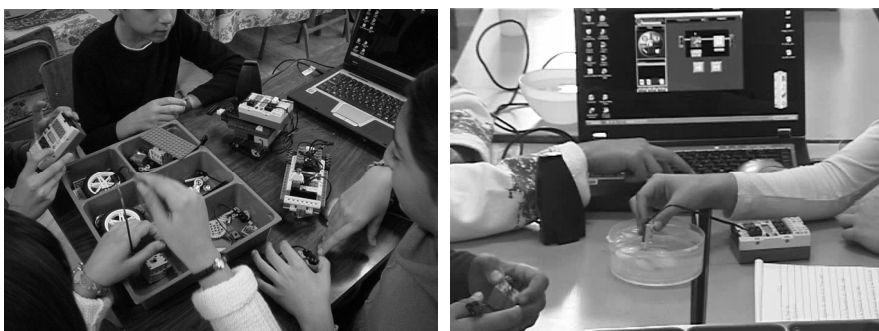
αυτό λιώνει πάγος, να κάνουν τις κατάλληλες μετρήσεις και να εξαγάγουν συμπεράσματα για τη θερμοκρασία του πάγου αλλά και την αρχική και τελική θερμοκρασία του νερού. Από τους μαθητές ζητήθηκε να αποφασίσουν ποια υλικά θα χρησιμοποιήσουν στο πείραμα τους, ποια βήματα θα ακολουθήσουν για την εκτέλεσή του και που θα πρέπει να εστιάσουν τη προσοχή τους για την εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Στην πρώτη δραστηριότητα οι μαθητές εργάστηκαν εξερευνώντας το περιβάλλον και τις δυνατότητες του λογισμικού (προγραμματίζοντας στο inventor level) ενώ στη δεύτερη εργάστηκαν ως πειραματιστές (προγραμματίζοντας στο investigator level). Αξίζει να σημειωθεί πως κατά τη διάρκεια των συναντήσεων και με τις δύο ομάδες υπήρξαν έντονες συζητήσεις, επιχειρήματα, συμφωνίες, διαφωνίες, με σκοπό να ολοκληρωθούν οι εκάστοτε δραστηριότητες.

ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η ανάλυση των βίντεο (Jacobs et al. 1999) που ελήφθησαν κατά τη διάρκεια της εργασίας των μαθητών αλλά και τα καταγεγραμμένα σχόλια από τη προσεκτική παρατήρηση των αντιδράσεων και ενεργειών των μαθητών από τον ερευνητή έδωσαν τα ακόλουθα:

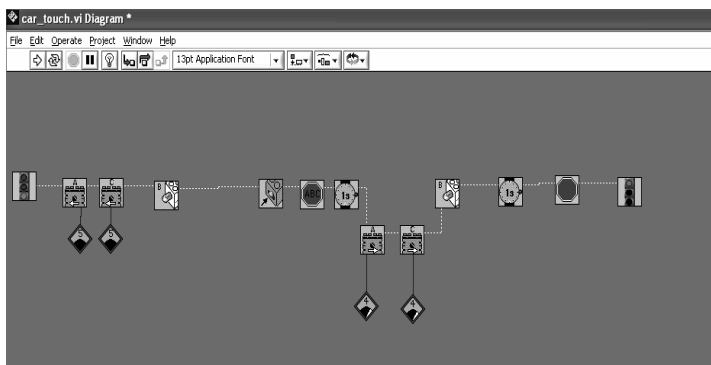
Όλοι οι μαθητές αντιμετώπισαν με ιδιαίτερο ενδιαφέρον τη πρόκληση να εργαστούν με το συγκεκριμένο πακέτο Lego Mindstorms. Από τις πρώτες στιγμές έδειξαν ενθουσιασμό για το ότι θα εργαστούν με Η/Υ και θα κατασκευάσουν αντικείμενα τα οποία θα προγραμματίσουν μέσα από τον υπολογιστή.



Εικόνα 1. Αριστερά: Στιγμιότυπο από την εργασία των μαθητών κατά την εξοικείωση με τα υλικά Lego Mindstorms. Δεξιά: στιγμιότυπο από την εργασία των μαθητών κατά τη διάρκεια του πειράματος με τη χρήση του αισθητήρα θερμοκρασίας.

Χαρακτηριστικό είναι πως ιδιαίτερα τα αγόρια είχαν την τάση να αρχίσουν να επεξεργάζονται αμέσως όλα τα υλικά του πακέτου και να προσπαθούν να περιγράψουν το καθένα από αυτά, πριν ακόμη αρχίσει η εισαγωγική ενημέρωση από τον ερευνητή. Αμέσως μετά την πρώτη προτροπή του ερευνητή να δοκιμάσουν τη λειτουργία των εξαρτημάτων του πακέτου μέσα από την εξερεύνηση των παραδειγμάτων που το πακέτο προσφέρει, οι μαθητές άρχισαν να δοκιμάσουν, να πειραματίζονται ακόμη και να τροποποιούν τα παραδείγματα με βάση δικές τους ιδέες.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έδειξαν επίσης, στο δεύτερο μέρος της πρώτης δραστηριότητας κατά την οποία κλήθηκαν να εργαστούν πάνω στα αυτοκίνητα. Με χαρακτηριστική τη πρώτη αντίδραση “... να το διαλύσουμε να το ξαναφτιάξουμε όπως θέλουμε...” έδειξαν τόλμη και αυτοπεποίθηση να ασχοληθούν με τα υλικά και να δημιουργήσουν.



Εικόνα 2. Ένα από τα προγράμματα οδήγησης του αυτοκινήτου.

Κατά τη διάρκεια της δεύτερης δραστηριότητας οι μαθητές κλήθηκαν να εργαστούν ως πειραματιστές, να σχεδιάσουν και να υλοποιήσουν μια δυσκολότερη πειραματική διαδικασία, στην οποία η παρατήρηση έδειξε ότι εργάστηκαν με προσοχή. Αρχικά, εντύπωση τους έκανε η δυνατότητα να μετρούν με τον αισθητήρα θερμοκρασίας τις θερμοκρασίες διαφόρων σωμάτων γύρω τους και να παρατηρούν τη μέτρηση, τόσο στην οθόνη του τούβλου RCX όσο και στην οθόνη του υπολογιστή. Κατά τη διάρκεια αυτής της δραστηριότητας μέτρησαν τη θερμοκρασία του σώματος τους (όλοι με τη σειρά), της αίθουσας, του εξωτερικού χώρου, του διαδρόμου, στο σώματος του καλοριφέρ, του εσωτερικού του ψυγείου, του νερού σε ένα ποτήρι, του χώρου κοντά στη πόρτα, κλπ. Με επιφωνήματα ενθουσιασμού έβλεπαν τις μεταβολές της θερμοκρασίας και προέβλεπαν τις μεταβολές της θερμοκρασίας από μέτρηση σε μέτρηση.

Με συνέπεια και σοβαρότητα αντιμετώπισαν την πειραματική δραστηριότητα. Καθισμένοι κυκλικά και μιλώντας χαμηλόφωνα οργάνωσαν τη δουλειά τους και κατέγραψαν αναλυτικά σε χαρτί τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουν, τα βήματα που θα ακολουθήσουν και τις μετρήσεις που θα πάρουν. Στη συνέχεια συγκέντρωσαν τα υλικά (δοχείο με νερό, παγάκια, αισθητήρα θερμοκρασίας, τούβλο RCX, πομπό υπερύθρων), κατασκεύασαν το πρόγραμμα για τη λήψη των μετρήσεων και άρχισαν την πειραματική διαδικασία. Και οι 2 ομάδες εργάστηκαν επιμελώς κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας και εκτέλεσης της πειραματικής διαδικασίας. Αρχικά μέτρησαν τη θερμοκρασία που είχαν τα παγάκια, στη συνέχεια μέτρησαν τη θερμοκρασία του νερού στο δοχείο και ακολούθως, αφού έριξαν τα παγάκια στο δοχείο με το νερό άρχισαν να παρακολουθούν τη μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού καθώς τα παγάκια έλιωναν. Σημαντικό είναι πως αρχικά μόνο για ένα μαθητή η θερμοκρασία του πάγου ήταν “...γύρω στο μηδέν...”, ενώ για άλλους δυο ήταν “... πολύ κάτω από το μηδέν, γιατί ο πάγος έχει θερμοκρασία πολύ χαμηλή...”. Για όλους κα-

θώς τα παγάκια θα έλιωναν, το νερό θα “...κρύνε...”, χωρίς όμως να μπορούν να προβλέψουν ποια θα ήταν η τελική θερμοκρασία του νερού. Για κάποιους από αυτούς “... το νερό θα κρύνει πολύ, θα γίνει τόσο κρύο όσο τα παγάκια...”. Εντυπωσιακή είναι η αντίδραση και των 2 ομάδων καθώς παρακολουθούσαν τη μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού και σχεδόν όλοι μαζί φώναζαν τη μέτρηση που παρατηρούσαν και ανυπομονούσαν να δουν που τελικά θα φτάσει η θερμοκρασία.

Μετά το τέλος του πειράματος και παρατηρώντας τις καταγεγραμμένες θερμοκρασίες στην οθόνη του υπολογιστή δόθηκε η ευκαιρία για συζήτηση με τον ερευνητή για θέματα που αφορούσαν την αιτία και τον τρόπο μεταφοράς της θερμότητας από το ένα σώμα στο άλλο, τη σχέση της θερμότητας με τη θερμοκρασία και το φαινόμενο της τήξης του πάγου.



Εικόνα 3. Αριστερά: το πρόγραμμα των μαθητών για τη λήψη των μετρήσεων, Δεξιά: Τυπικές μετρήσεις από την εργασία των μαθητών κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Από την ανάλυση των βίντεο, τα σχόλια από την παρατήρηση του ερευνητή αλλά και τις απαντήσεις των μαθητών στο σύντομο ερωτηματολόγιο φάνηκαν αλλαγές στις αντιλήψεις των μαθητών για τις έννοιες θερμότητα, θερμοκρασία, μεταφορά θερμότητας, την πήξη και την τήξη του νερού. Αρχικά οι μαθητές θεωρούσαν πως ο πάγος έχει θερμοκρασία “...30 βαθμούς κάτω από το μηδέν...”, “...μείον μηδέν...” ή “...κρύα θερμοκρασία και χαμηλή...”. Όλοι τους γνώριζαν πως αν ρίξουμε παγάκια σε ποτήρι με νερό, τα παγάκια θα λιώσουν και το νερό θα γίνει περισσότερο κρύο, δεν μπορούσαν όμως να το αιτιολογήσουν ούτε να το συσχετίσουν με την έννοια της “μεταφοράς θερμότητας”. Γνώριζαν επίσης πως τα παγάκια θα λιώσουν πιο γρήγορα αν το νερό είναι ζεστό, δεν μπορούσαν όμως να δώσουν άλλα παραδείγματα από την καθημερινή τους ζωή για το τι συμβαίνει όταν φέρνουμε σε επαφή ένα κρύο και ένα ζεστό σώμα. Μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας όλοι τους έμαθαν για τη θερμοκρασία του πάγου, άρχισαν να διαχωρίζουν τις έννοιες θερμότητα και θερμοκρασία και μπορούσαν να αναφέρουν παραδείγματα μεταφοράς θερμότητας από ένα ζεστό σώμα σε ένα κρύο: “...αν βάλουμε ζεστό νερό σε ένα ποτήρι που έχει κρύο νερό, τότε το νερό θα είναι χλιαρό...”, “...όταν βάζεις ένα ποτήρι με κρύο νερό πάνω στο καλοριφέρ θα ζεσταθεί...”, “...όταν ακουμπά ένα κρύο χέρι ένα ζεστό χέρι...”, “...η κούπα ζεσταίνεται αν ρίξουμε ζεστό γάλα...”. Οι απαντήσεις των μαθητών δείχνουν μια αλλαγή των αντιλήψεών τους προς το “σωστό” ενώ έδωσαν στον ερευνητή την ευκαιρία να συζητήσει περισσότερο μαζί τους και να τους θέσει περισσότερους προβληματισμούς.

Αξιοσημείωτη είναι η θετική ανταπόκριση της δραστηριότητας από τους μαθητές έτσι όπως αυτή δηλώθηκε από τις απαντήσεις τους κατά τις σύντομες συνεντεύξεις μετά το τέλος κάθε συνάντησης "...μου άρεσε γιατί μπορούμε να φτιάξουμε δικά μας πράγματα και να τα κάνουμε να κινούνται...", "...μου άρεσε για δουλέψαμε με υπολογιστή και αυτό τον πομπό που στέλνει τα προγράμματα...", "...μας άρεσε γιατί κάναμε πείραμα που το φτιάξαμε μόνοι μας...", "θα κάνουμε και άλλα;...", "...θα έρθετε ξανά;". Τέλος, κανείς τους δεν φάνηκε να δυσκολεύεται να χρησιμοποιήσει τα υλικά του εκπαιδευτικού πακέτου ή το λογισμικό.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρατηρώντας τους μαθητές διαπιστώσαμε ένα αυξημένο ενδιαφέρον και αφοσίωση στην εργασία τους. Όλοι τους έδειξαν ότι ήταν ικανοί να αναλύσουν το πρόβλημα που τους τέθηκε και να σχεδιάσουν τον τρόπο λύσης του. Θεωρούμε πως μέσα από τις συγκεκριμένες δραστηριότητες ήρθαν σε επαφή και κατανόησαν, έστω και εισαγωγικά, βασικές έννοιες της φυσικής. Είχαν την ευκαιρία να εργαστούν σε ένα πλούσιο σε υλικά περιβάλλον που ενεθάρρυνε τον πειραματισμό και τους έδινε τη δυνατότητα να βλέπουν άμεσα το αποτέλεσμα του προγραμματισμού της κατασκευής τους, έτσι ώστε να γνωρίσουν τον προγραμματισμό του υπολογιστή ως μια διαδικασία αλληλεπίδρασης. Δουλεύοντας σε κάθε δραστηριότητα οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να αποκτήσουν εμπειρία και να επωφεληθούν τελικά από τα λάθη τους, ενώ ταυτόχρονα η μεταξύ τους συνεργασία ανέπτυξε το αίσθημα της συλλογικής σκέψης και το πνεύμα ομαδικότητας.

Από την ανάλυση των βίντεο, τα σχόλια από τη προσεκτική παρατήρηση από τον ερευνητή και τις απαντήσεις των μαθητών στο ερωτηματολόγιο διαπιστώθηκαν αλλαγές στις αντιλήψεις τους για τις έννοιες θερμότητα, θερμοκρασία, μεταφορά θερμότητας, την πήξη και την τήξη του νερού. Οι απαντήσεις των μαθητών δείχνουν μια αλλαγή των αντιλήψεών τους προς το "σωστό" ενώ η όλη δραστηριότητα έτυχε θετικής ανταπόκρισης από όλους τους μαθητές.

Η πιλοτική αυτή εφαρμογή παρέχει θετικές ενδείξεις ότι οι ρομποτικές κατασκευές LEGO Mindstorms, με την προϋπόθεση της κατάλληλης παιδαγωγικής πλαισίωσης και εκμεταλλεόμενοι τη φυσική τάση των παιδιών για έρευνα, επικοινωνία, κατασκευή και έκφραση, μπορούν να συμβάλλουν ουσιαστικά στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και της τεχνολογίας σε μαθητές του Δημοτικού σχολείου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ackermann, E., (1997), *Enactive Representations in Learning: Pretense, Models, Machines*, University of Provence, France.
- Dewey, J., (1997), *Experience and Education*, Simon & a Touchstone Book Schuster.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (1998), *Οικοδομώντας τις Έννοιες των Φυσικών Επιστημών: Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*, Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Jacobs, j., Kawanaka, T., Stigler, J. (1999), *Integrating qualitative and quantitative approaches to the analysis of video data on classroom teaching*, *International Journal of Educational Research*, 31, 717-724.
- Lawhead, P.B., Duncan, M.E., Bland, C.G., Goldweber, M., Schep, M., Barnes, D. J. and

- Hollingsworth, R. G. (2002), *A road map for teaching introductory programming using lego mondstorms robots*. In Working group reports from ITiCSE on Innovation and technology in computer science education, ACM Press, 191-201.
- Mark, S., Young, K. (1987), *Misconceptions in the Teaching of Heat*, School Science Review, Mar 87, 464-470.
- Niederer, H., Sander, F., Goldberg, E., Otero, V., Jorde, D., Slotta, J., Stromme, A., Fischer, H., Lorenz, H., Tibergkien, A., Vince, J. (2003), *Research about the use of information Technology in science education*, In Dimitris Psillos et al. (Eds.) Science education research in the knowledge- based society, Kluwer, 309-321.
- Osborne, R.J. and Cosgrove, M.M. (1983), *Children's conception of the changes of state of water*, Journal of Research in science Teaching 20(9), 825-38
- Papert, S. (1980), *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*, N.Y.: Basic Books
- Papert, S. (1993), *The Children's Machine*, New York: Basic Books
- Piaget, J. (1972), *The Principles of Genetic Epistemology*, New York: Basic Books.
- Piaget, J. (1974), *To understand is to invent*, N.Y.: Basic Books.
- Resnick M., Martin F., Sargent, R., Silverman, B. (1996), *IBM Programmable Bricks: Toys to think with*, IBM Systems Journal, 35, No 3 & 4.
- Δημητρίου Α. και Χατζηκρανιώτης Ε. (2003). Η εκπαιδευτική ρομποτική ως εργαλείο ανάπτυξης δεξιοτήτων. 2ο Συνέδριο για την αξιοποίηση των ΤΠΕ στη Διδακτική πράξη. Εκπαιδευτικό λογισμικό και διαδίκτυο, Σύρος 9-11/5/2003.
- Κυνηγός, Χ και Φράγκου Σ., (2000), *Πτυχές της παιδαγωγικής αξιοποίησης της Τεχνολογίας Ελέγχου στη σχολική τάξη*, Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση, 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή, Πάτρα, σελ. 83-91.
- Ξυνόγαλος Σ, Σατρατζέμη Μ., Δαγδιλέλης Β. (2000), *Η εισαγωγή στον προγραμματισμό: Διδακτικές Προσεγγίσεις και Εκπαιδευτικά Εργαλεία*, Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση, 2ο πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή, Πάτρα, σελ. 115-124.