

Σχεδιασμός, εφαρμογή και αξιολόγηση εργαστηριακών δραστηριοτήτων με τη χρήση ρομποτικής τεχνολογίας στη διδασκαλία του φαινομένου της κίνησης

Α. Κλ. Λίτινας¹, Δ. Αλιμήσης²

¹Φυσικός στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, antonislitinas@yahoo.gr
²Ανωτάτη Σχολή Παιδαγωγικής και Τεχνολογικής Εκπαίδευσης (ΑΣΠΑΙΤΕ)
alimisis@otenet.gr

Περίληψη

Η εργασία αυτή ασχολείται με τον σχεδιασμό εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων με τη χρήση ρομποτικής τεχνολογίας για τη μελέτη της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης στη Β' Γυμνασίου. Καταγράφει την εφαρμογή και αξιολογεί τη χρήση της ρομποτικής τεχνολογίας σαν εκπαιδευτικό εργαλείο σε ένα Γυμνάσιο μιας ημιορεινής περιοχής και δείχνει πως η ρομποτική τεχνολογία βοηθά σημαντικά τους μαθητές να επιτύχουν γνωστικούς στόχους στη Φυσική, να αποκτήσουν δεξιότητες και ικανότητες οργάνωσης δεδομένων, διατύπωσης συμπερασμάτων και να αντιληφθούν την αξία της ομαδικής εργασίας και συνεργασίας.

Λέξεις κλειδιά: Επικοινωνισμός, εκπαιδευτική ρομποτική, ευθύγραμμη ομαλή κίνηση

1. Εισαγωγή

Η ρομποτική αποτελεί μία σχετικά καινούργια επιστήμη που συνδυάζει στοιχεία ανάπτυξης λογισμικού, τεχνητής νοημοσύνης, προηγμένης μηχανολογίας, μελέτης της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Ολοκληρωμένες εφαρμογές της εμφανίζονται σε τομείς όπως η βιομηχανία, η ιατρική και την τελευταία δεκαετία χρησιμοποιείται σαν εκπαιδευτικό εργαλείο στο σχολείο. Ο σχεδιασμός μιας αποτελεσματικής διδασκαλίας περιλαμβάνει την εφαρμογή γνώσεων από τις θεωρίες της μάθησης, την ανάπτυξη τεχνικών διδακτικής προσέγγισης, την επιλογή και χρήση μέσων για την υποβοήθηση και την ενίσχυση της διδασκαλίας. Αυτή η ανάγκη έχει στρέψει το ενδιαφέρον των εκπαιδευτικών στη χρήση των συνεχώς εξελισσόμενων δυνατοτήτων της πληροφορικής, ιδιαίτερα στο τομέα της εκπαιδευτικής τεχνολογίας που αφορά τη χρήση της πληροφορικής στην εκπαίδευση. Οι εξελίξεις στην ηλεκτρονική και ιδιαίτερα στα ολοκληρωμένα κυκλώματα έκαναν δυνατή την κατασκευή συσκευών, οργάνων και μηχανημάτων με χαμηλό κόστος και με πολλές δυνατότητες στη χρήση τους για την ενίσχυση της διδασκαλίας. Ποικιλία δομικών υλικών και ηλεκτρονικών εξαρτημάτων χρησιμοποιούνται για την δημιουργία ρομποτικών κατασκευών στις

Α. Λαδιάς, Α. Μικρόπουλος, Χ. Παναγιωτακόπουλος, Φ. Παρασκευά, Π. Πιντέλας, Π. Πολίτης, Σ. Ρετάλης, Δ. Σάμψων, Ν. Φαχαντίδης, Α. Χαλκίδης (επιμ.), Πρακτικά Εργασιών 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Ένταξη των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία» της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης ΤΠΕ στην Εκπαίδευση (ΕΤΠΕ), Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πειραιάς, 10-12 Μαΐου 2013

οποίες προσαρμόζονται προγραμματιζόμενοι κύβοι με ενσωματωμένους επεξεργαστές οι οποίοι δίνουν χαρακτηριστικά και αυτονομία κίνησης στις ρομποτικές κατασκευές. Ένα τέτοιο σύστημα ρομποτικής τεχνολογίας είναι το Lego-Mindstorms NXT που αποτελείται από το ελεγχόμενο από υπολογιστή «έξυπνο τούβλο» διαδραστικούς κινητήρες και αισθητήρες (αφής, ήχου, φωτός, υπέρηχων κλπ) και από μια μεγάλη συλλογή υλικών κατασκευής (τουβλάκια, γρανάζια, τροχαλίες, άξονες κ.α.).

2. Θεωρητικό πλαίσιο

Το θεωρητικό πλαίσιο στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες που σχεδιάσαμε και εφαρμόσαμε είναι η θεωρία του εποικοδομητισμού (**constructivism**) (Piaget 1974) και ειδικότερα του "κατασκευαστικού" εποικοδομητισμού (**constructionism**) (Papert 1991). Σύμφωνα με την εποικοδομητική αντίληψη το μαθησιακό περιβάλλον παρέχει αυθεντικά προβλήματα που συνδέονται με την καθημερινή εμπειρία και τα ενδιαφέροντα των μαθητών, εμπλέκοντας ενεργά τους μαθητές στις εκπαιδευτικές διαδικασίες. Ο εποικοδομητισμός ευνοεί την ανάπτυξη νοητικών διεργασιών όπως η διατύπωση ερωτήσεων, η επιλογή στρατηγικών και η διατύπωση συμπερασμάτων μεταφέροντας την ευθύνη της μαθησιακής διαδικασίας στους μαθητές. Ο εκπαιδευτικός διευκολύνει τον διάλογο, υποστηρίζοντας την ανάπτυξη των δεξιοτήτων και την οικοδόμηση της γνώσης. Οι μαθητές συνεργάζονται στο πλαίσιο της μικρής ομάδας αλλά και στο σύνολο της τάξης καθώς εμπλέκονται στην διαδικασία της μάθησης. Τα χαρακτηριστικά του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος που προσεγγίζει τις αρχές του εποικοδομητισμού είναι:

1) Το περιεχόμενο της μάθησης να είναι όσο δυνατόν αυθεντικό, δηλαδή κοντά στην καθημερινή εμπειρία και στα ενδιαφέροντα των μαθητών/τριών. Έτσι αξιοποιείται η πρότερη εμπειρία των μαθητών/τριών, προκαλείται το ενδιαφέρον τους και οδηγούνται εύκολα στην οικειοποίηση του περιεχόμενου της μάθησης.

2) Η εμπειρία που αποκτούν οι μαθητές/τριες μέσω της αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον μάθησης. Οι μαθητές/τριες εμπλέκονται ενεργά σε διαδικασίες όπως η κατασκευή, ο χειρισμός εργαλείων αλλά και σε νοητικές διεργασίες όπως η διατύπωση ερωτήσεων, η επιλογή στρατηγικών και η διατύπωση συμπερασμάτων. Ευνοούνται εκπαιδευτικές δραστηριότητες όπως η ανάπτυξη σύνθετων εργασιών, η λύση προβλημάτων, ο χειρισμός κατασκευών. Μέσα από τέτοιες διαδικασίες η μάθηση αποκτά νόημα, οι μαθητές αξιοποιούν την εμπειρία τους και την πρότερη γνώση τους, διερευνούν τις αντιλήψεις τους για τις έννοιες και τις αναπροσαρμόζουν (Mayer, 2004).

3) Η ευθύνη των μαθητών/τριών στην μαθησιακή διαδικασία. Συμμετέχουν ενεργά διαμορφώνοντας ένα μαθητοκεντρικό περιβάλλον. Επηρεάζουν το περιεχόμενο της εκπαιδευτικής διαδικασίας, τον ρυθμό μάθησης και την αξιολόγηση. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι καθοδηγητικός, διαμορφώνει το πλαίσιο που συμβαίνει η

μαθησιακή διαδικασία, διευκολύνει τον διάλογο, προσφέρει συνεχή υποστήριξη στην ανάπτυξη δεξιοτήτων (tutoring) και υποστηρίζει σταδιακά την οικοδόμηση της γνώσης (scaffolding) (Jonassen, 1999).

4) Η συνεργασία σε μια μικρή ομάδα αλλά και στο σύνολο της τάξης. Με την αλληλεπίδραση των μαθητών/τριών στην ομάδα διευκολύνεται η κατανόηση των εννοιών και η γνώση είναι αποτέλεσμα της κοινωνικής αλληλεπίδρασης (Savey & Duffy, 1995).

Η εκπαιδευτική ρομποτική από εκπαιδευτική άποψη εντάσσεται στο πλαίσιο του "κατασκευαστικού" εποικοδομητισμού όπως θεμελιώθηκε από τον Seymour Papert. Στόχοι αυτής της προσέγγισης είναι η επίλυση προβλημάτων μέσω χειρισμού και κατασκευής πραγματικών και ιδεατών αντικειμένων, η ανάπτυξη της σκέψης μέσω της χρήσης γλωσσών προγραμματισμού, η εφαρμογή και επιβεβαίωση φυσικών νόμων, η κοινωνικοποίηση μέσω της συνεργασίας.

Σύμφωνα με τον "κατασκευαστικό" εποικοδομητισμό οι μαθητές οικοδομούν πιο αποτελεσματικά τη γνώση όταν εμπλέκονται ενεργά στη σχεδίαση και στη κατασκευή (ψηφιακή και χειρωνακτική) πραγματικών αντικειμένων που έχουν νόημα για τους ίδιους είτε αυτά είναι κάστρα από άμμο, είτε κατασκευές Lego και προγράμματα υπολογιστών (Papert, 1991).

Οι εκπαιδευτικές ρομποτικές δραστηριότητες μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες (Alimisis, 2009):

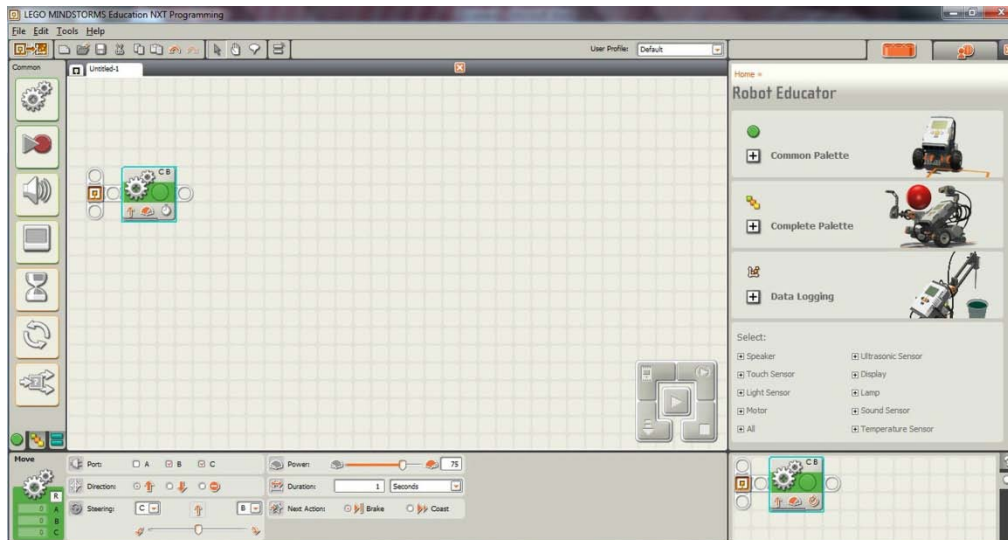
α) **Ρομποτική ως μαθησιακό αντικείμενο:** Περιλαμβάνει εκπαιδευτικές δραστηριότητες που σχετίζονται με την κατασκευή ρομποτικών συσκευών, τον προγραμματισμό τους και την τεχνητή νοημοσύνη.

β) **Ρομποτική ως εργαλείο μάθησης:** Σχετίζεται με την διδασκαλία και την μάθηση της σχολικής γνώσης σε διάφορα επίπεδα. Η ρομποτική ως εργαλείο μάθησης συνδέεται με μαθησιακές δραστηριότητες που σχετίζονται με τα Μαθηματικά, την Φυσική, την Πληροφορική και την Τεχνολογία.

3. Μεθοδολογία

Η διδακτική μας παρέμβαση εφαρμόστηκε στο εργαστήριο του γυμνασίου Γουμέρου που βρίσκεται σε μία ημιορεινή περιοχή του ν. Ηλείας. Συμμετείχαν 9 μαθητές ηλικίας 13 ετών που χωρίστηκαν σε τρεις (3) ομάδες: την κόκκινη, την λευκή και την μπλε ομάδα ανάλογα με το χρώμα που επέλεξαν τα μέλη της. Η χρονική διάρκεια εφαρμογής της ήταν τρεις ημέρες, 26-27/3 και 2/4/2012 τις τέσσερις πρώτες διδακτικές ώρες κάθε ημέρας. Σε κάθε ομάδα μοιράστηκαν: Πακέτο Lego-Mindstorms, "έξυπνο τούβλο" NXT, ένας κινητήρας, καλώδιο USB, φύλλα εργασίας και γραπτά ημερολόγια προς συμπλήρωση. Ένα φορητό laptop ήταν διαθέσιμο για όλους και έγινε βιντεοσκόπηση των κυριότερων μερών της

διαδικασίας. Οι γνωστικοί στόχοι σχετίζονταν με την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση όπως η κατανόηση της έννοιας της ταχύτητας, η σχέση απόστασης-χρόνου κίνησης και οι γραφικές παραστάσεις ταχύτητας-χρόνου και θέσης-χρόνου. Για τον προγραμματισμό των οχημάτων χρησιμοποιήθηκε η εντολή "Move" με κατάλληλη ρύθμιση των παραμέτρων *Port*, *Direction*, *Power* και *Duration* όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 1.



Εικόνα 1: Οθόνη προγραμματισμού για την κίνηση του οχήματος

Την **πρώτη ημέρα** τα παιδιά εξοικειώθηκαν με το πακέτο Lego-Mindstorms και το προγραμματιστικό περιβάλλον. Η κάθε ομάδα κατασκεύασε από ένα όχημα χωρίς να δοθούν λεπτομερείς οδηγίες για την κατασκευή του οχήματος, αφήνοντας κάθε ομάδα να ενεργήσει αυτόνομα, αναπτύσσοντας πρωτοβουλία και δημιουργικότητα στην κατασκευή του οχήματος. Σε κάθε ομάδα μοιράστηκε ένα φύλλο εργασίας με συγκεκριμένες οδηγίες για τη κατασκευή ενός ρομποτικού οχήματος.

Η ημερήσια δραστηριότητα τελείωσε με αγώνες ταχύτητας μεταξύ των τριών οχημάτων, με τα παιδιά να διασκεδάζουν με τις κατασκευές τους.

Τη **δεύτερη ημέρα**, αρχικά μοιράστηκε στις ομάδες φύλλο εργασίας με το οποίο παρακινούσε τους μαθητές να βάλουν σε κίνηση το αυτοκινητάκι τους "παίζοντας" με το "γκάζι" του κινητήρα. Με τον όρο "γκάζι" εννοούμε την παράμετρο *Power* (ισχύς) της εντολής "Move". Αν και υπήρχε μια σύγχυση μεταξύ των όρων "ταχύτητα" και "δύναμη", από τις απαντήσεις παρατηρήθηκε πως οι μαθητές κατάλαβαν την λειτουργία της ισχύος του κινητήρα και τη σχέση της με τη ταχύτητα του οχήματος. Μία χαρακτηριστική απάντηση: *"Όταν ανεβάζουμε το γκάζι ανεβαίνει η ταχύτητα και η δύναμη και όταν κατεβάζουμε το γκάζι μειώνεται η δύναμη του"*

κινητήρα και η ταχύτητα." Στην ερώτηση μας: "Τι εννοείς με τη λέξη δύναμη;" απάντησαν πως με τη λέξη "δύναμη" εννοούν το "γκάζι" ή την "ισχύ" του κινητήρα.

Στη συνέχεια οι μαθητές πειραματίστηκαν με το χρόνο κίνησης και όλες οι ομάδες βρήκαν πως η απόσταση που διανύει το αυτοκινητάκι τους ήταν ανάλογη του χρόνου κίνησης: "Όσο μεγαλώνει ο χρόνος τόσο μεγαλώνει και η απόσταση." Μετά οι μαθητές παρακινήθηκαν με ανάλογο φύλλο εργασίας να κάνουν το αυτοκινητάκι τους να κινηθεί συνεχώς όλο και πιο γρήγορα. Οι μαθητές/τριες έχοντας αποκτήσει πλέον ευχέρεια στον χειρισμό και την αξιοποίηση των εντολών προγραμματισμού στο NXT, απάντησαν: "Μέσω του υπολογιστή αυξάνουμε το γκάζι του αυτοκινήτου και κινείται πιο γρήγορα."

Με το επόμενο φύλλο εργασίας οι μαθητές όρισαν και μέτρησαν την ταχύτητα του οχήματος τους.

Φύλλο εργασίας 5

1. Πόσο γρήγορα τρέχει κάθε φορά το αυτοκινητάκι σας;
2. Σκεφτείτε και εφαρμόστε έναν τρόπο για να μετρήσετε πόσο γρήγορα τρέχει το αυτοκινητάκι σας. Γράψτε τον τρόπο που σκεφτήκατε.
3. Μπορείτε να πείτε τι σημαίνει για σας πως το αυτοκινητάκι σας πάει αργά ή γρήγορα;
4. Μπορείτε να εξηγήσετε τι είναι η "γρηγοράδα" του αυτοκινήτου σας; Γράψτε τη σκέψη σας.

Οι μαθητές όρισαν την ταχύτητα, μετρώντας την απόσταση που διάνυσε το αυτοκινητάκι σε ένα χρονικό διάστημα που το ρύθμισαν μέσω της επιφάνειας εργασίας προγραμματισμού Lego-Mindstorms. Για τη μέτρηση της απόστασης εφάρμοσαν την μετροταινία σε ένα μπροστινό τροχό του οχήματος σε συγκεκριμένο σημείο και μέτρησαν την απόσταση που διάνυσε αυτό το σημείο.

Έγραψαν χαρακτηριστικά: "Πήγαμε στον υπολογιστή και ρυθμίσαμε το αυτοκινητάκι να κινηθεί 2 seconds με όλο το γκάζι (100 μονάδες). Μετά πήγαμε και μετρήσαμε την απόσταση που κινήθηκε και βρήκαμε ότι το αυτοκινητάκι κάνει σε 2 seconds 80 εκατοστά απόσταση." Στην ερώτηση μας, "τι σημαίνει πως το αυτοκινητάκι σας πάει αργά ή γρήγορα;", μερικοί μαθητές απάντησαν με αριθμητικό παράδειγμα που δείχνει ένα καλό επίπεδο κατανόησης της έννοιας: "Όταν δύο αυτοκινητάκια κινούνται, το ένα κινείται 50 cm σε 2 seconds και το άλλο 80 cm σε 2 seconds." Για να εξηγήσουν την έννοια της "γρηγοράδας" μία ομάδα έδωσε μία ενδιαφέρουσα απάντηση: "Γρηγοράδα είναι όταν η ταχύτητα και η δύναμη του αυτοκινήτου είναι μεγάλες και κάνουν το αυτοκινητάκι να κινείται πιο γρήγορα και πιο άνετα." Οι μαθητές προσπάθησαν να εξηγήσουν την έννοια χρησιμοποιώντας επιστημονικούς όρους όπως η δύναμη και ταχύτητα.



Εικόνα 2: Αγώνες ταχύτητας ανάμεσα στα αυτοκινητάκια των ομάδων.

Οι ημερήσιες δραστηριότητες τελείωσαν (ως συνήθως!) με αυτοσχέδιους αγώνες ταχύτητας μεταξύ των οχημάτων των ομάδων όπως φαίνεται στην εικόνα 2.

Τελικά την **τρίτη ημέρα**, ακολουθώντας τις οδηγίες ανάλογου φύλλου εργασίας, οι μαθητές μελέτησαν την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Προσέγγισαν με επιτυχία την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση και εύκολα συμπεράναν από τις γραφικές παραστάσεις που είχαν σχεδιάσει πως η τιμή της ταχύτητας παρέμενε σταθερή σε κάθε μέτρηση τους και η απόσταση που διάνυε το αυτοκινητάκι τους ήταν ανάλογη του χρόνου κίνησης.

Από τα ημερολόγια που συμπλήρωσαν στο τέλος κάθε ημέρας φαίνεται πως τα παιδιά ευχαριστήθηκαν και χάρηκαν περισσότερο την κατασκευή και τη χρήση του οχήματος τους σε αγώνες ταχύτητας: *"Μας άρεσε περισσότερο όταν βάζαμε κόντρες τα αμαξάκια και παρότι που το δικό μας είναι πιο βαρύ έβγαине πρώτο."* *"Δεν μας άρεσε όταν χάσαμε κάποιες φορές από τα άλλα παιδιά λόγω βλάβης του κινητήρα μας."*

Μετά την επεξεργασία των απαντήσεων στα φύλλα εργασίας και στα ημερολόγια, οι μαθητές/τριες έδωσαν διευκρινήσεις απαντώντας στις παρακάτω ερωτήσεις:

α) Τι εννοείς με τη λέξη "δύναμη"; β) Εξήγησε περισσότερο τη φράση: *"Το βαρύ κινείται πιο αργά ενώ το ελαφρύ πιο γρήγορα;"* γ) Τι εννοείς, *"το αυτοκινητάκι κινείται πιο άνετα;"* δ) Τι είναι τελικά η "γρηγοράδα";

Οι απαντήσεις των μαθητών στις παραπάνω ερωτήσεις είναι: α) *"Δύναμη είναι το γκάζι ή αλλιώς η "ισχύς" του κινητήρα."* β) *"Το βαρύ αυτοκινητάκι αλλάζει πιο δύσκολα την ταχύτητα του, ξεκινά πιο δύσκολα."* γ) *"Το αυτοκινητάκι κινείται πιο καλά, πιο γρήγορα, πιο εύκολα, μεταβάλλει την ταχύτητα καλύτερα."* δ) *"Το αυτοκινητάκι τρέχει την ίδια απόσταση σε μικρότερο χρόνο, δηλαδή πιο γρήγορα."*

Στο τέλος της εκπαιδευτικής διαδικασίας οι μαθητές/τριες ρωτήθηκαν *"τι σας προκάλεσε το μεγαλύτερο ενδιαφέρον από όλη την διαδικασία;"* και απάντησαν: *"Η συναρμολόγηση και η κατασκευή του οχήματος. Η ευχαρίστηση που νοιώσαμε όταν θέσαμε σε κίνηση το αυτοκινητάκι μας. Η συνεργασία και η δουλειά σε ομάδες είχε το*

μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Πρώτη φορά παίρναμε μέρος σε κάτι τέτοιο." Στην ερώτηση "τι καινούργιο μάθατε μετά από την παραπάνω διαδικασία;" οι μαθητές τόνισαν πως έμαθαν "να κατασκευάζουμε εύκολα κάτι, στην αρχή νομίζαμε πως δε θα καταφέρναμε να κατασκευάσουμε κάτι σαν αυτό που είδαμε σε φωτογραφίες." και συμπλήρωσαν: "Κατανοήσαμε την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση...", "με το πείραμα η θεωρία γίνεται πιο εύκολη και πιο κατανοητή."

4. Συζήτηση

Εφαρμόζοντας την παραπάνω μεθοδολογία διαπιστώνουμε πως η μάθηση επιτυγχάνεται πιο εύκολα, ουσιαστικά και γρήγορα όταν συνδυάζεται με το παιχνίδι και μετατρέπει την εκπαίδευση σε μια διασκεδαστική δραστηριότητα (Lund και Nielsen, 2002). Οι μαθητές/τριες προσπάθησαν να επιβάλλουν τις δικές τους ιδέες στην κατασκευή του οχήματος αγνοώντας ή τροποποιώντας τις οδηγίες που τους δόθηκαν. Για παράδειγμα στην κόκκινη ομάδα δεν χρησιμοποίησαν ισομεγέθεις ρόδες, με συνέπεια να υπάρχει κάποιο πρόβλημα στην στιβαρότητα της κατασκευής τους που τελικά διορθώθηκε. Στη λευκή ομάδα χρησιμοποίησαν έξι ρόδες γιατί τους άρεσε περισσότερο αισθητικά. Θεωρούμε ότι οι διαφορετικές μορφές των οχημάτων καθώς και η σχετική ευκολία στην κατασκευή τους οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην συχνή ασχολία των μαθητών με τις γεωργικές και χειρωνακτικές εργασίες της καλλιέργειας της γης και της χρήσης-λειτουργίας των γεωργικών μηχανημάτων.

Η μορφή που έδωσε κάθε ομάδα στο αυτοκινητάκι της, συνέβαλλε πολύ θετικά στην συνέχεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας και στην επίτευξη των γνωστικών στόχων γιατί όπως έλεγαν το θεωρούσαν "δικό τους", είχε χαρακτηριστικά της προσωπικότητας τους και αυτό θα τους "οδηγούσε" στην κατανόηση και τη μελέτη της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης.

Οι μαθητές/τριες εργαζόμενοι συλλογικά, όρισαν την ταχύτητα μέσω του πειραματικού προσδιορισμού της. Με τη χρήση του ορισμού της ταχύτητας, μετροταινίας, του λογισμικού Lego-Mindstorms και γεωμετρικών οργάνων, κατέγραψαν πειραματικές μετρήσεις σε πίνακα δεδομένων, τις επεξεργάστηκαν και διαπίστωσαν την ύπαρξη σφαλμάτων στις πειραματικές μετρήσεις. Σχεδίασαν γραφικές παραστάσεις και πήραν πληροφορίες από αυτές όπως η σταθερότητα της ταχύτητας και η αναλογία της απόστασης που διανύει το όχημα με το χρόνο κίνησης.

Από τις αντιδράσεις των μαθητών/τριών επιβεβαιώνονται οι έρευνες που μελετούν τα αποτελέσματα της χρήσης των Lego-Mindstorms στην εκπαίδευση και υποστηρίζουν την ιδέα της κατασκευαστικής προσέγγισης και της ψυχαγωγικής εκπαίδευσης (Dagdilelis κ.α., 2005-Asada κ.α., 2000). Όπως τονίζουν οι Lund και Nielsen (2002), η ψυχαγωγική μάθηση (edutainment) μετατρέπει την εκπαίδευση σε μια διασκεδαστική διαδικασία. Αυτό ακριβώς επιτυγχάνει η εκπαιδευτική ρομποτική. Μέσω της εκπαιδευτικής ρομποτικής οι μαθητές/τριες έδρασαν σαν μικροί επιστήμονες και είχαν ενεργό εμπλοκή στην διαδικασία της μάθησης. Εφόρμισαν

στη πράξη έννοιες της φυσικής και των μαθηματικών, συνεργάστηκαν σε ομάδες εργασίας αναγνωρίζοντας την αξία της ομαδικής συνεργασίας και κυρίως εκδηλώθηκε η ελεύθερη έκφραση και η δημιουργικότητα τους.

Βιβλιογραφία

- Alimisis, D. (2009) (ed): Teacher Education on Robotics-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods, School of Pedagogical and Technological Education, (ASPLETE), Athens.
- Asada, M., D' Andrea, R., Bisk, A., Kitano, H., & Veloso, M., (2000). Robotics in Edutainment. Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Robotics and Automation, San Francisco, pp 795-800.
- Dagdilelis, V., Sartatzemi, M. & Kagani, K. (2005). Teaching (with) Robotics in Secondary Schools: some new and not-so-new Pedagogical problems. In ICALT' 05-Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologicis.
- Jonassen, D. H. (1999). Constructing learning environments on the web: Engaging students in meaningful learning. EdTech 99: Educational Technology Conference and Exhibition 1999: Thinking Schools, Learning Nation.
- Lund, H. H., & Nielsen, J. (2002). An Edutainment Robotics Survey. In Proceedings of the Third International Symposium on Human and Artificial Intelligence Systems: The Dynamic Systems Approach for Embodiment and Sociality, Fukui.
- Mayer, R. E. (2004). Should there be a three strikes rule against pure discovery? The case for guided methods of instruction. *American Psychologist*, 59, 14e19.
- Papert, S. (1991). Situating Constructionism. In S. Papert and I. Harel (eds) *Constructionism*. Alex Publishing Corporation.
- Piaget, J. (1974). *To Understand Is To Invent*. N.Y.: Basic Books.
- Savery, J. R. & Duffy, M. T. (1995). Problem Based Learning: An instructional model and its constructivist framework. *Educational Technology*, 35, 31-38.