

## Ιστορικά πειράματα Γαλιλαίου με εκπαιδευτική ρομποτική στο πλαίσιο του «Change Laboratory»

### Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε μια διδακτική παρέμβαση σε περιβάλλον μη-τυπικής εκπαίδευσης που στηρίζεται στην ιστορία της φυσικής ως βάση για κοινωνική αλληλεπίδραση, την εκπαιδευτική πολιτική STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) που απαντά στον προβληματικό διαχωρισμό των γνωστικών αντικειμένων και το Change Laboratory, που αποτελεί μέθοδο έρευνας και παρέμβασης όπου τα εμπλεκόμενα μέλη, διαπιστώνουν τα προβλήματα και δίνουν λύσεις. Αυτό που παρατηρήσαμε είναι ότι αρχικές αντιφάσεις που εμπόδιζαν τη δραστηριότητα ξεπεράστηκαν, με αποτέλεσμα την ενεργό εμπλοκή των μαθητών τόσο στο σχεδιασμό, όσο και στην διεξαγωγή των πειραμάτων και την ανάλυση των αποτελεσμάτων.

### Abstract

This project provides a fresh educational approach, in a nonformal educational environment, which relies on the history of physics as ground for social interaction, the educational policy of STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) which responds to the problematic separation of knowledge objects. Specifically, a key element to the approach is Change Laboratory, an intervention and research method, where all members involved in the community should recognize the given problems and provide solutions. According to the results of the present study, students managed to overcome the initial contradictions that hindered their activity and as a result they were actively involved in the design, conduction of the experiments and the analysis of the results.

### 1. Εισαγωγή

Η εκπαιδευτική ρομποτική αποτελεί πολύτιμο εκπαιδευτικό εργαλείο για τους μαθητές όλων των βαθμίδων (Afarí & Khine, 2017). Ως εκ τούτου έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον τόσο των εκπαιδευτικών, όσο και των ερευνητών. Τα ρομπότ χρησιμοποιούνται ως εργαλείο για την ανάπτυξη γνωστικών δομών από τα παιδιά (Τσοβόλας & Κόμης, 2010). Μέσω της εμπλοκής τους σε δραστηριότητες STEM αναπτύσσουν γνωστικές (Papadakis et al., 2021), μετα-γνωστικές και κοινωνικές δεξιότητες (επιστημονική διερεύνηση, κριτική σκέψη, επικοινωνία και ομαδικότητα (Benitti, 2012)). Ωστόσο, ορισμένοι εκπαιδευτικοί εξακολουθούν να είναι επιφυλακτικοί (Donnelly et al., 2011). Αναφέρονται στην έλλειψη σύνδεσης της εκπαιδευτικής ρομποτικής με το αναλυτικό πρόγραμμα (Mubin et al., 2013). Έτσι, τέτοιου είδους δραστηριότητες εφαρμόζονται στο μάθημα της Πληροφορικής, ή εκτός σχολικού ωραρίου και σε περιβάλλοντα μη-τυπικής εκπαίδευσης (Eguchi, 2017). Επιπρόσθετα, αξίζει να σημειωθεί, ότι παρόλο που τα εκπαιδευτικά κιτ προσφέρουν μια ευχάριστη εμπειρία (Papadakis et al., 2021), αυτό συχνά αναφέρεται ως αιτία απόσπασής τους από τους μαθησιακούς τους στόχους.

Ανασταλτικός παράγοντας είναι και το υψηλό κόστος του εξοπλισμού (Korte & Hüsing, 2006).

Στην παρούσα εργασία εφαρμόστηκε μια μεθοδολογία που στηρίζεται σε τρεις πυλώνες: το Change Laboratory (CL), την ιστορία της φυσικής και συγκεκριμένα ένα στάδιο στην ιστορία των επιστημών που τέθηκαν υπό πειραματικό έλεγχο σημαντικές υποθέσεις και έγιναν σημαντικές τομές και η εκπαιδευτική πολιτική STEM που δίνει την εγκάρσια διεπιστημονικότητα στις δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στον όρο (Fortus et al., 2015). Η ιστορία της φυσικής αποτελεί βάση για κοινωνική αλληλεπίδραση εισάγοντας τους μαθητές σε ένα περιβάλλον στο οποίο δοκιμάζουν/απορρίπτουν ιδέες και προκύπτουν καινούρια εννοιολογικά πλαίσια (Cavicchi, 2001). Το CL αποτελεί μία νέα μέθοδο έρευνας παρέμβασης βασισμένη στη θεωρία της δραστηριότητας και υλοποιείται με τους κύκλους της επεκτατικής μάθησης που ορίζονται από τον Engeström (Engeström, 2000). Χρησιμοποιείται για τη μελέτη και ανάπτυξη εργαστηριακών πρακτικών με συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων μελών (γονείς, μαθητές, ερευνητές) (Virkkunen, 2013). Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η σύνδεση του αναλυτικού προγράμματος της Φυσικής με δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής, καταγραφή αντιφάσεων που εμποδίζουν αυτή τη διαδικασία, και η αντιμετώπιση των αντιφάσεων μέσω της αλληλεπίδρασης των εμπλεκόμενων μελών.

## **2. Μεθοδολογία**

Στην παρούσα εργασία, σχεδιάστηκε μια παρέμβαση, η οποία εφαρμόστηκε σε περιβάλλον μη-τυπικής εκπαίδευσης και διήρκησε 4 μήνες. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκε μία τάξη ρομποτικής σε ένα φροντιστήριο στην Κοζάνη κατά το σχολικό έτος 2019-2020. Η τάξη αποτελούνταν από πέντε μαθητές, τέσσερις δευτεροβάθμιας (οι τρεις Β' και ο ένας Γ' Γυμνασίου) και έναν πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Στ' Δημοτικού). Υπήρχε ένα κορίτσι και τέσσερα αγόρια. Ως ιστορική περίοδος επιλέχθηκε η εποχή που ο Γαλιλαίος πραγματοποίησε και διέδωσε το καινούριο εννοιολογικό πλαίσιο στο οποίο στηρίζεται η σύγχρονη επιστήμη. Συγκεκριμένα, μελετήθηκαν η ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, η ελεύθερη πτώση και η πλάγια βολή. Ως μέσο για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση των δράσεων ορίστηκε η ρομποτική. Για την κατασκευή των ρομπότ χρησιμοποιήθηκαν δύο σετ LEGO MINDSTORMS Ev3, ενώ για τον προγραμματισμό τους δύο tablet. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν επτά συναντήσεις οι παρατηρήσεις και τα αποτελέσματα των οποίων καταγράφηκαν με τη μορφή ημερολογίου όπως ορίζει το CL. Αυτό αποτέλεσε το υλικό από το οποίο αντλήθηκαν τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας. Στον Πίνακα I παρουσιάζονται συνοπτικά οι συναντήσεις που πραγματοποιήθηκαν. Σε αυτές, οι μαθητές λειτούργησαν ομαδικά επιλέγοντας μόνοι τους το ρόλο τους και τις ρομποτικές κατασκευές μέσω των οποίων μελέτησαν την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, την ελεύθερη πτώση (εξάρτηση ή όχι της χρονικής διάρκειας πτώσης από τη μάζα), και την εξάρτηση ή όχι του βεληνεκούς από τη μάζα του σώματος που εκτοξεύεται και από την αρχική του ταχύτητα. Η διάρκεια κάθε συνάντησης ήταν 75-100 min. Στις δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής της παρούσας εργασίας υποκείμενα είναι οι μαθητές και ο διδάσκων, κοινότητα η τάξη, αντικείμενο η δημιουργία ενός ρομπότ και αποτέλεσμα οι κατασκευές των μαθητών

και ο προγραμματισμός τους. Στα εργαλεία υπάγονται το σετ υλικών για την κατασκευή του ρομπότ (γρανάζια, άξονες, μάντες, τροχοί κ.α.), το περιβάλλον προγραμματισμού, ο πίνακας της τάξης και γραφική ύλη. Στους κανόνες υπάγονται όλοι οι δηλωμένοι και αδήλωτοι κανόνες εργασίας (διδακτικό συμβόλαιο). Τέλος, ο καταμερισμός εργασίας αφορά τους ρόλους (κατασκευαστής, προγραμματιστής, συντονιστής, παρουσιαστής) που αναλαμβάνει κάθε μέλος της ομάδας.

**Πίνακας Ι:** Συνοπτική παρουσίαση των συναντήσεων

Συνάντηση	2 <sup>η</sup>	3 <sup>η</sup>	4 <sup>η</sup>	5 <sup>η</sup>	6 <sup>η</sup>	7 <sup>η</sup>
Ημερομηνία	24/10/2019	14/11/2019	28/11/2019	12/12/2019	9/1/2020	16/1/2020
Εμπλεκόμενοι	Γονείς, μαθητές, διδάσκων	Μαθητές, διδάσκων	Μαθητές, διδάσκων	Μαθητές, διδάσκων	Μαθητές, διδάσκων	Μαθητές, διδάσκων
Αντικείμενο	Ευθ. Ομαλή Κίνηση	Ευθ. Ομαλή Κίνηση	Ελεύθερη πτώση	Ελεύθερη πτώση	Πλάγια βολή	Πλάγια βολή
Σύνδεση με καθημ.	Ρόβερ	Αυτόματος πιλότος	Πειράματα με υλικά από την καθημερινότητα	-	Καταπέλτης	Καταπέλτης
Οργάν. τάξης	5 ομάδες	2 ομάδες	1 ομάδα	1 ομάδα	2 ομάδες	2 ομάδες
Ρόλος μαθητών	Κατασκευή, προγραμ., καταγραφή σημειώσεων	Κατασκευή, προγραμ., λήψη μετρήσεων, σχεδίαση γραφικής παράστασης	Κατασκευή, Προγραμ., αναζήτηση υποστηρικτικού υλικού	Προγραμματισμός, λήψη μετρήσεων	Κατασκευή, προγραμ., δημιουργία σκίτσων, επιλογή παραμέτρων που θα ελεγχθούν	Εκτέλεση πειράματος, χρήση smartphone
Ρόλος Εκπαιδευτικού	Θέτει ένα πρόβλημα	Υποστηρικτικός	Δημιουργεί προβληματισμούς	Υποστηρικτικός	Θέτει προβληματισμούς που οδηγούν σε βαθύτερη κατανόηση	Υποστηρικτικός
Διαπιστώσεις μαθητών	Σπουδαιότητα σύνδεσης ρομποτικής με αυθεντικό πρόβλημα	Η αβεβαιότητα στις μετρήσεις οφείλεται στη μεσολάβηση ανθρώπινου παράγοντα	Οι προβλέψεις τους δεν επιβεβαιώνονται πειραματικά (γνωστική σύγκρουση)	Για την εξαγωγή ενός συμπεράσματος απαιτείται εξέταση πολλών μεταβλητών	Ένα πρόβλημα μπορεί να διασπαστεί σε επιμέρους και κάθε ομάδα να διερευνήσει διαφορετική πτυχή του	Σπουδαιότητα χρήσης ποικιλίας τεχνολογικών μέσων στην εκπαιδευτική διαδικασία

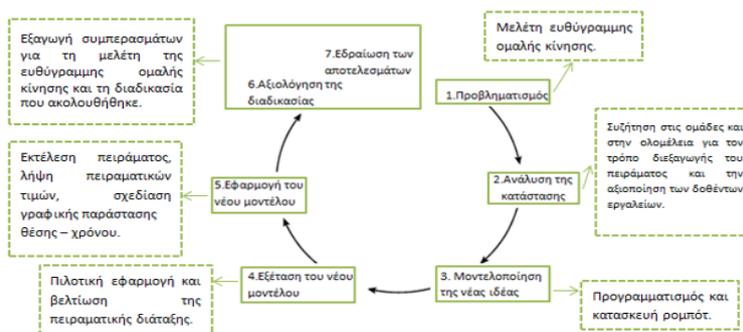
Η θεωρία δραστηριοτήτων αποτελεί θεωρία μάθησης (Erpich & Cheng, 2015) και επιλέγει ως μονάδα ανάλυσης τη δραστηριότητα που αποτελεί ένα πλαίσιο για ποιοτική μελέτη των ανθρωπίνων πράξεων σε ένα κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο. Μπορεί να εφαρμοστεί ως πλαίσιο για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι εκπαιδευτικοί αντιμετωπίζουν τις δυσκολίες που προκύπτουν σε μια παρέμβαση και ως εργαλείο για την αντιμετώπιση αυτών. (Maidou et al., 2020). Το σημαντικότερο σημείο της είναι ο τριγωνισμός της ανθρώπινης δραστηριότητας που εξηγεί τις σχέσεις ανάμεσα σε ένα άτομο και το περιβάλλον του στο πλαίσιο μιας δραστηριότητας. Συνιστώσες του αποτελούν τα εργαλεία, τα υποκείμενα, οι κανόνες, η κοινότητα, το αντικείμενο, ο καταμερισμός εργασίας και το αποτέλεσμα. Με στόχο τη συστηματική ανάλυση της συνεργατικής μάθησης προτείνεται η επεκτατική μάθηση η οποία περιγράφεται από επτά στάδια. Αυτά αποτελούν ένα δυναμικό σύστημα δραστηριότητας στο οποίο οι συμμετέχοντες εμπλέκονται στην επίλυση ανοικτού τύπου προβλημάτων και στο σχεδιασμό κάποιου νέου αντικειμένου (Rantavuori et al., 2016).

### 3. Αποτελέσματα- Συζήτηση

Στην Εικόνα 1 φαίνεται ο κύκλος επεκτατικής μάθησης για τη μελέτη της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης. Αρχικά, οι μαθητές συζήτησαν τον τρόπο με τον οποίο θα σχεδίαζαν το πείραμα και πως θα αξιοποιούσαν τα εργαλεία που είχαν στη διάθεσή τους. Αφού ολοκλήρωσαν την κατασκευή και τον προγραμματισμό της συσκευής, διαπίστωσαν ορισμένα προβλήματα τα οποία αντιμετώπισαν με επιτυχία. Τέλος, πραγματοποίησαν το πείραμα, έλαβαν μετρήσεις και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση σε ίσους χρόνους διανύονται ίσες αποστάσεις.

Στην πρώτη συνάντηση ήταν παρόντες οι μαθητές, οι γονείς και ο ερευνητής-διδάσκων. Οι μαθητές συνέδεσαν επιτυχώς την εκπαιδευτική ρομποτική με τις φυσικές επιστήμες και εφάρμοσαν την επιστημονική μέθοδο (παρατήρηση πάνω σε ένα επιστημονικό φαινόμενο, σχηματισμός γενικής υπόθεσης-μοντέλου, πείραμα, συλλογή και ερμηνεία, συμπεράσματα, θεωρία).

**Εικόνα 1 :** Κύκλος επεκτατικής μάθησης για την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.



#### 4. Συμπεράσματα

Δεδομένου ότι η εκπαιδευτική ρομποτική είναι μια χρονοβόρα διαδικασία, η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε σε περιβάλλον μη τυπικής εκπαίδευσης. Παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές λειτούργησαν αποτελεσματικά στο πλαίσιο του CL δρώντας σε ομάδες αναγνωρίζοντας τον τομέα που υστερούσε και τον τομέα που υπερείχε ο καθένας και ανέθεταν μόνοι τους ρόλους με στόχο το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων κάθε ομάδας και η συζήτηση στην ολομέλεια είχαν καθοριστική σημασία για την εξαγωγή συμπερασμάτων και την αντιμετώπιση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών. Επίσης, δεδομένης της εγκάρσιας διεπιστημονικότητας του STEM οι μαθητές δεν απέκτησαν μόνο γνώσεις τεχνολογίας, μηχανικής και προγραμματισμού, αλλά συνδύασαν τη ρομποτική με τη φυσική. Τέλος, επειδή ασχολήθηκαν με την επίλυση προβλημάτων με νόημα για τα ίδια και σχεδίασαν μόνοι τους τα πειράματα απαντώντας σε ερωτήματα που δημιουργήθηκαν ιστορικά και στους επιστήμονες πριν την επιβεβαίωση των ισχυρισμών τους, οδηγήθηκαν σε γνωστική σύγκρουση και διατύπωση συμπερασμάτων. Με τη συγκεκριμένη παρέμβαση δεν διαπιστώθηκε ότι η εκπαιδευτική ρομποτική ως συναρπαστικό εργαλείο μπορεί να αποσπάσει τους μαθητές από τους μαθησιακούς τους στόχους. Τέλος, αξίζει να επισημανθεί η σπουδαιότητα του συνδυασμού των τριών πυλώνων στους οποίους στηρίχθηκε η παρέμβαση ( CL, ιστορία των επιστημών, ρομποτική). Αυτοί ευνόησαν την ενεργό συμμετοχή των μαθητών και οδήγησαν στην αντιμετώπιση των αντιφάσεων από όλα τα εμπλεκόμενα μέλη.

#### 5. Βιβλιογραφία

Τσοβόλας Σ., Κόμης Β. (2010). Ρομποτικές κατασκευές μαθητών δημοτικού: μια ανάλυση με βάση τη Θεωρία της Δραστηριότητας. 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτική της Πληροφορικής

Afari E. and Khine M. S. (2017). Robotics as an Educational Tool: Impact of Lego Mindstorms. International Journal of Information and Education Technology, Vol. 7, No. 6

- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978-988.
- Cavicchi E. (2001). Unsettling brings about development in the classroom: Critical explorations with historical observations of light
- Donnelly, D., McGarr, O., & O'Reilly, J. (2011). A framework for teachers' integration of ICT into their classroom practice. *Computers & Education* 57(2), 1469-1483.
- Engeström, Y. (2000). Activity theory as a framework for analyzing and redesigning work. *Ergonomics*, 43(7), pp. 960-974. doi: 10.1080/001401300409143
- Eguchi, A. (2017). Bringing Robotics in Classrooms. In: Khine M. (Ed.): *Robotics in STEM Education*, 3-31. Springer, Cham.
- Eppich, W., & Cheng, A. (2015). How cultural-historical activity theory can inform interprofessional team debriefings. *Clinical Simulation in Nursing*, 11(8), 383-389.
- Fortus, D., Krajcik, J., Dershimer, R. C., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2015). Design-based science and real-world problem-solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855-879.
- Korte, W. B., & Hüsing, T. (2006). Benchmarking access and use of ICT in European schools: Results from Head Teacher and A Classroom Teacher Surveys in 27 European Countries. Bohn: Empirica
- Maidou, A., Plakitsi, K., & Polatoglou, H. M. (2020). Expansive Learning of Preservice Teachers Teaching Sustainable Development during Their Practicum. *World Journal of Education*, 10(2), 181-202.
- Papadakis, S., Vaiopoulou, J., Sifaki, E., Stamovlasis, D., Kalogiannakis, M., & Vassilakis, K. (2021, April). Factors That Hinder in-Service Teachers from Incorporating Educational Robotics into Their Daily or Future Teaching Practice. In *CSEDU* (2) (pp. 55-63).
- Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., Al Mahmud, A., & Dong, J. J. (2013). A review of the applicability of robots in education. *Journal of Technology in Education and Learning*
- Rantavuori, J., Engeström, Y., & Lipponen, L. (2016). Learning Actions, Objects and Types of Interaction: A Methodological Analysis of Expansive Learning among Pre-Service Teachers. *Frontline Learning Research*, 4(3), 1-27.
- Virkkunen, J. (2013). *The change laboratory: A tool for collaborative development of work and education*. Springer Science & Business Media