

# Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 13 (2024)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: ΠΡΑΚΤΙΚΑ

13<sup>ο</sup> ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Νέες Τάσεις και Έρευνα στη Μάθηση, τη Διδασκαλία  
και τις Τεχνολογίες στις Φυσικές Επιστήμες

10 - 12 Νοεμβρίου 2023



## ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Επιμέλεια έκδοσης:

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης, Γεώργιος Στύλος,

Γεωργία Βακάρου, Λεωνίδα Γαβριλάς, Δημήτρης Πανάγου



Ιωάννινα  
10 έως 12 Νοεμβρίου 2023



Από την περιστροφική στην ευθύγραμμη  
παλινδρομική κίνηση: Ρομποτικές κατασκευές  
Lego Mindstorms EV3

Γεώργιος Κρητικός, Αντώνιος Ματσίγκος

doi: [10.12681/codiste.6887](https://doi.org/10.12681/codiste.6887)

# ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ: ΡΟΜΠΟΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ LEGO MINDSTORMS EV3

Γεώργιος Κρητικός<sup>1</sup>, Αντώνιος Ματσίγκος<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ΕΔΙΠ ΤΕΠΑΕΣ Παν. Αιγαίου, <sup>2</sup>Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης

[gkritikos@aegean.gr](mailto:gkritikos@aegean.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη Φυσική του Λυκείου διδάσκονται τόσο η περιστροφική, όσο και η παλινδρομική κίνηση, όχι όμως και ο μετασχηματισμός της περιστροφικής σε παλινδρομική κίνηση, παρότι αυτός χρησιμοποιείται σε πληθώρα μηχανολογικών εφαρμογών. Με την παρούσα εργασία επιχειρήσαμε να διερευνήσουμε τη συνεισφορά των ρομποτικών κατασκευών με στόχο την ανάδειξη του μετασχηματισμού από την περιστροφική στην ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση. Η έρευνα είναι μία μελέτη περίπτωσης σε παιδιά της Β' τάξης Γενικού Λυκείου. Τα παιδιά κλήθηκαν να κατασκευάσουν διατάξεις που υλοποιούν τον εν λόγω μετασχηματισμό κινήσεων, χρησιμοποιώντας το πακέτο εκπαιδευτικής ρομποτικής Lego Mindstorms EV3. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, οι δραστηριότητες ρομποτικών κατασκευών φάνηκε να συμβάλλουν θετικά στο γνωστικό επίπεδο των παιδιών.

Λέξεις κλειδιά: Κατασκευαστικός εποικοδομισμός, Περιστροφή, Παλινδρόμηση

## FROM ROTATIONAL TO LINEAR RECIPROCATING MOTION: LEGO MINDSTORMS EV3 ROBOTIC CONSTRUCTIONS

Georgios Kritikos<sup>1</sup>, Antonios Matsigkos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty member, University of the Aegean, <sup>2</sup>Secondary School Teacher

[gkritikos@aegean.gr](mailto:gkritikos@aegean.gr)

## ABSTRACT

*In High School Physics, both rotational and reciprocating motion are taught, but not the transformation of rotational into reciprocating motion, although this transformation is used in many mechanical applications. With the present work, we attempted to investigate the contribution of robotic constructions with the aim of highlighting the transformation from rotary to linear reciprocating motion. The research is a case study in children of the 2<sup>nd</sup> grade of General High School. Children were asked to build constructions that implement this motion transformation, using the Lego Mindstorms EV3 educational robotics package. According to the results, robotic construction activities appeared to contribute positively to the cognitive level of children.*

**Keywords:** Constructionism, Rotation, Reciprocation

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα (ΑΠ) της Φυσικής στη Γ' τάξη Γενικού Λυκείου τα παιδιά διδάσκονται την απλή αρμονική ταλάντωση (αατ). Η εξίσωση της απομάκρυνσης στην αατ,  $x=A\eta\mu(\omega t+\varphi_0)$ , αν και περιγράφει μία ευθύγραμμη κίνηση περιέχει γωνιακά μεγέθη. Ένα αναπαραστατικό εργαλείο για τα κινηματικά-διανυσματικά μεγέθη, που χρησιμοποιείται συχνά κατά τη διδασκαλία των αατ, είναι το περιστρεφόμενο διάνυσμα. Σύμφωνα με αυτή την αναπαράσταση, ένα διάνυσμα μέτρου  $A$  έχει ως αρχή το σημείο αναφοράς ενός ορθογωνίου συστήματος συντεταγμένων. Το διάνυσμα περιστρέφεται αριστερόστροφα με σταθερή γωνιακή ταχύτητα  $\omega$ , ξεκινώντας από μία θέση με αρχική γωνία  $\varphi_0$ . Η προβολή του πέρατος του διανύσματος πάνω στον άξονα των τεταγμένων εκτελεί αατ με εξίσωση κίνησης  $x=A\eta\mu(\omega t+\varphi_0)$ . Παρότι η αναπαράσταση αυτή διευκολύνει σημαντικά την επίλυση ασκήσεων αατ, υπάρχει ο κίνδυνος τα παιδιά να μην αναγνωρίσουν τον μετασχηματισμό κινήσεων που προσφέρει το εργαλείο, αλλά να αποδώσουν στοιχεία της κίνησης του διανύσματος στην κίνηση του σώματος που εκτελεί αατ. Για παράδειγμα, η λανθασμένη φράση «το σώμα διέγραψε γωνία  $\pi/6$  rad», αντί της ορθής «η φάση της ταλάντωσης μεταβλήθηκε κατά  $\pi/6$  rad».

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η έρευνά μας πλαισιώνεται κυρίως από τη θεωρία μάθησης του κατασκευαστικού εποικοδομισμού του Papert (Papert & Harel, 1991), ο οποίος επέκτεινε τη θεωρία του εποικοδομισμού του Piaget εστιάζοντας στη σημασία των κατασκευών, είτε με απτά υλικά είτε σε ψηφιακούς μικρόκοσμους, όπως οι μικρόκοσμοι της γλώσσας προγραμματισμού Logo, που δημιουργήθηκε από τον ίδιο τον Papert. Με άλλα λόγια, ο κατασκευαστικός εποικοδομισμός δίνει έμφαση στη μάθηση μέσω του βιώματος και της εμπειρίας, κατά την οποία το παιδί είναι δημιουργός κατασκευών που σχετίζονται με το αντικείμενο της μάθησης. Ως δημιουργός, το παιδί μπορεί να χειρίζεται τα αντικείμενα των κατασκευών του και, συνεπώς, να ανακαλύπτει τη γνώση που σχετίζεται με τις κατασκευές του (Papert, 1993).

Σύμφωνα με τους Guastella και D'Amico (2020), όταν οι μαθητές/-τριες συμμετέχουν σε δραστηριότητες ρομποτικής, που εμπλέκουν έννοιες από τη Φυσική, κάποιοι/-ες επικεντρώνονται περισσότερο στην επίλυση προβλημάτων Φυσικής, ενώ άλλοι/-ες εστιάζουν περισσότερο στον προγραμματισμό του ρομπότ. Σε κάθε περίπτωση, όμως, φάνηκε μία βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών/-τριών που είχαν χαμηλότερες επιδόσεις.

Στην έρευνα των Church et al. (2010), η διδασκαλία εννοιών Φυσικής έγινε μέσα από δραστηριότητες ρομποτικής με το Lego Mindstorms. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους, αυτού του είδους οι δραστηριότητες δημιουργούν ένα αποτελεσματικό μαθησιακό περιβάλλον για εννοιολογική κατανόηση, καθώς οι μαθητές/-τριες σχεδιάζουν, κατασκευάζουν και δοκιμάζουν τις ρομποτικές τους διατάξεις.

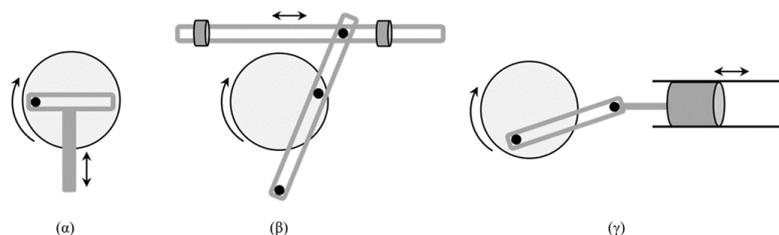
## ΕΡΕΥΝΑ

Στην παρούσα έρευνα επιχειρούμε να αναδείξουμε τον μετασχηματισμό της περιστροφικής κίνησης σε ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση, σε μαθητές/-τριες της Β΄ τάξης Γενικού Λυκείου. Επιλέξαμε αυτή την τάξη, αφενός γιατί δεν υπάρχει η πίεση των Πανελλαδικών εξετάσεων και, αφετέρου, διότι επιδιώκουμε τα παιδιά να εξοικειωθούν με τον μετασχηματισμό των κινήσεων πριν διδαχθούν το περιστρεφόμενο διάνυσμα στην επόμενη τάξη. Η έρευνά μας αποτελεί μία μελέτη περίπτωσης που υλοποιήθηκε στις αρχές του σχολικού έτους 2023-24 στην ενότητα της ομαλής κυκλικής κίνησης στο μάθημα της Φυσικής. Το δείγμα της έρευνας ήταν 4 παιδιά (3 κορίτσια, 1 αγόρι) της Β΄ τάξης Γενικού Λυκείου από την Ομάδα Θετικών Σπουδών. Το κεντρικό ερευνητικό ερώτημα της έρευνας ήταν: «Μπορούν οι ρομποτικές κατασκευές μαθητών/-τριών να συμβάλουν στην οικοδόμηση εννοιών της Φυσικής;». Παράλληλα, διερευνήσαμε την αποτίμηση της εμπειρίας των παιδιών από την ενασχόλησή τους με την κατασκευή των ρομποτικών διατάξεων και τις απόψεις τους για την ένταξη αυτών στη διδασκαλία της Φυσικής.

## Μέθοδος

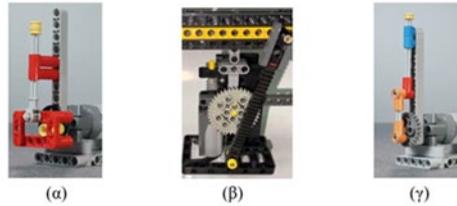
Προκειμένου να διερευνήσουμε το γνωστικό επίπεδο των παιδιών, αλλά και την πρότερη ενασχόλησή τους με ρομποτικές κατασκευές, σχεδιάσαμε ένα αρχικό ερωτηματολόγιο (pre-test, βλ. Παράρτημα), με 18 ερωτήσεις γνωστικού αντικειμένου, 5 ερωτήσεις σχετικά με την πρότερη ενασχόλησή τους και 2 ερωτήσεις σχετικά με τη γνώμη τους για τις ρομποτικές κατασκευές στο πλαίσιο της διδασκαλίας της Φυσικής. Με τα 18 ερωτήματα γνωστικού αντικειμένου επιδιώξαμε να ελέγξουμε τον βαθμό στον οποίο τα παιδιά εντοπίζουν τους συσχετισμούς και, ταυτόχρονα, τη διάκριση ανάμεσα στην περιστροφική και την παλινδρομική κίνηση. Τα ίδια 18 ερωτήματα γνωστικού αντικειμένου αποτέλεσαν το ερωτηματολόγιο που δόθηκε στα παιδιά μετά το πέρας των δραστηριοτήτων (post-test), ώστε να μετρηθεί η συμβολή των δραστηριοτήτων στην οικοδόμηση των εμπλεκόμενων γνώσεων. Πέρα από τα pre/post-tests, η συλλογή δεδομένων συμπληρώθηκε από βιντεοσκόπηση των μαθητών/-τριών κατά τη διάρκεια δημιουργίας των κατασκευών. Για την αποτίμηση της εμπειρίας των παιδιών και τις απόψεις τους σχετικά με την ένταξη ρομποτικών κατασκευών στη διδασκαλία της Φυσικής πραγματοποιήσαμε ατομικές ημιδομημένες συνεντεύξεις μετά το πέρας των δραστηριοτήτων και τη συμπλήρωση του post-test. Κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων, οι μαθητές/-τριες κλήθηκαν να δημιουργήσουν ρομποτικές κατασκευές, οι οποίες στοχεύουν στην ανάδειξη του μετασχηματισμού της περιστροφικής κίνησης σε ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση. Οι κατασκευές αυτές σχετίζονται με τον σκωτσέζικο ζυγό (scotch yoke), τον μηχανισμό γρήγορης επιστροφής Whitworth και την παλινδρομική κίνηση πιστονιού (Σχήμα 1).

Σχήμα 1. (α) Σκωτσέζικος ζυγός, (β) Μηχανισμός γρήγορης επιστροφής Whitworth, (γ) Παλινδρομική κίνηση πιστονιού.



Αρχικά, οι μαθητές/-τριες παρακολούθησαν βίντεο επίδειξης της λειτουργίας των τριών μηχανισμών περιστροφικής κίνησης μέσα από κατασκευές Lego (Εικόνα 1).

Εικόνα 1. Στιγμιότυπα από τα βίντεο επίδειξης των κατασκευών: (α) Σκωτσέζικος ζυγός, (β) Μηχανισμός γρήγορης επιστροφής Whitworth, (γ) Παλινδρομική κίνηση πιστονιού.

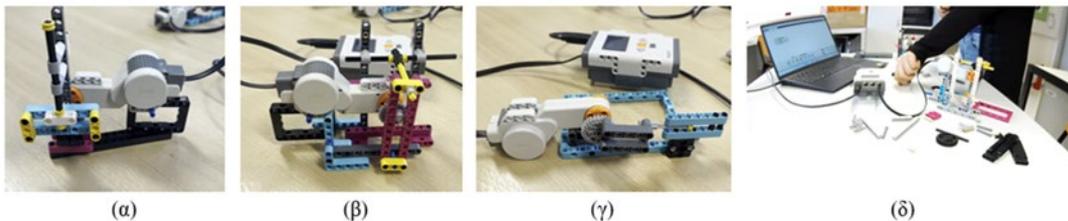


Στη συνέχεια, πραγματοποιήσαμε μία σύντομη επίδειξη του λογισμικού Lego Mindstorms EV3, ενώ τους δώσαμε έτοιμο τον απλό κώδικα που ρυθμίζει την ταχύτητα περιστροφής ενός κινητήρα ή/και τον χρόνο λειτουργίας του. Ακολούθως, τα παιδιά κλήθηκαν να δημιουργήσουν τις αντίστοιχες κατασκευές με δομικά υλικά Lego (Μικρούλης & Bellou, 2013) και τον προγραμματιζόμενο μικροεπεξεργαστή Lego Mindstorms EV3 controller. Το αγόρι κατασκεύασε τον μηχανισμό κίνησης του πιστονιού, ένα κορίτσι κατασκεύασε τον σκωτσέζικο ζυγό, ενώ δύο κορίτσια συνεργάστηκαν για την κατασκευή μηχανισμού γρήγορης επιστροφής Whitworth, καθώς κρίθηκε δυσκολότερος στην κατασκευή του συγκριτικά με τους άλλους δύο.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

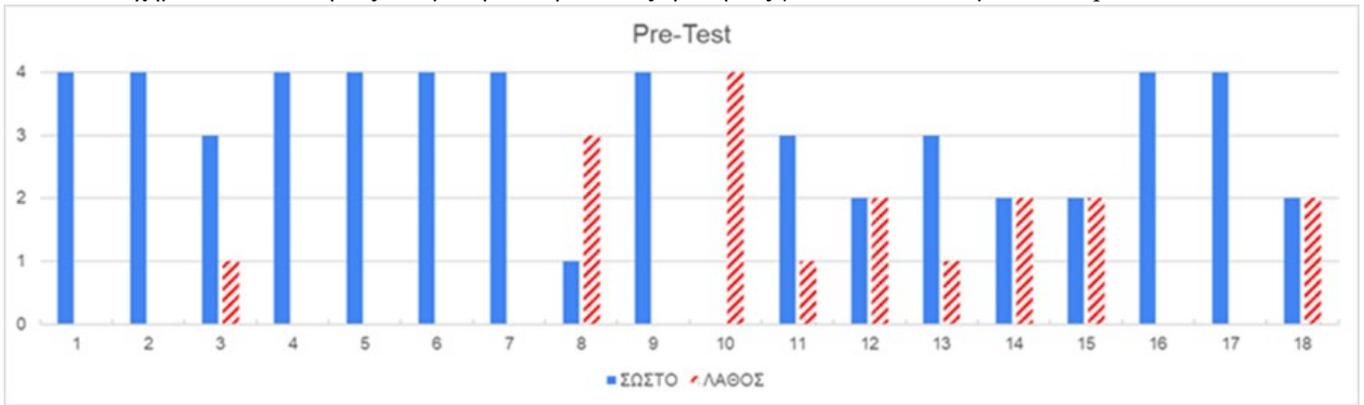
Στην εικόνα 2 φαίνονται τελικές κατασκευές των παιδιών και ένα στιγμιότυπο κατά τη διάρκεια της δημιουργίας των κατασκευών.

Εικόνα 2. Οι τελικές κατασκευές των παιδιών: (α) Σκωτσέζικος ζυγός, (β) Μηχανισμός γρήγορης επιστροφής Whitworth, (γ) Παλινδρομική κίνηση πιστονιού και (δ) Στιγμιότυπο κατά τη διάρκεια της δημιουργίας των κατασκευών.



Αναφορικά με τις ερωτήσεις γνωστικού αντικείμενου, σύμφωνα με το pre-test (Σχήμα 2), οι μαθητές/-τριες φάνηκε ότι είχαν αρκετά υψηλό γνωστικό επίπεδο. Το μόνο ερώτημα στο οποίο απάντησαν και οι τέσσερις λανθασμένα ήταν το ερώτημα 10 (Μια παλινδρομική κίνηση είναι περιοδική). Στο ερώτημα 8 (Μια περιοδική κίνηση ενός σώματος, μπορεί να έχει οποιαδήποτε τροχιά) υπήρξαν τρεις λανθασμένες απαντήσεις, ενώ δύο λανθασμένες απαντήσεις εντοπίστηκαν στα ερωτήματα 12, 14, 15 και 18. Τέλος, μία λανθασμένη απάντηση καταγράφηκε στα ερωτήματα 3 και 11.

Σχήμα 2. Οι απαντήσεις των μαθητών/-τριών στις ερωτήσεις γνωστικού αντικειμένου στο pre-test.



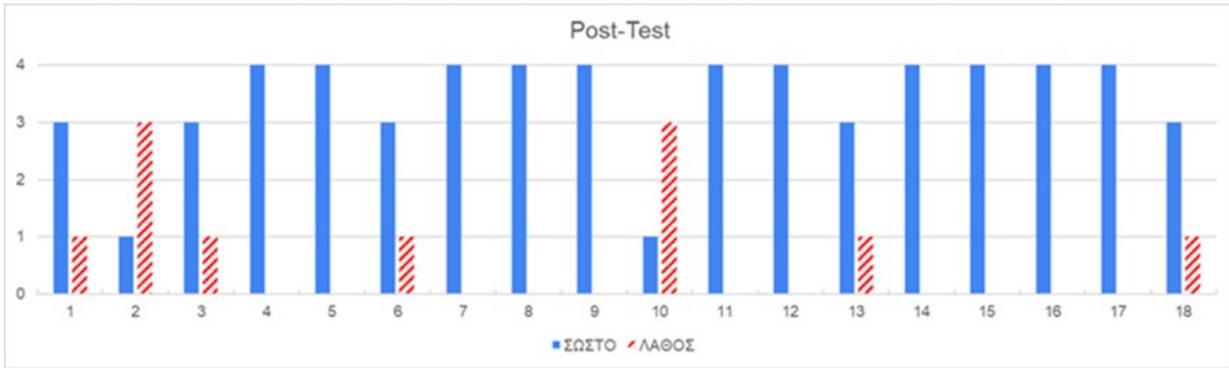
Στις ίδιες ερωτήσεις γνωστικού αντικειμένου στο post-test, οι απαντήσεις έδειξαν εν γένει βελτίωση (Σχήματα 3 και 4). Ωστόσο υπήρξαν και ερωτήματα στα οποία οι αρχικές ορθές απαντήσεις άλλαξαν σε λανθασμένες. Συγκεκριμένα, στο ερώτημα 10 που είχαν καταγραφεί μόνο λανθασμένες απαντήσεις στο pre-test, υπήρξε μία σωστή απάντηση στο post-test. Όπως φαίνεται, οι μαθητές/-τριες ακόμα και μετά τη δημιουργία των κατασκευών ταύτισαν την παλινδρομική με την περιοδική κίνηση. Η σημαντικότερη βελτίωση εντοπίστηκε στην ερώτηση 8, όπου όλες οι απαντήσεις στο post-test ήταν ορθές, ενώ στο pre-test ήταν μόνο μία. Σύμφωνα και με τα αποτελέσματα των συνεντεύξεων, τα παιδιά αρχικά θεωρούσαν ότι, περιοδική κίνηση είναι μόνο η κυκλική (πιθανόν επειδή μόνο αυτήν είχαν διδαχθεί ως περιοδική), ενώ μετά το πέρας των δραστηριοτήτων διαπίστωσαν ότι η περιοδικότητα εμφανίζεται ακόμα και σε ευθύγραμμες κινήσεις.

Θετική εξέλιξη υπήρξε και στα ερωτήματα 12, 14 και 15, όπου όλες οι απαντήσεις ήταν ορθές στο post-test, σε σχέση με τις δύο ορθές που είχαν καταγραφεί στο pre-test. Μικρότερη βελτίωση (αύξηση κατά μία ορθή απάντηση) σημειώθηκε στα ερωτήματα 11 (όλες ορθές απαντήσεις στο post-test) και 18 (τρεις ορθές απαντήσεις στο post-test).

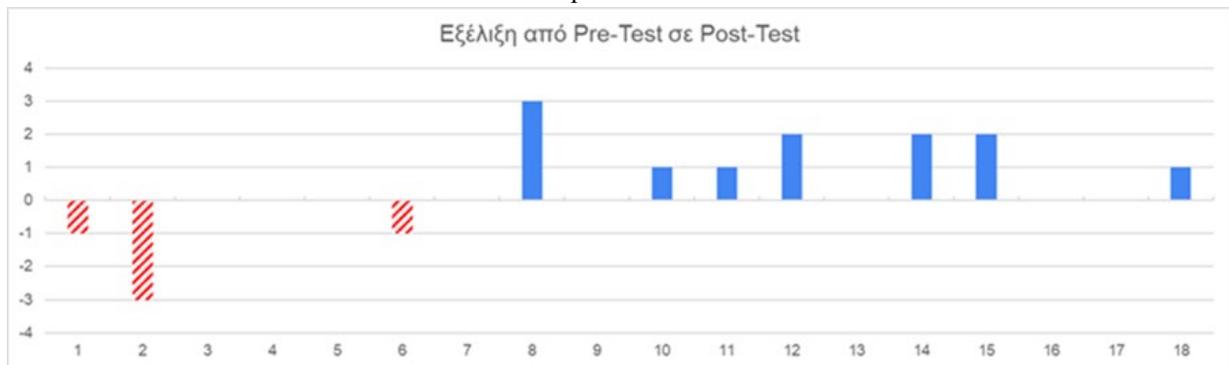
Από την άλλη, υπήρξαν τρία ερωτήματα στα οποία εντοπίστηκε αρνητική εξέλιξη. Στο ερώτημα 2 (*Περιοδική χαρακτηρίζεται μία κίνηση η οποία επαναλαμβάνεται αποκλειστικά με τον ίδιο τρόπο ανεξάρτητα από τον χρόνο που διαρκεί κάθε ολοκλήρωση του φαινομένου*), ενώ στο pre-test όλες οι απαντήσεις ήταν ορθές, στο post-test καταγράφηκαν τρεις λανθασμένες απαντήσεις. Ωστόσο, μέσα από τη συζήτηση κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων διαπιστώσαμε ότι τα παιδιά είχαν παρερμηνεύσει το νόημα του ερωτήματος. Συγκεκριμένα, θεώρησαν ότι το ερώτημα αναφερόταν στην περίπτωση αλλαγής της περιόδου μιας περιοδικής κίνησης, οδηγώντας σε νέα περιοδική κίνηση. Αυτή η παρερμηνεία προκλήθηκε από τη δυνατότητα που τους έδωσε το λογισμικό για παραμετρική μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής του μηχανισμού. Από την ίδια παρερμηνεία διαπιστώθηκε ότι προκλήθηκαν και οι άλλες δύο αρνητικές εξελίξεις που αφορούσαν στο ερώτημα 1 (*Περιοδική χαρακτηρίζεται μία κίνηση η οποία επαναλαμβάνεται αποκλειστικά σε ίσα χρονικά διαστήματα*) και στο ερώτημα 6 (*Για να χαρακτηριστεί ως περιοδική μια κυκλική κίνηση σταθερής ακτίνας ενός υλικού σημείου, πρέπει αυτό να διαγράφει κάθε πλήρη περιστροφή στο ίδιο χρονικό διάστημα με τις προηγούμενες*), όπου στο pre-test όλες οι απαντήσεις ήταν ορθές, ενώ στο post-test σημειώθηκε μία λανθασμένη απάντηση.

Συνολικά, πέραν της παρερμηνείας σχετικά με την παραμετρική μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής (και κατά συνέπεια της περιόδου), οι απαντήσεις των μαθητών/-τριών στα ερωτήματα γνωστικού αντικειμένου σημείωσαν θετική εξέλιξη μετά το πέρας των δραστηριοτήτων.

Σχήμα 3. Οι απαντήσεις των μαθητών/-τριών στις ερωτήσεις γνωστικού αντικειμένου στο post-test.



Σχήμα 4. Η εξέλιξη των απαντήσεων των μαθητών/-τριών στις ερωτήσεις γνωστικού αντικειμένου από το pre-test στο post-test.



Ως προς την εξοικείωση των μαθητών/-τριών, σύμφωνα με το pre-test, στα ερωτήματα σχετικά με την πρότερη ενασχόληση με ρομποτικές κατασκευές, κανένα από τα παιδιά δεν είχε ασχοληθεί, ούτε με Lego, ούτε με άλλες ρομποτικές κατασκευές. Παρατηρώντας τα βίντεο καταγραφής των δραστηριοτήτων, αλλά και σύμφωνα με τα σχετικά σχόλια των παιδιών κατά τις συνεντεύξεις, φαίνεται ότι η έλλειψη εξοικείωσης με τα υλικά Lego τους δυσκόλεψε. Ο μέσος χρόνος υλοποίησης των κατασκευών ξεπέρασε τη μία ώρα, ενώ πριν ξεκινήσουν τις κατασκευές είχαν εκτιμήσει ότι θα χρειαζόντουσαν λιγότερο από μία ώρα. Η σημαντικότερη δυσκολία εντοπίστηκε στη στατικότητα των κατασκευών. Συγκεκριμένα, τα παιδιά δυσκολεύτηκαν να καθορίσουν τα σημεία στα οποία έπρεπε να τοποθετηθούν αρθρώσεις, ώστε η κατασκευή να έχει ελευθερία στην περιστροφική κίνηση. Όταν χρησιμοποιούσαν σταθερούς συνδέσμους αντί των αρθρώσεων, τότε η κατασκευή έχανε τη στατικότητά της λόγω αδράνειας.

Τέλος, αναφορικά με την αποτίμηση της εμπειρίας τους, όπως δήλωσαν κατά τις συνεντεύξεις, όλα τα παιδιά χαρακτήρισαν πολύ ευχάριστη την εμπειρία τους. Κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων, όχι μόνο δεν μας ζητούσαν βοήθεια, αλλά συχνά δεν αποδεχόντουσαν την προσφερόμενη βοήθεια όταν παρατηρούσαμε κάποια δυσκολία στην εξέλιξη της κατασκευής. Παράλληλα, δήλωσαν ότι δεν είχαν συνειδητοποιήσει πόσο γρήγορα είχε παρέλθει ο χρόνος. Αυτό δείχνει ότι, τα παιδιά είχαν προσηλωθεί στη δημιουργία των κατασκευών. Επιπλέον, δήλωσαν ότι θα επιθυμούσαν να ενσωματωθούν αντίστοιχες δραστηριότητες ρομποτικών κατασκευών στο μάθημα της Φυσικής. Στο ερώτημα «Τι καινούργιο μάθατε ή σας έκανε εντύπωση;» ενδεικτική ήταν η απάντηση ότι, «Πίσω από μια ευθύγραμμη κίνηση μπορεί να κρύβεται μια κυκλική κίνηση, όπως η βελόνα της ραπτομηχανής ανεβοκατεβαίνει εξαιτίας μια κυκλικής κίνησης». Αυτό το παράδειγμα υπήρχε στο ερώτημα 17 των pre/post-tests και συνοδευόταν από μία σχετική εικόνα (βλ. Παράρτημα). Στο ερώτημα «Τι θα θέλατε

να είναι διαφορετικό σε μία επόμενη δραστηριότητα;» οι απαντήσεις υπερτόνισαν την ανάγκη για περισσότερο χρόνο εξοικείωσης με τα εξαρτήματα και το λογισμικό.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο μετασχηματισμός της περιστροφικής σε παλινδρομική κίνηση εμφανίζεται σε πληθώρα μηχανολογικών εφαρμογών. Ωστόσο, ο μετασχηματισμός αυτός δεν είναι ευδιάκριτος για τα παιδιά του Λυκείου. Στη Φυσική του Λυκείου διδάσκονται και τα δύο είδη κινήσεων, όχι όμως και ο μετασχηματισμός της μίας κίνησης στην άλλη. Στη Γ' τάξη του Γενικού Λυκείου, οι μαθητές/-τριες καλούνται να διαχειριστούν την εξίσωση κίνησης της αατ,  $x=A\eta\mu(\omega t+\phi_0)$ , η οποία εμπεριέχει γωνιακά-στροφικά μεγέθη, αλλά περιγράφει μία ευθύγραμμη κίνηση. Η εμφάνιση γωνιακών-στροφικών μεγεθών σε ευθύγραμμη κίνηση είναι πρωτόγνωρη για τα παιδιά, καθώς στην προηγούμενη τάξη έχουν διδαχθεί μεμονωμένα την κυκλική κίνηση. Αρκετοί/-ές μαθητές/-τριες της Γ' Λυκείου διδάσκονται το περιστρεφόμενο διάνυσμα ως εργαλείο αναπαράστασης της αατ, χωρίς να εμπεριέχεται ως διδακτικό αντικείμενο στο σχολικό βιβλίο της Φυσικής. Η εργαλειακή διαχείριση του περιστρεφόμενου διανύσματος ενδέχεται να οδηγήσει σε λανθασμένους συσχετισμούς ανάμεσα στην περιστροφική και την παλινδρομική κίνηση.

Θεωρούμε ότι μέσα από δραστηριότητες δημιουργίας ρομποτικών κατασκευών θα έχουν τη δυνατότητα να διαχειριστούν και να δράσουν πάνω στις κατασκευές τους, ενώ παράλληλα να οικοδομήσουν τους ορθούς συσχετισμούς ανάμεσα στις δύο κινήσεις. Βεβαίως, η ενσωμάτωση τέτοιων δραστηριοτήτων δεν αποτελεί απλή υπόθεση, καθώς απαιτείται χρόνος εξοικείωσης και ενασχόλησης των παιδιών με τα υλικά. Ωστόσο, σύμφωνα και με τους Ospennikova et al. (2015), η ενσωμάτωση της ρομποτικής στο περιεχόμενο των ΑΠ Φυσικής στο σχολείο, όχι μόνο δεν έρχεται σε σύγκρουση με τους υπάρχοντες στόχους των ΑΠ, αλλά τους ενισχύουν, καθώς ενεργοποιούν το ενδιαφέρον των μαθητών για μελέτη, βελτιώνουν τη μάθηση στη Φυσική, δημιουργούν θετική προδιάθεση των παιδιών απέναντι στη Φυσική και δημιουργούν προσδοκίες για μελλοντική ενασχόλησή τους με τη Φυσική και τη Μηχανική.

Τα αποτελέσματα της έρευνάς μας ευθυγραμμίζονται και με τα αποτελέσματα συναφών ερευνών (Church et al., 2010· Filippov et al., 2017), σύμφωνα με τους οποίους οι δραστηριότητες ρομποτικών κατασκευών με το Lego Mindstorms μπορούν να δημιουργήσουν ένα αποτελεσματικό μαθησιακό περιβάλλον για τη διδασκαλία εννοιών της Φυσικής. Σε αυτό το περιβάλλον έχουν σημαντική θέση οι διαδικασίες του σχεδιασμού, της κατασκευής και της πειραματικής δοκιμής. Μέσα από τις ρομποτικές κατασκευές οι μαθητές/-τριες φαίνεται να εστιάζουν την προσοχή τους σε λεπτομέρειες των κατασκευών, ανακαλύπτοντας τη σύνδεση ανάμεσα στη Φυσική που διδάσκονται και τις τεχνολογικές εφαρμογές της καθημερινότητας (Badeleh, 2021). Πέρα από το γνωστικό επίπεδο, η χαρά της δημιουργίας φάνηκε να έχει σημαντική θέση στην αποτίμηση των δραστηριοτήτων από τα παιδιά, κάτι το οποίο συμφωνεί και με τα αποτελέσματα ερευνών σε ευρύτερη κλίμακα (Breuch & Fislake, 2019).

Με την παρούσα έρευνα επιχειρήσαμε να διερευνήσουμε αν η εμπλοκή των μαθητών/-τριών σε δραστηριότητες ρομποτικών κατασκευών μπορεί να συμβάλει στην οικοδόμηση εννοιών της Φυσικής. Βεβαίως, το μικρό δείγμα της έρευνας δεν επιτρέπει τη γενίκευση των αποτελεσμάτων, κάτι το οποίο δεν αποτελούσε στόχο της έρευνας. Η έρευνα είχε πιλοτικό χαρακτήρα, ώστε να σχεδιάσουμε μελλοντικά αντίστοιχες έρευνες σε άλλες ενότητες της Φυσικής (πέραν της Κινηματικής), αλλά και σε μεγαλύτερο δείγμα μαθητών/-τριών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Badeleh, A. (2021). The effects of robotics training on students' creativity and learning in physics. *Education and Information Technologies*, 26(2), 1353–1365. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09972-6>
- Breuch, B., & Fislake, M. (2019). Bringing educational robotics into the classroom: Implications of a robotics promotion program. In Lepuschitz, W., Merdan, M., Koppensteiner, G., Balogh, R., Obdržálek, D. (Eds) *Robotics in Education: Methods and Applications for Teaching and Learning* (pp. 101–112). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-97085-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-97085-1_11)
- Church, W. J., Ford, T., Perova, N., & Rogers, C. (2010). Physics with robotics. Using LEGO MINDSTORMS in high school education. *2010 AAAI Spring symposium series*, 47–49.
- Filippov, S. A., Ten, N. G., & Fradkov, A. L. (2017). Teaching robotics in secondary school: examples and outcomes. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 12167–12172. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2147>
- Guastella, D., & D'Amico, A. (2020). Teaching Physics Concepts Using Educational Robotics. In M. Moro, D. Alimisis, L. Locchi (Eds.) *Educational Robotics in the Context of the Maker Movement* (pp. 214–218). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-18141-3\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18141-3_20)
- Mikropoulos, T. A., & Bellou, I. (2013). Educational robotics as mindtools. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 5–14. ISSN: EISSN-1792-8788
- Ospennikova, E., Ershov, M., & Iljin, I. (2015). Educational robotics as an innovative educational technology. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 214, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.588>
- Papert, S. (1993). *The children's machine: Rethinking school in the age of the computer*. BasicBooks. ISBN: 978-0465010639
- Papert, S., & Harel, I. (1991). Situating constructionism. *Constructionism*, 36(2), 1–11.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### Pre-Test | Post test

Παρακάτω, δίνονται οι ερωτήσεις του Pre-test και του Post-Test. Στις ερωτήσεις 1 έως και 17, οι ενδεχόμενες απαντήσεις ήταν: (i) Η πρόταση είναι σωστή, (ii) Η πρόταση είναι λανθασμένη, (iii) Δεν γνωρίζω. Στην ερώτηση 18: (i) Ομαλή κυκλική, (ii) Παλινδρομική, (iii) Δεν γνωρίζω. Στις ερωτήσεις 19 έως και 23: (i) Αρκετές φορές, (ii) Λίγες φορές, (iii) Καθόλου. Στις ερωτήσεις 24 και 25: (i) 1 (Καθόλου), (ii) 2, (iii) 3, (iv) 4, (v) 5 (Πάρα πολύ). Στο Post-test δόθηκαν μόνο οι ερωτήσεις γνωστικού πεδίου 1 έως και 18.

1. Περιοδική χαρακτηρίζεται μία κίνηση η οποία επαναλαμβάνεται αποκλειστικά σε ίσα χρονικά διαστήματα.
2. Περιοδική χαρακτηρίζεται μία κίνηση η οποία επαναλαμβάνεται αποκλειστικά με τον ίδιο τρόπο ανεξάρτητα από τον χρόνο που διαρκεί κάθε ολοκλήρωση του φαινομένου.
3. Κάθε κυκλική κίνηση ενός υλικού σημείου είναι πάντα περιοδική κίνηση.
4. Η ομαλή κυκλική κίνηση υλικού σημείου είναι περιοδική κίνηση.
5. Για να είναι περιοδική μία κίνηση ενός υλικού σημείου και να της αποδίδουμε συχνότητα, πρέπει η τροχιά του να είναι αποκλειστικά κυκλική.
6. Για να χαρακτηριστεί ως περιοδική μια κυκλική κίνηση σταθερής ακτίνας ενός υλικού σημείου, πρέπει αυτό να διαγράφει κάθε πλήρη περιστροφή στο ίδιο χρονικό διάστημα με τις προηγούμενες.
7. Είναι δυνατόν μία ευθύγραμμη κίνηση ενός υλικού σημείου να είναι περιοδική και να της αποδίδουμε συχνότητα.

8. Μια περιοδική κίνηση ενός σώματος, μπορεί να έχει οποιαδήποτε τροχιά.
9. Μια επαναλαμβανόμενη κίνηση «μπρος-πίσω» κατά μήκος μίας ευθύγραμμης διεύθυνσης χαρακτηρίζεται παλινδρομική.
10. Μια παλινδρομική κίνηση είναι περιοδική.
11. Μια παλινδρομική κίνηση της οποίας η κλειστή διαδρομή ολοκληρώνεται στον ίδιο χρόνο και με τον ίδιο τρόπο κάθε φορά, είναι περιοδική.
12. Η ομαλή κυκλική κίνηση ενός υλικού σημείου (ή εναλλακτικά «η ομαλή στροφική κίνηση ενός στερεού σώματος»), μπορεί να προκαλέσει την παλινδρομική κίνηση ενός άλλου υλικού σημείου (ή στερεού σώματος).
13. Μια ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση ενός υλικού σημείου (ή στερεού σώματος), μπορεί να προκαλέσει την περιστροφική κίνηση ενός άλλου συστήματος με το οποίο αλληλεπιδρά κατάλληλα.
14. Η ομαλή κυκλική κίνηση ενός υλικού σημείου (ή εναλλακτικά «η ομαλή στροφική κίνηση ενός στερεού σώματος»), και η παλινδρομική κίνηση ενός άλλου υλικού σημείου (ή σώματος) είναι κινήσεις οι οποίες δεν μπορούν να συσχετιστούν.
15. Επειδή τα στροφικά μεγέθη, όπως είναι η γωνιακή μετατόπιση και τα αντίστοιχα μεταφορικά μεγέθη, όπως είναι το μήκος του διανυόμενου τόξου, στην ομαλή κυκλική κίνηση συνδέονται μεταξύ τους θα μπορούσε να υποθέσει κανείς πως είναι δυνατόν να υπάρξει σύνδεση μεταξύ μιας ομαλής κυκλικής κίνησης και μιας περιοδικής παλινδρομικής κίνησης με κατάλληλους μετασχηματισμούς.
16. Το πιστόνι στο εσωτερικό του κυλίνδρου ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης εκτελεί παλινδρομική κίνηση.
17. Η βελόνα μιας ραπτομηχανής εκτελεί παλινδρομική κίνηση.
18. Στην εικόνα του σχήματος βλέπουμε έναν στρεφόμενο δίσκο με σταθερή γωνιακή συχνότητα  $\omega$ . Ο δίσκος φέρει πάνω του στυλοβάτη (μικρό σώμα) προσαρμοσμένο ακλόνητα πάνω στην περιφέρεια του δίσκου. Καθώς ο δίσκος με τον στυλοβάτη περιστρέφονται στο κατακόρυφο επίπεδο ως ενιαίο στερεό σύστημα σωμάτων με κατάλληλη εξωτερική διέγερση, φωτίζεται από λαμπτήρες, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα. Η κίνηση της σκιάς του στυλοβάτη στο οριζόντιο δάπεδο είναι:



19. Έχετε εμπλακεί με δραστηριότητες που περιλαμβάνουν μη ρομποτικές κατασκευές Lego;
20. Έχετε εμπλακεί με δραστηριότητες που περιλαμβάνουν ρομποτικές κατασκευές Lego;
21. Έχετε εμπλακεί με δραστηριότητες που χρησιμοποιούν γλώσσα προγραμματισμού Scratch;
22. Έχετε εμπλακεί σε ατομικές δραστηριότητες που περιλαμβάνουν: κατασκευές Lego, ρομποτική Lego, γλώσσα προγραμματισμού Scratch ή συνδυασμό αυτών;
23. Έχετε εμπλακεί σε ομαδικές δραστηριότητες που περιλαμβάνουν: κατασκευές Lego, ρομποτική Lego, γλώσσα προγραμματισμού Scratch ή συνδυασμό αυτών;
24. Πιστεύετε πως η εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες κατασκευαστικού πλαισίου τύπου Lego, τους βοηθούν στο να καλλιεργούν και να οικοδομούν δεξιότητες που σχετίζονται με τα αντικείμενα της μάθησης (για παράδειγμα δεξιότητες μηχανικής στο μάθημα της Φυσικής);

25. Πιστεύετε πως η εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες κατασκευαστικού πλαισίου τύπου ρομποτικής Lego, τους βοηθούν να καλλιεργούν και να οικοδομούν δεξιότητες που σχετίζονται με τα αντικείμενα της μάθησης (έννοιες που πραγματεύονται αντικείμενα, όπως για παράδειγμα η Φυσική και η Πληροφορική);