



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Εκπαίδευση STEM και Συστήματα Εκπαιδευτικών Ρομποτικών Διατάξεων»

Διπλωματική Εργασία

Η εκπαιδευτική ρομποτική στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το γνωστικό αντικείμενο της
Φυσικής.

Γιώργος Τσιούστας (Α.Μ.: 7981240221041)

Επιβλέπων καθηγητής: Αριστοτέλης Γκιόλμας

Αθήνα, Ιούνιος 2024

© ΕΚΠΑ, 2023

Η παρούσα Εργασία καθώς και τα αποτελέσματα αυτής, αποτελούν συνιδιοκτησία του ΠΤΔΕ-ΕΚΠΑ και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης, αναπαραγωγής και αναδιανομής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα της Εργασίας καθώς και το όνομα του ΠΤΔΕ-ΕΚΠΑ όπου εκπονήθηκε.



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

**Η εκπαιδευτική ρομποτική στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση:
Παρουσίαση και επισκόπηση των εργαλείων και των
διδασκτικών προσεγγίσεων για το γνωστικό αντικείμενο της
Φυσικής.**

Γιώργος Τσιούστας

Επιτροπή Επίβλεψης Πτυχιακής / Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:
Αριστοτέλης Γκιόλμας
Επίκουρος Καθηγητής -
Παιδαγωγικό Τμήμα
Δημοτικής Εκπαίδευσης -
Αριστοτέλειο
Πανεπιστήμιο
Θεσσαλονίκης

Συν-Επιβλέπων
Καθηγητής:
Κωνσταντίνος
Σκορδούλης -
Καθηγητής και
Πρόεδρος -
Παιδαγωγικό τμήμα
Δημοτικής
Εκπαίδευσης Αθηνών
– Εθνικό και
Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

Συν-Επιβλέπουσα
Καθηγήτρια:
Χαρά Παπουτσή -
Διδάκτωρ
Πανεπιστημίου Αιγαίου
– Εξωτερικός
συνεργάτης - Εθνικό και
Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

Αθήνα, Ιούνιος 2024

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

*«Η εργασία αυτή αφιερώνεται σε όλους εκείνους τους εκπαιδευτικούς που αγωνίζονται
καθημερινά για να διαμορφώσουν τους ανθρώπους του αύριο»*

Περίληψη

Αυτή η συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση διερευνά τη χρήση συγκεκριμένων - και των πλέον δημοφιλών - εργαλείων εκπαιδευτικής ρομποτικής (Arduino, Lego WeDo, Lego Mindstorms, Lego Spike, Micro:bit) για τη διδασκαλία της Φυσικής –και των εννοιών της φυσικής στην πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση. Η έρευνα στοχεύει να απαντήσει σε ποιο βαθμό χρησιμοποιούνται αυτά τα ρομποτικά εργαλεία για τη διδασκαλία συγκεκριμένων εννοιών της φυσικής, εάν υπάρχει σημαντική διαφορά στα μοτίβα χρήσης αυτών των εργαλείων στην πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση και τέλος, αν καθένα από αυτά τα ρομποτικά εργαλεία δίνουν έμφαση στην ανάπτυξη διακριτών δεξιοτήτων των μαθητών.

Αναλύονται άρθρα περιοδικών με κριτές που δημοσιεύθηκαν στα αγγλικά τα τελευταία οκτώ χρόνια. Θα γίνει αναζήτηση πολλών βάσεων δεδομένων (π.χ. Google Scholar, ERIC, ScienceDirect) με χρήση Boolean τελεστών για τη στόχευση μελετών σχετικά με την "εκπαιδευτική ρομποτική" και την "εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες" (με έμφαση στη φυσική), αναφέροντας συγκεκριμένα τα αναφερόμενα ρομποτικά εργαλεία.

Τα αυστηρά κριτήρια επιλογής θα εξασφαλίσουν έρευνα υψηλής ποιότητας σχετικά με την εφαρμογή αυτών των εργαλείων. Η ανασκόπηση αναμένεται να αποκαλύψει την επικράτηση και την αποτελεσματικότητα κάθε εργαλείου σε διαφορετικά επίπεδα εκπαίδευσης και επιστημονικές έννοιες. Θα εξετάσει επίσης τη δυνατότητα αυτών των εργαλείων να καλλιεργήσουν συγκεκριμένες δεξιότητες των μαθητών στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών.

Αυτή η έρευνα αναγνωρίζει τις πιθανές προκλήσεις που σχετίζονται με την εφαρμογή της εκπαιδευτικής ρομποτικής στις τάξεις, όπως οι ανάγκες κατάρτισης εκπαιδευτικών και οι

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

δυσκολίες ένταξης στο πρόγραμμα σπουδών. Ωστόσο, κατανοώντας τα τρέχοντα μοτίβα χρήσης και τα πιθανά οφέλη, αυτή η μελέτη στοχεύει να συμβάλει στο αυξανόμενο σύνολο γνώσεων σχετικά με τον πολλά υποσχόμενο ρόλο της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην εκπαίδευση επιστημών κυρίως στην πρωτοβάθμια αλλά και στη δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση.

Αυτή η ανασκόπηση στοχεύει να αποκαλύψει τον βαθμό στον οποίο χρησιμοποιούνται διάφορα εργαλεία εκπαιδευτικής ρομποτικής (Arduino, Lego WeDo, Lego Mindstorms, Lego Spike, Micro:bit) για τη διδασκαλία συγκεκριμένων εννοιών φυσικής στην πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Τα ευρήματα δείχνουν ότι εργαλεία όπως το Arduino μπορούν να αντιμετωπίσουν ένα ευρύ φάσμα εννοιών όπως ο ηλεκτρισμός, το φως και ο ήχος στην δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση, ενώ τα Lego WeDo, Lego Spike και Micro:bit φαίνονται πιο διαδεδομένα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση για την εισαγωγή της μηχανικής, της κίνησης, των βασικών αρχών της φυσικής και περιβαλλοντικά ζητήματα. Επιπλέον, η ανάλυση αυτή προσδιορίζει πώς αυτά τα εργαλεία καλλιεργούν τις δεξιότητες των μαθητών στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών. Οι μελέτες δείχνουν ότι αυτά τα εργαλεία μπορούν να προωθήσουν την επίλυση προβλημάτων, την κριτική σκέψη, την ομαδική εργασία και τον πειραματισμό μέσω πρακτικών δραστηριοτήτων. Αυτό ευθυγραμμίζεται με μια κονστρουκτιβιστική προσέγγιση μάθησης, όπου οι μαθητές εμπλέκονται ενεργά με έννοιες της φυσικής, οδηγώντας δυνητικά σε βελτιωμένη κατανόηση και αυξημένο ενδιαφέρον των μαθητών για την εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών.

Λέξεις – Κλειδιά

Εργαλεία εκπαιδευτικής ρομποτικής, Εκπαίδευση STEM, Φυσικές Επιστήμες, Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, Μαθησιακά Αποτελέσματα

Abstract

This systematic literature review investigates the use of educational robotics tools (Arduino, Lego WeDo, Lego Mindstorms, Lego Spike, Micro:bit) to teach natural sciences and physics concepts in primary, secondary and higher education. The research aims to answer to what extent are these robotic tools used to teach specific physics concepts, if there is a significant difference in usage patterns of these tools across K-12 education levels and lastly if each of these robotic tools emphasize the development of distinct student skills.

Peer-reviewed articles published in English within the last eight years will be analyzed. Multiple databases (e.g., Google Scholar, ERIC, ScienceDirect) will be searched using Boolean operators to target studies on "educational robotics" and "natural sciences education" (with a focus on physics), specifically mentioning the listed robotic tools.

Rigorous selection criteria will ensure high-quality research on the application of these tools. The review is expected to reveal the prevalence and effectiveness of each tool across different grade levels and science concepts. It will also examine the potential for these tools to cultivate specific student skills in science learning.

This research acknowledges the potential challenges associated with implementing educational robotics in classrooms, such as teacher training needs and curriculum integration difficulties. However, by understanding the current usage patterns and potential benefits, this study aims to contribute to the growing body of knowledge on the promising role of educational robotics in K-12 and higher science education.

This review anticipates revealing the extent to which various educational robotics tools (Arduino, Lego WeDo, Lego Mindstorms, Lego Spike, Micro:bit) are utilized to teach

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

specific physics concepts across K-12 and higher education. The findings demonstrate that tools like Arduino can address a broad range of concepts like electricity, light, and sound in higher education while Lego WeDo, Lego Spike, and Micro:bit seem more prevalent in primary education for introducing mechanics, motion, basic physics principles and environmental issues. Furthermore, the analysis identifies how these tools cultivate student skills in science learning. Studies suggest these tools can promote problem-solving, critical thinking, teamwork, and experimentation through hands-on activities. This aligns with a constructivist learning approach, where students actively engage with physics concepts, potentially leading to improved understanding and increased student interest in science education.

Keywords

Educational Robotic tools, STEM Education, Physics Education, K-12 Education, Learning Outcomes

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	iv
Abstract	vi
Περιεχόμενα	viii
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	ix
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	x
Εισαγωγή.....	1
1. Θεωρητικό μέρος – Επισκόπηση της βιβλιογραφίας.....	11
1.1 Ρομποτική στην εκπαίδευση	11
1.2 Η εκπαιδευτική ρομποτική στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση	12
1.3 Εκπαιδευτικά ρομποτικά εργαλεία.....	14
1.4 Εκπαιδευτική ρομποτική στις φυσικές επιστήμες.....	16
2. Εργαλεία και Δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής στις Φυσικές Επιστήμες	18
2.1 Arduino	18
2.1.1 Arduino και Ηλεκτρισμός	18
2.1.2 Arduino και Ήχος.....	19
2.1.3 Arduino και Μηχανική.....	19
2.1.4 Arduino και Φως	20
2.1.5 Arduino και Θερμοκρασία – Θερμότητα	21
2.1.6 Arduino και Περιβάλλον.....	23
2.1.8 Συμπεράσματα	24
2.2 Lego WeDo	25
2.2.1 Lego WeDo Μηχανική και Ενέργεια	25
2.3 Lego Mindstorm.....	26
2.3.1 Lego Mindstorm και μηχανική.....	26
2.3.2 Lego Mindstorm και φως	28
2.3.3 Lego Mindstorm και ενέργεια.....	29
2.4 Lego Spike	32
2.4.1 Lego Spike και μηχανική	32
2.5 Micro:bit.....	36
2.5.1 Micro:bit και ήχος	36
2.5.2 Micro:bit περιβάλλον και ενέργεια	37
2.5.3 Micro:bit και θερμοκρασία – θερμότητα	38
2.5.4 Micro:bit ηλεκτρισμός και φως.....	39
2.5.5 Micro:bit και πειράματα Φυσικής.....	41
2.5.6 Micro:bit συμπεράσματα	42

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

3. Σκοπός και στόχοι της έρευνας	44
4. Μεθοδολογία	47
5. Αποτελέσματα	56
6. Συζήτηση - Συμπεράσματα.	83
Βιβλιογραφία.....	89
Παράρτημα Α: «Άρθρα ανασκόπησης»	98

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Σχήμα 1	54
Σχήμα 2	55
Σχήμα 3	59
Σχήμα 4	61
Σχήμα 5	65
Σχήμα 6	69
Σχήμα 7	71
Σχήμα 8	74
Σχήμα 9	78

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΔΕ	Διπλωματική Εργασία
ΕΡ	Εκπαιδευτική Ρομποτική
ΦΕ	Φυσικές Επιστήμες
ΡΕ	Ρομποτικό Εργαλείο
ΠΕ	Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
ΔΕ	Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
ΤΕ	Τριτοβάθμια Εκπαίδευση

Εισαγωγή

I. Συνοπτικά το θέμα της Διπλωματικής Εργασίας.

Ο τομέας της εκπαίδευσης εξελίσσεται συνεχώς, αγκαλιάζοντας τις νέες τεχνολογίες για την ενίσχυση των μαθησιακών εμπειριών. Μια τέτοια συναρπαστική εξέλιξη είναι η ενσωμάτωση της εκπαιδευτικής ρομποτικής στα προγράμματα σπουδών των φυσικών επιστημών. Αυτά τα ρομπότ, που κυμαίνονται από φιλικές προς τον χρήστη (π.χ. Lego WeDo) έως πιο σύνθετες πλακέτες (π.χ. Arduino), δεν είναι μόνο απλά παιχνίδια. Πλέον αλλάζουν τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές ασχολούνται με τις φυσικές επιστήμες και τις έννοιες της φυσικής.

II. Η σημασία και η σπουδαιότητα του θέματος.

Ένας αυξανόμενος όγκος έρευνας υποστηρίζει την αποτελεσματικότητα της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην εκπαίδευση των επιστημών. Μελέτες δείχνουν ότι αυτά τα εργαλεία μπορούν να βελτιώσουν την κατανόηση των επιστημονικών αρχών των μαθητών σε διάφορα επίπεδα τάξης (Erpič et al., 2017). Για παράδειγμα, η έρευνα των Komis et al. (2013) διαπίστωσε ότι η χρήση του Lego Mindstorms στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση οδήγησε σε μια βαθύτερη κατανόηση των μηχανικών εννοιών και σε βελτιωμένες δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Ομοίως, οι Rauf και Hamza (2014) κατέδειξαν τη θετική επίδραση του Arduino στην κατανόηση των εννοιών της φυσικής από τους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, όπως ο ηλεκτρισμός και το φως.

Τα οφέλη εκτείνονται πέρα από τη βελτιωμένη γνώση του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών. Η εκπαιδευτική ρομποτική προωθεί την ανάπτυξη κρίσιμων δεξιοτήτων απαραίτητων για την επιστημονική εξερεύνηση. Οι μαθητές που χρησιμοποιούν αυτά τα

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

εργαλεία συμμετέχουν σε πρακτικές δραστηριότητες, προωθώντας τον πειραματισμό, τη συλλογή δεδομένων και τις δεξιότητες κριτικής σκέψης (Benitti, 2012). Η συνεργατική φύση πολλών έργων ρομποτικής ενθαρρύνει την ομαδική εργασία και την επικοινωνία, πολύτιμα πλεονεκτήματα σε επιστημονικές προσπάθειες (Eguchi, 2014).

Ενώ οι δυνατότητες της εκπαιδευτικής ρομποτικής είναι αναμφισβήτητες, εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις. Η κατάρτιση των εκπαιδευτικών και η αποτελεσματική ενσωμάτωση του προγράμματος σπουδών είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχή εφαρμογή (Morales & Moreno-León, 2015). Επιπλέον, το κόστος αυτών των εργαλείων μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο για ορισμένα σχολεία.

III. Πρωτοτυπία της παρούσας μελέτης.

Ενώ τα συγκεκριμένα ευρήματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα κάθε ρομποτικού εργαλείου ευθυγραμμίζονται με την υπάρχουσα έρευνα, η πρωτοτυπία των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας βρίσκεται στις ακόλουθες πτυχές:

Περιεκτικότητα: Η ανάλυσή κάλυψε μια σειρά ρομποτικών εκπαιδευτικών εργαλείων (Arduino, Lego WeDo, Mindstorms, Spike Prime, Micro:bit) που χρησιμοποιούνται σε διαφορετικά εκπαιδευτικά επίπεδα (πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια, τριτοβάθμια εκπαίδευση). Αυτό παρέχει μια ευρύτερη προοπτική σε σύγκριση με μελέτες που επικεντρώνονται σε μια ενιαία πλατφόρμα ή ηλικιακή ομάδα.

Εστίαση σε συγκεκριμένες έννοιες: Προσδιορίστηκαν οι συγκεκριμένες επιστημονικές έννοιες που αντιμετωπίζει κάθε εργαλείο (π.χ. ηλεκτρισμός, μηχανική, κίνηση). Αυτή η λεπτομερής ανάλυση μπορεί να είναι χρήσιμη για εκπαιδευτικούς που θέλουν να στοχεύσουν συγκεκριμένους μαθησιακούς στόχους.

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Συνδυασμένη ανάλυση: Ενώ οι ίδιες οι μελέτες μπορεί να έχουν αναφέρει παρόμοια ευρήματα, η ανάλυσή αυτή συνδύασε τα αποτελέσματα για να παρέχει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα του τρόπου με τον οποίο αυτά τα εργαλεία χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά σε διαφορετικά περιβάλλοντα.

IV. Περίληψη των κεφαλαίων.

Το πρώτο κεφάλαιο διερευνά την Εκπαιδευτική Ρομποτική (ΕΡ) και τις δυνατότητές της να μεταμορφώσει τη μάθηση (Angel-Fernandez & Vincze). Η ΕΡ ενσωματώνει τα ρομπότ σε μαθήματα που καθοδηγούνται από μεθόδους διδασκαλίας για να ενισχύσουν τις εμπειρίες της επιστήμης και της μηχανικής (Miller & Nourbakhsh, 2016). Οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά στην κατασκευή και τον προγραμματισμό ρομπότ, ενισχύοντας μια βαθύτερη κατανόηση (Miller & Nourbakhsh, 2016). Οι προκλήσεις περιλαμβάνουν την ενσωμάτωση της ΕΡ σε προγράμματα σπουδών και την προσαρμογή ρομπότ για διαφορετικούς μαθητές (Screpanti et al., 2021; Alimisis & Kynigos, 2009). Μελέτες έχουν δείξει την αποτελεσματικότητα της ΕΡ στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, προάγοντας τη συνεργασία και την επίλυση προβλημάτων (Kyriazopoulos et al.). Ωστόσο, η συνεχής υποστήριξη των εκπαιδευτικών είναι ζωτικής σημασίας (Tzagkaraki et al., 2021). Το κεφάλαιο κάνει επίσης μια ανασκόπηση των δημοφιλών εκπαιδευτικών ρομποτικών εργαλείων, επισημαίνοντας τα δυνατά τους σημεία: την ευελιξία του Arduino (Sapounidis & Alimisis, 2020), τη φιλικότητα προς τους αρχάριους του Micro:bit (Sapounidis & Alimisis, 2020) και την ευελιξία του LEGO Mindstorms (Davcev 201, et al.). Συμπερασματικά, η ΕΡ προσφέρει μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για τη συμμετοχή των μαθητών, ιδιαίτερα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση και τις φυσικές επιστήμες (Anwar et al., 2019). Αν και υπάρχουν προκλήσεις, τα πιθανά οφέλη φαίνεται να υπερτερούν (Felicia & Sharif, 2014).

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Το δεύτερο κεφάλαιο διερευνά πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα εργαλεία εκπαιδευτικής ρομποτικής για τη διδασκαλία διαφόρων επιστημονικών εννοιών, σε ποιο επίπεδο εκπαίδευσης και με ποια οφέλη για τους μαθητές. Το Arduino, ένα δημοφιλές εργαλείο εκπαιδευτικής ρομποτικής, ενισχύει τη μάθηση των επιστημών σε διάφορους κλάδους (Salar, 2022). Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του Arduino είναι η ευελιξία του, καθιστώντας το κατάλληλο για πρακτική εξερεύνηση σε ένα ευρύ φάσμα θεμάτων επιστήμης, όπως η ηλεκτρική ενέργεια, ο ήχος, η μηχανική, το φως, ακόμη και η περιβαλλοντική επιστήμη (Ntourou et al., 2021; Yasin et al. ., 2018; Koray & Duman, 2022. Οι μαθητές μπορούν να κατασκευάσουν κυκλώματα, ρομποτικά αυτοκίνητα εξοπλισμένα με αισθητήρες και μοντέλα για τη μέτρηση της παραγωγής ηλιακής ενέργειας ή της ανάπτυξης των φυτών (Pusch et al., 2021; Öztürk & ÖZDEMİR, 2020). Αυτές οι δραστηριότητες τους επιτρέπουν να εξερευνήσουν επιστημονικές έννοιες με πρακτικό τρόπο, ενθαρρύνοντας μια βαθύτερη κατανόηση από τις παραδοσιακές προσεγγίσεις στην τάξη. Πέρα από την απόκτηση γνώσεων περιεχομένου, οι δραστηριότητες του Arduino μπορούν να καλλιεργήσουν δεξιότητες κριτικής σκέψης και επίλυσης προβλημάτων καθώς οι μαθητές καταπιάνονται με την κατασκευή και τον προγραμματισμό των έργων τους (Koray & Duman, 2022). Η ελκυστική και διαδραστική φύση των δραστηριοτήτων που βασίζονται στο Arduino έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει το ενδιαφέρον και τα κίνητρα των μαθητών για την επιστήμη (Souza & Duarte, 2015; Öztürk & ÖZDEMİR, 2020). Τελικά, μετατρέποντας τα μαθήματα επιστήμης σε ελκυστικές, πρακτικές εμπειρίες, το Arduino δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να μάθουν όχι μόνο για επιστημονικές έννοιες αλλά και να βιώσουν τη χαρά της ανακάλυψης και της καινοτομίας.

Τα Lego Mindstorms, Spike και Lego WeDo είναι πλατφόρμες ρομποτικής που ενισχύουν τη μάθηση της επιστήμης σε πολλές ηλικίες (Vlachogianni, 2016; Petrovič, 2021). Προωθούν την πρακτική εξερεύνηση, την επίλυση προβλημάτων και τη συνεργασία, ενισχύοντας την επιστημονική κατανόηση και πολύτιμες δεξιότητες (Pinto-Llorente et al.,

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

2016; D'Amico et al., 2020). Το Lego WeDo εισάγει τους μικρούς μαθητές σε βασικές έννοιες της μηχανικής μέσα από δραστηριότητες όπως το «Dancing Birds» (Βλαχογιάννη, 2016). Αυτή η παιγνιώδης προσέγγιση χτίζει τα θεμέλια για μελλοντική διερεύνηση STEM. Το Lego Mindstorms EV3 απευθύνεται σε ένα ευρύτερο φάσμα μαθητών. Οι μελέτες δείχνουν την αποτελεσματικότητά του στη διδασκαλία των εννοιών της φυσικής όπως η τριβή και η μεταφορά ενέργειας (Puspitasari & Indratno, 2021; Ngugi et al., 2016). Οι μαθητές κατασκευάζουν ενεργά ρομπότ, διεξάγουν πειράματα και αναλύουν δεδομένα, ενισχύοντας την επιστημονική γνώση και τις δεξιότητες ομαδικής εργασίας (Ngugi et al., 2016; Guastella & D'Amico, 2020). Το Lego Mindstorms μπορεί ακόμη και να εμβαθύνει σε πολύπλοκα θέματα όπως το φως και η πυρηνική φυσική (Panagiotou & Eteokleous-Grigoriou, 2016; Cocolios et al., 2017). Το Lego Spikes Prime είναι ένα άλλο πολύτιμο εργαλείο για τα δημοτικά σχολεία, προσφέροντας πρακτικά πειράματα σε τομείς όπως η ταχύτητα και το κέντρο βάρους (Petrovič, 2021). Οι μαθητές κατασκευάζουν ρομπότ με αισθητήρες και κινητήρες για τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων, εμβαθύνοντας την κατανόησή τους στις επιστημονικές έννοιες. Συνολικά, τα εργαλεία ρομποτικής Lego μετατρέπουν τη μάθηση της επιστήμης σε μια ελκυστική και διαδραστική εμπειρία, δίνοντας τη δυνατότητα στους μαθητές να ανακαλύψουν και να καινοτομήσουν (Pinto-Llorente et al., 2016; D'Amico et al., 2020).

Το Micro:bit, ένας μικροσκοπικός προγραμματιζόμενος μικρο-επεξεργαστής κάνει θραύση στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση των επιστημών (Gaál, 2022; Nussbaumer et al., 2021). Μελέτες δείχνουν ότι διδάσκει αποτελεσματικά μια σειρά από επιστημονικά θέματα. Από την κατασκευή συστημάτων συναγερμού πυρκαγιάς και την κατανόηση της φυσικής του ήχου (Gaál, 2022) μέχρι την προσομοίωση της ανάπτυξης των φυτών και την εξερεύνηση περιβαλλοντικών παραγόντων (Gaál, 2022), το Micro:bit προσφέρει πρακτική μάθηση που υπερβαίνει τα σχολικά βιβλία. Οι μαθητές μπορούν ακόμη και να εμβαθύνουν στην πρόγνωση του καιρού συγκρίνοντας τις πραγματικές μετρήσεις θερμοκρασίας με τις

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

προβλέψεις (Nussbaumer et al., 2021). Η χρησιμότητα του Micro:bit επεκτείνεται και στα βασικά ηλεκτρικά κυκλώματα. Οι μαθητές κατασκευάζουν κυκλώματα για τη μέτρηση του χρόνου αντίδρασης, εισάγοντάς τους στα κυκλώματα, την αγωγιμότητα και τη μέτρηση του χρόνου αντίδρασης (Farcas & Caltun, 2021). Η έρευνα υπογραμμίζει οφέλη όπως βελτιωμένες δεξιότητες προγραμματισμού, επιστημονική κατανόηση και κίνητρα των μαθητών (Bernad et al., 2021). Οι προκλήσεις περιλαμβάνουν την κατάρτιση των εκπαιδευτικών και τη διασφάλιση ισότιμης πρόσβασης στην τεχνολογία (Bernad et al., 2021). Συνολικά, η ευελιξία και η ελκυστική προσέγγιση του Micro:bit το καθιστούν ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο για τη στοιχειώδη εκπαίδευση των επιστημών.

Το τέταρτο κεφάλαιο περιγράφει τη μεθοδολογία έρευνας της εργασίας. Για τη διερεύνηση της χρήσης της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην εκπαίδευση των επιστημών (Cooper et al., 2019; Moher et al., 2009) πραγματοποιήθηκε μια συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση ή μετά - ανάλυση. Ακολουθώντας τις καθιερωμένες κατευθυντήριες γραμμές (Kitchenham et al., 2007· Wohlin et al., 2012), η ανασκόπηση περιλάμβανε τρία στάδια: σχεδιασμό, διεξαγωγή και αναφορά. Το στάδιο σχεδιασμού επικεντρώθηκε στον καθορισμό ερευνητικών ερωτημάτων και στη δημιουργία στοχευμένων αναζητήσεων χρησιμοποιώντας σχετικές βάσεις δεδομένων και όρους όπως "Educational Robotics AND (Arduino OR Lego OR Micro:bit)" (Kitchenham et al., 2007). Η αναζήτηση βελτιώθηκε περαιτέρω, συμπεριλαμβάνοντας συγκεκριμένα φίλτρα όπως η ημερομηνία δημοσίευσης (2015-2023) για να διασφαλιστεί ότι οι μελέτες χρησιμοποίησαν σύγχρονα εργαλεία όπως το Micro:bit. Το στάδιο διεξαγωγής περιλάμβανε αναζητήσεις σε αναγνωρισμένες βάσεις δεδομένων με φίλτρα για εστίαση σε άρθρα στα αγγλικά με αξιολόγηση από κριτές που δημοσιεύτηκαν τα τελευταία οκτώ χρόνια. Δεδομένου ότι η μελέτη στόχευε στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, τα άρθρα επιλέχθηκαν με βάση τη συνάφειά τους με τις επιστημονικές έννοιες που διδάσκονται σε αυτό το επίπεδο (Aznoli & Navimipour, 2017). Το λογισμικό EndNote βοήθησε στη διαχείριση των διπλότυπων, ακολουθούμενο από μη

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

αυτόματο έλεγχο για τυχόν εναπομείνουσες αποκλίσεις. Η διαδικασία αυτή απέδωσε 30 σχετικά άρθρα, με πάνω από τα μισά (53,33%) να στοχεύουν άμεσα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (ηλικίες 6-12 ετών). Η πλειονότητα των σπουδών προήλθε από ευρωπαϊκά πανεπιστήμια (60%). Συνολικά, η ανασκόπηση εντόπισε 30 πολύτιμους πόρους για την εκπαιδευτική ρομποτική στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση των επιστημών και όχι μόνο.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Μελέτες έχουν δείξει ότι διάφορα ρομποτικά εργαλεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά για τη διδασκαλία επιστημονικών εννοιών σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες (Hamidi et al., 2014). Μια τέτοια πλατφόρμα, το Arduino, είναι χρήσιμη για τη διδασκαλία ενός ευρέος φάσματος επιστημονικών αρχών, συμπεριλαμβανομένων των εννοιών του ηλεκτρισμού, του φωτός, της θερμότητας, του ήχου, ακόμη και της μηχανικής. Αυτή η ευελιξία του επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί σε περιβάλλοντα πρωτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας και ακόμη και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Hamidi et al., 2014). Η έρευνα υποδηλώνει ότι το Arduino όχι μόνο βελτιώνει την κατανόηση αυτών των επιστημονικών εννοιών από τους μαθητές, αλλά επίσης ενισχύει το ενδιαφέρον και τα κίνητρά τους για την επιστήμη. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στην πρακτική φύση των έργων Arduino, που επιτρέπει στους μαθητές να εφαρμόσουν τις επιστημονικές τους γνώσεις με πρακτικό τρόπο. Επιπλέον, η οικονομική προσιτότητα του Arduino το καθιστά ένα οικονομικό και αποτελεσματικό εργαλείο μάθησης. Πέρα από την επιστημονική κατανόηση, το Arduino έχει επίσης αποδειχθεί ότι προάγει την ανάπτυξη δημιουργικής σκέψης, επίλυσης προβλημάτων και δεξιοτήτων προγραμματισμού, ενώ προωθεί ένα συνεργατικό περιβάλλον μάθησης (Hamidi et al., 2014).

Ομοίως, οι πλατφόρμες ρομποτικής Lego όπως τα Lego WeDo, Lego Mindstorms και Lego Spike μπορούν να είναι πολύτιμα εργαλεία για την εκπαίδευση των επιστημών. Το Lego WeDo είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την εισαγωγή των μαθητών του δημοτικού σχολείου στις

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

έννοιες της μηχανικής και της ενέργειας (Hamidi et al., 2014). Αυτές οι πρακτικές δραστηριότητες βοηθούν τους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, ομαδικής εργασίας και πειραματισμού, οδηγώντας σε αυξημένο ενθουσιασμό και συμμετοχή στο μάθημα της Φυσικής. Το Lego Mindstorms, κατάλληλο για μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, εστιάζει στη μηχανική, την κίνηση, την ενέργεια και το φως (Hamidi et al., 2014). Μελέτες προτείνουν ότι το Lego Mindstorms όχι μόνο ενισχύει την εννοιολογική κατανόηση αυτών των επιστημονικών αρχών από τους μαθητές, αλλά προάγει επίσης τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και ενθαρρύνει μια θετική στάση απέναντι στην επιστήμη. Η ομαδική εργασία και η συνεργασία ενθαρρύνονται επίσης μέσω των έργων Lego Mindstorms. Τέλος, το Lego Spike έχει σχεδιαστεί για μαθητές δημοτικού και δίνει έμφαση στη μηχανική, την κίνηση και τα κύματα. Οι δραστηριότητες Lego Spike παρέχουν στους μαθητές συναρπαστικές, πρακτικές εμπειρίες που προωθούν τη βαθύτερη κατανόηση αυτών των εννοιών. Οι μαθητές αναπτύσσουν πρακτικές δεξιότητες στη μέτρηση και τον πειραματισμό, ενώ το Lego Spike διευκολύνει επίσης τη διεπιστημονική μάθηση (Hamidi et al., 2014).

Το Micro:bit είναι μια άλλη συναρπαστική πλατφόρμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία μιας ποικιλίας επιστημονικών εννοιών σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες και ενδείκνυται για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Παρόμοια με τις άλλες πλατφόρμες που αναφέρθηκαν, το Micro:bit μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξερεύνηση του ήχου, της περιβαλλοντικής επιστήμης (βλάστηση σπόρων, υγρασία του εδάφους), της ηλεκτρικής ενέργειας, το φως και τη θερμότητα. Η πρακτική φύση των δραστηριοτήτων με το Micro:bit επιτρέπει στους μαθητές να δημιουργήσουν εργαλεία και να συλλέγουν δεδομένα, οδηγώντας σε μια βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών που διερευνώνται μέσω μιας πρακτικής και συναρπαστικής προσέγγισης. Επιπλέον, το Micro:bit ενθαρρύνει την εξερεύνηση της επιστήμης σε πολλούς κλάδους, ενισχύοντας την αγάπη για την επιστήμη και την τεχνολογία μεταξύ των μαθητών (Hamidi et al., 2014).

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Στο κεφάλαιο 6 γίνεται η συζήτηση και η εξαγωγή των συμπερασμάτων. Η ανάλυση καταλήγει στο συμπέρασμα ότι τα ρομποτικά εργαλεία είναι μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για την εκπαίδευση των επιστημών, καθιστώντας τη μάθηση πιο ελκυστική και διαδραστική. Αυτά τα εργαλεία μπορούν να αντιμετωπίσουν διάφορες έννοιες της φυσικής όπως ο ηλεκτρισμός, η μηχανική και η κίνηση, καθιστώντας τα πολύτιμα πλεονεκτήματα για τους εκπαιδευτικούς των Φυσικών Επιστημών. Για παράδειγμα, η έρευνα δείχνει την εφαρμογή του Arduino σε ένα ευρύ φάσμα τομέων, συμπεριλαμβανομένου του ηλεκτρισμού, του φωτός, της θερμότητας, του ήχου και της μηχανικής (Dourou et al., 2021; Yasin et al., 2018; Bazak et al., 2019).

Επιπλέον, η πολυπλοκότητα των εργαλείων αντιστοιχεί με τα αναπτυξιακά στάδια των μαθητών, όπως φαίνεται στις μελέτες που εξετάστηκαν. Τα Lego WeDo, Spike και Micro:bit απευθύνονται κυρίως σε μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, εισάγοντας θεμελιώδεις αρχές μηχανικής και επιστημονικές αρχές μέσα από ενδιαφέρουσες δραστηριότητες (Vlachogianni; Pinto-Llorente et al. 2016; Panagiotou & Eteocleous-Grigoriou, 2017). Από την άλλη πλευρά, τα Arduino και Lego Mindstorm παρουσιάζουν πιο εκτεταμένη εμβέλεια, καλύπτοντας την πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια ή ακόμη και την τριτοβάθμια εκπαίδευση (Dourou et al., 2021; Yasin et al., 2018; Hachmi et al., 2022). Τέλος, αυτά τα εργαλεία προωθούν τη βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών μέσω πρακτικών δραστηριοτήτων (Dourou et al., 2021; Puspitasari & Indratno, 2021) και αναπτύσσουν δεξιότητες προγραμματισμού και επίλυσης προβλημάτων στους μαθητές. Τα Lego WeDo, Lego Mindstorms και Micro:bit ενθαρρύνουν επίσης την ανάπτυξη δεξιοτήτων προγραμματισμού (Zieris et al., 2015; Pino et al., 2018).

Συνολικά, η μελέτη ευθυγραμμίζεται με την τρέχουσα έρευνα σχετικά με τον θετικό αντίκτυπο των ρομποτικών εργαλείων στην εκπαίδευση των επιστημών. Η ρομποτική μπορεί να κάνει τη μάθηση της επιστήμης πιο ελκυστική, να προωθήσει την πρακτική

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

εξερεύνηση και να εμβαθύνει την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών από τους μαθητές. Εξετάζοντας προσεκτικά τους μαθησιακούς στόχους και την ηλικιακή ομάδα, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να αξιοποιήσουν τις μοναδικές δυνατότητες κάθε ρομποτικού εργαλείου για να δημιουργήσουν αποτελεσματικές και ελκυστικές εμπειρίες εκμάθησης επιστημών.

1. Θεωρητικό μέρος – Επισκόπηση της βιβλιογραφίας

1.1 Ρομποτική στην εκπαίδευση

Ο Julian M. Angel-Fernandez και ο Markus Vincze αντιμετωπίζουν την ασάφεια γύρω από τον όρο Εκπαιδευτική Ρομποτική (ΕΡ) και στοχεύουν να δώσουν έναν συγκεκριμένο και ακριβή ορισμό. Οι συγγραφείς τονίζουν την αυξανόμενη χρήση του όρου σε άρθρα, ιστοσελίδες και διάφορα υλικά που σχετίζονται με την ενσωμάτωση των ρομπότ στην εκπαίδευση. Παρά την αυξανόμενη δημοτικότητα του, η έλλειψη σαφούς ορισμού για την εκπαιδευτική ρομποτική εγείρει ανησυχίες για παρερμηνεία και κακή χρήση. Οι συγγραφείς προτείνουν έναν ορισμό για την εκπαιδευτική ρομποτική ως πεδίο μελέτης αφιερωμένο στη βελτίωση των μαθησιακών εμπειριών μέσω της δημιουργίας, υλοποίησης, βελτίωσης και επικύρωσης παιδαγωγικών δραστηριοτήτων, εργαλείων και τεχνολογιών που περιλαμβάνουν ενεργή συμμετοχή ρομπότ, καθοδηγούμενη από παιδαγωγικές μεθόδους.

Η Ρομποτική στην εκπαίδευση στοχεύει να ενισχύσει τις μαθησιακές δεξιότητες των μελλοντικών μηχανικών και επιστημόνων μέσω έργων που βασίζονται σε ρομπότ σε σχολεία και κολέγια (Miller, D. P., & Nourbakhsh, I. 2016). Η εισαγωγή ρομπότ στις τάξεις κάνει την επιστήμη και τη μηχανική πιο ελκυστική και πρακτική, επιτρέποντας στους μαθητές να παρατηρούν άμεσα τις θεωρητικές έννοιες στη δράση. Είναι περιεκτικό και ενθαρρύνει τους μαθητές να ακολουθήσουν πανεπιστημιακές σπουδές που σχετίζονται με το STEM.

Από την άλλη, η απουσία καθιερωμένων πρακτικών και εργαλείων αξιολόγησης αναγνωρίζεται ως εμπόδιο, που εμποδίζει την απρόσκοπτη υιοθέτηση της ρομποτικής στην εκπαίδευση. Παρά αυτές τις προκλήσεις, οι προσπάθειες συνεργασίας μεταξύ σχολείων και ερευνητών από διαφορετικούς τομείς αναδεικνύονται ως μια πολλά υποσχόμενη οδός για την αντιμετώπιση αβεβαιοτήτων, ενισχύοντας ενδεχομένως την αποτελεσματικότητα της ενσωμάτωσης της ρομποτικής στα εκπαιδευτικά προγράμματα σπουδών (Screpanti, L.,

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Miotti, B., & Monteriù, A. 2021). Η προσαρμοστικότητα της ρομποτικής εκπαίδευσης και των προγραμμάτων σπουδών σε διαφορετικά χαρακτηριστικά των μαθητών, συμπεριλαμβανομένης της ηλικίας, του φύλου και των γνώσεων του υποβάθρου, τονίζεται επίσης ως ένας τομέας που απαιτεί περαιτέρω προσοχή (Alimisis, D., & Kynigos, C. 2009). Τονίζεται επίσης η αναγκαιότητα σχεδιασμού κοινωνικά αποδεκτών εκπαιδευτικών ρομπότ, αντιμετωπίζοντας ζητήματα όπως οι ικανότητες κατανόησης της ομιλίας και η ανθρώπινη συμπεριφορά για τη βελτίωση της εμπειρίας του χρήστη για τους μαθητές.

1.2 Η εκπαιδευτική ρομποτική στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας επισημαίνει ότι οι προηγούμενες ανασκοπήσεις για την εκπαιδευτική ρομποτική συχνά επικεντρώνονταν στην εκπαίδευση Κ-12, εξάγοντας συμπεράσματα και για τα τρία επίπεδα εκπαίδευσης, συμπεριλαμβανομένης της πρώιμης παιδικής ηλικίας, της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Ωστόσο, η πλειονότητα των άρθρων που εξετάστηκαν σε αυτές τις ανασκοπήσεις αφορούσε στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, οδηγώντας σε ανεπαρκή συμπεράσματα σχετικά με τη χρήση της ρομποτικής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Οι Κυριαζόπουλος, Κουτρομάνος, Βουδούρη και Γαλάνη εστίασαν στην εκπαιδευτική ρομποτική στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ειδικά για τις ηλικίες 6 έως 12 ετών (Kyriazopoulos et al., 2022). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πλειονότητα των δραστηριοτήτων εκπαιδευτικής ρομποτικής έλαβε χώρα σε τυπικά περιβάλλοντα μάθησης, επιβεβαιώνοντας ότι είναι κατάλληλη για τη διδασκαλία θεμάτων STEM. Πολλές μελέτες εξέτασαν διάφορες θεωρίες μάθησης που υποστηρίζουν τη συνεργασία, την επίλυση προβλημάτων, την ανακάλυψη και την κατασκευή γνώσης. Ωστόσο, ορισμένες έρευνες δεν είχαν παιδαγωγικό πλαίσιο. Παρά τα θετικά γνωστικά και συναισθηματικά αποτελέσματα της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, προτείνεται ότι υπάρχουν πτυχές που απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση.

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Στη σύγχρονη βιβλιογραφία τονίζεται η ανάγκη για μετασχηματισμό των παραδοσιακών μεθόδων διδασκαλίας ώστε να ευθυγραμμιστούν με τις εξελισσόμενες απαιτήσεις του σύγχρονου εργατικού δυναμικού. Υποστηρίζεται ότι οι εκπαιδευτικοί πρέπει να υιοθετήσουν έναν ρόλο ως ερευνητές και υπογραμμίζει την κεντρική σημασία του προγράμματος σπουδών για την προώθηση των εκπαιδευτικών αλλαγών (Tzagkaraki, E., Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. 2021).

Τα μαθησιακά αποτελέσματα για τους μαθητές από την ενασχόληση με την εκπαιδευτική ρομποτική είναι ποικίλα. Η ρομποτική έχει βρεθεί ότι εμπλέκει ενεργά τους μαθητές, ενισχύοντας την αυτόνομη μάθηση. Οι μαθητές είναι σε θέση να αναπαραστήσουν αφηρημένες έννοιες, να ενισχύσουν την κριτική σκέψη και να βελτιώσουν τη δημιουργικότητα μέσω δραστηριοτήτων ρομποτικής. Τα θετικά αποτελέσματα εκτείνονται πέρα από τα μαθήματα STEM για να περιλαμβάνουν διάφορα θέματα, με τη συμβολή στις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και την υπολογιστική σκέψη. Ωστόσο, εντοπίζονται και προκλήσεις στην εφαρμογή της εκπαιδευτικής ρομποτικής. Οι δάσκαλοι μπορεί να αντιμετωπίσουν εμπόδια λόγω έλλειψης εμπειρίας στον προγραμματισμό και ανησυχιών για τον αντίκτυπο της ρομποτικής στον παραδοσιακό τους ρόλο. Τέλος, οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με τον αντίκτυπο της ρομποτικής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση και την εκπαίδευση STEM ποικίλλουν. Η έλλειψη συστηματικής ένταξης της ρομποτικής στα προγράμματα σπουδών, μαζί με το υψηλό κόστος εξοπλισμού και πρακτικά ζητήματα, δημιουργούν εμπόδια.

Βέβαια, η ολοκληρωμένη προσέγγιση STEM επηρέασε θετικά τις διδακτικές πρακτικές και τη μάθηση των μαθητών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Οι προκλήσεις σίγουρα έχουν εντοπιστεί, αλλά τα οφέλη, συμπεριλαμβανομένης της διεπιστημονικής μάθησης και της ενισχυμένης κριτικής σκέψης, τις έχουν ξεπεράσει (García-Carrillo, C., Greca, I. M., & Fernández-Hawrylak, M. 2021). Ωστόσο, οι ασυμφωνίες στις πεποιθήσεις και τις πρακτικές των εκπαιδευτικών υπογραμμίζουν την ανάγκη για συνεχή επαγγελματική εξέλιξη.

1.3 Εκπαιδευτικά ρομποτικά εργαλεία

Ο όρος "ρομποτικό εργαλείο" χρησιμοποιείται γενικότερα για να αναφερθεί στις πλατφόρμες και τα πακέτα υλικού που συζητούνται στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής ρομποτικής (Sapounidis, T., & Alimisis, D. 2020).

Το Arduino είναι μια ηλεκτρονική πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα που εξυπηρετεί διπλό σκοπό με στοιχεία υλικού και λογισμικού. Περιλαμβάνει μια πλακέτα Arduino (μικροελεγκτή), το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης Arduino (IDE) και μια γλώσσα προγραμματισμού. Αυτή η πλατφόρμα είναι ευέλικτη, φιλοξενώντας έργα που κυμαίνονται από βασικές εφαρμογές LED έως περίπλοκα ρομποτικά συστήματα. Ένα ξεχωριστό χαρακτηριστικό είναι η προσβασιμότητά του. Η φύση ανοιχτού κώδικα του Arduino ενθαρρύνει τους χρήστες να τροποποιούν και να μοιράζονται σχέδια υλικού και λογισμικού. Σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, το Arduino παίζει καθοριστικό ρόλο στη διδασκαλία προγραμματισμού και ηλεκτρονικών μέσω της πρακτικής, βασισμένης σε πρότζεκτ μάθησης. Η προσβασιμότητα της πλατφόρμας, σε συνδυασμό με μια ενεργή κοινότητα, την καθιστά πολύτιμο εργαλείο, παρά την χρήση της συνήθως για πιο σύνθετα έργα. Έχουν γίνει προσπάθειες για την απλοποίηση του Arduino για νεότερους μαθητές μέσω εκπαιδευτικών παραλλαγών και τροποποιημένων ρυθμίσεων.

Η Micro:bit, από την άλλη πλευρά, είναι μια συμπαγής πλακέτα ανάπτυξης μικροελεγκτή ειδικά σχεδιασμένη για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Τα χαρακτηριστικά του περιλαμβάνουν επεξεργαστή ARM Cortex-M0, επιταχυνσιόμετρο, μαγνητόμετρο, συνδεσιμότητα Bluetooth, οθόνη LED και κουμπιά. Συγκεκριμένα, ο σχεδιασμός του σε μέγεθος τσέπης είναι προσανατολισμένος στην απλότητα, καθιστώντας το ένα εξαιρετικό εργαλείο για αρχάριους. Διευκολύνει την εκπαίδευση προγραμματισμού με έμφαση στην ευκολία χρήσης. Το Micro:bit είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για την εισαγωγή προγραμματισμού σε αρχάριους και οι ενσωματωμένες λειτουργίες του, όπως κουμπιά και αισθητήρες, επιτρέπουν τη δημιουργία διαδραστικών έργων. Η πλατφόρμα προσφέρει διαδικτυακές

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

πλατφόρμες προγραμματισμού με προγραμματισμό που βασίζεται σε μπλοκ, ενισχύοντας την οπτική διαισθητικότητα της μαθησιακής διαδικασίας. Ωστόσο, οι περιορισμένες δυνατότητες εισόδου/εξόδου του ενδέχεται να θέτουν περιορισμούς για πιο προηγμένα έργα.

Η LEGO τέλος, προσφέρει μια ολοκληρωμένη σειρά πλατφορμών, κυρίως τη WeDo και τη Mindstorms ή τη νεότερη έκδοση Spike, που απευθύνονται σε διαφορετικές ηλικιακές ομάδες. Συνδυάζοντας τούβλα LEGO με προγραμματιζόμενα στοιχεία όπως κινητήρες και αισθητήρες, το MindStorms επιτρέπει στους χρήστες να κατασκευάζουν και να προγραμματίζουν ρομπότ. Το περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού απλοποιεί την κωδικοποίηση, καθιστώντας το προσβάσιμο για διάφορες ηλικιακές ομάδες. Αυτά τα πακέτα ξεχωρίζουν για την ευελιξία τους, επιτρέποντας στους μαθητές να τα διαμορφώσουν σε διάφορες δομές, ενισχύοντας την ευελιξία στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων. Το LEGO Mindstorms, είναι ιδιαίτερα δημοφιλές με ευρεία χρήση σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα λόγω της προσαρμοστικότητάς του (Davcen, K., Koceska, N., & Koceski, S. 2019).

Η τριάδα των εκπαιδευτικών ρομποτικών εργαλείων —Arduino, Micro:bit και LEGO Mindstorms — προσφέρει μια ποικιλία επιλογών για τους εκπαιδευτικούς. Η ευελιξία του Arduino καλύπτει ένα ευρύ φάσμα έργων, ενώ η απλότητα του Micro:bit το καθιστά ιδανικό για νεότερους μαθητές. Το LEGO Mindstorms, με τα εμβληματικά τουβλάκια κατασκευής, ενσωματώνει απρόσκοπτα τη φυσική κατασκευή με την εκπαίδευση προγραμματισμού. Η εξέλιξη από εργαλεία φιλικά για αρχάριους όπως το Micro:bit σε πιο προηγμένες πλατφόρμες όπως το Arduino και το LEGO Mindstorms ευθυγραμμίζεται με την εξελισσόμενη τεχνογνωσία των μαθητών. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να επιλέξουν στρατηγικά εργαλεία που ευθυγραμμίζονται με τα επίπεδα δεξιοτήτων των μαθητών τους, ενισχύοντας μια ολιστική και προσαρμοστική προσέγγιση στην εκπαίδευση STEM. Συνοπτικά, αυτές οι πλατφόρμες υλικού συμβάλλουν στην εκπαιδευτική ρομποτική παρέχοντας προσαρμόσιμα εργαλεία για διαφορετικά επίπεδα μαθητών, από αρχάριους που

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

ασχολούνται με πακέτο LEGO και Micro:bit έως προχωρημένους μαθητές που εμβαθύνουν με Arduino. Η έμφαση στην ευελιξία, την προσβασιμότητα και την ενσωμάτωση του προγράμματος σπουδών υπογραμμίζει τη δέσμευση για τη βελτίωση της εκπαιδευτικής εμπειρίας στη ρομποτική (Felicia, A., & Sharif, S. 2014).

1.4 Εκπαιδευτική ρομποτική στις φυσικές επιστήμες

Συζήτηση γίνεται στον ερευνητικό χώρο για το μειωμένο ενδιαφέρον των νέων για τους τομείς της επιστήμης και της τεχνολογίας και την επακόλουθη έλλειψη καλά εκπαιδευμένων επαγγελματιών σε αυτούς τους τομείς. Η εκπαιδευτική ρομποτική μπορεί σύμφωνα με τη βιβλιογραφία μπορεί να γίνει το μέσο για τη συμμετοχή των μαθητών στην επιστήμη και την τεχνολογία. Οι Kandlhofer και Steinbauer παρουσιάζουν μια αξιολόγηση του αντίκτυπου της εκπαιδευτικής ρομποτικής στις δεξιότητες και τις στάσεις των μαθητών, παρέχοντας γνώσεις για τις θετικές επιπτώσεις των δραστηριοτήτων ρομποτικής στις τεχνικές, κοινωνικές και επιστημονικές πτυχές της μάθησης. Η ενσωμάτωση των εργαλείων ρομποτικής Lego έχει τη δυνατότητα να αναδιαμορφώσει τη διδασκαλία και τη μάθηση στην επιστήμη και τα μαθηματικά. Τα ευρήματα ωστόσο, υπογραμμίζουν τη σημασία της συνεχούς υποστήριξης για τους εκπαιδευτικούς για τη διατήρηση θετικών αλλαγών και τη διασφάλιση της αποτελεσματικής ενσωμάτωσης της τεχνολογίας στις τάξεις (You, H. S., Chacko, S. M., & Kapila, V. 2021).

Η συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας υπογραμμίζει ότι η εκπαιδευτική ρομποτική, όταν ενσωματώνεται στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών, συμβάλλει σε μια σειρά θετικών αποτελεσμάτων (Anwar, S., Bascou, N. A., Menekse, M., & Kardgar, A. 2019). Πιο συγκεκριμένα, προωθεί την ενεργητική μάθηση και βελτιώνει τη συνολική μαθησιακή εμπειρία για τους μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Οι μελέτες υπογραμμίζουν τα γενικά οφέλη από τη χρήση της εκπαιδευτικής ρομποτικής,

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

συμπεριλαμβανομένης της ενσωμάτωσης του μηχανικού σχεδιασμού σε μαθήματα προγράμματος σπουδών και προγράμματα μετά το σχολείο.

Η εφαρμογή της εκπαιδευτικής ρομποτικής ως εργαλείου νόησης στο πλαίσιο του κονστрукτιβισμού έχει θετικά αποτελέσματα ειδικά στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών. Η εκπαιδευτική ρομποτική, δεδομένων των χαρακτηριστικών της, λειτουργεί ως εργαλείο σκέψης, προσφέροντας ένα περιβάλλον μάθησης βασισμένο σε υπολογιστή το οποίο οι εκπαιδευόμενοι τροποποιούν για να διευκολύνουν την κριτική σκέψη και τη μάθηση. Οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν εκπαιδευτική ρομποτική για να κατανοήσουν θεμελιώδεις έννοιες της φυσικής που σχετίζονται με την κίνηση, την απόσταση, τον χρόνο και την ταχύτητα. Η μελέτη των Mikropoulos και Bellou (2013) δείχνει ότι οι μαθητές κατασκευάζουν αποτελεσματικά τη γνώση μέσω της εμπλοκής τους σε ένα project φυσικής που βασίζεται στη ρομποτική. Το συμπέρασμα είναι ότι η εκπαιδευτική ρομποτική, όταν ενσωματωθεί ολοκληρωμένα, μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην κατασκευή γνώσεων και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών.

2. Εργαλεία και Δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής στις Φυσικές Επιστήμες

2.1 Arduino

2.1.1 Arduino και Ηλεκτρισμός

Η μελέτη που θα παρουσιαστεί παρακάτω υλοποιήθηκε στην Ε' δημοτικού, στο 5ο Δημοτικό σχολείο Αττικής, στο πλαίσιο διδασκαλίας του κεφαλαίου "Ηλεκτρισμός" του μαθήματος της Φυσικής (Ntourou, V., Kalogiannakis, M., & Psycharis, S. 2021). Δύο τμήματα της Ε' δημοτικού συμμετείχαν, το Ε1 και Ε2 με το πρώτο να αποτελεί την πειραματική ομάδα και το δεύτερο την ελεγχόμενη. Η πειραματική ομάδα εργάστηκε με το εργαλείο arduino ολοκληρώνοντας 4 διαφορετικές δραστηριότητες. Κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων ήταν χωρισμένοι σε ομάδες τριών ατόμων, στις οποίες 2 μαθητές είχαν το ρόλο του προγραμματιστή και ένας του αξιολογητή. Οι μεν πρώτοι ήταν υπεύθυνοι για την κατασκευή των κυκλωμάτων και του προγραμματισμού, ενώ ο δεύτερος αξιολογούσε το αποτέλεσμα και πρότεινε διορθώσεις. Οι μαθητές εργάστηκαν στη δημιουργία ανοιχτών και κλειστών κυκλωμάτων με τη βοήθεια LED λαμπτήρων. Η αξιολόγηση των μαθητών πάνω σε έννοιες όπως, ηλεκτρικό ρεύμα, ηλεκτρικό κύκλωμα και ηλεκτρική ενέργεια έγινε με τεστ που δόθηκαν πριν και μετά την παρέμβαση. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι η πειραματική ομάδα εμπέδωσε τον ορισμό του ηλεκτρικού ρεύματος καθώς και τα μοντέλα ροής του. Επομένως μπόρεσαν να συμπεράνουν πως το arduino, σε συνδυασμό με τον προγραμματισμό και τα πειράματα Φυσικής, βοηθούν αισθητά στην κατανόηση των εννοιών των Φυσικών επιστημών.

Η επόμενη μελέτη πάνω στον ηλεκτρισμό και τα ηλεκτρικά κυκλώματα έλαβε χώρα σε ένα ιδιωτικό γυμνάσιο στην Bogor, West Java (Yasin, A. I., Prima, E. C., & Sholihin, H. 2018) με τη μέθοδο του science game χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα και σχέδια μαθήματος από το Mgames Science. Συμμετείχαν 16 μαθητές και μαθήτριες, εννέα αγόρια και επτά

κορίτσια. Και εδώ ζητήθηκε από τους μαθητές/τριες να κατασκευάσουν οι ίδιοι/-ες τα κυκλώματα στο Arduino προσομοιώνοντας τη λειτουργία ενός φαναριού. Με αυτόν τον τρόπο εκπαιδεύτηκαν στην κατασκευή σειριακού και παράλληλου κυκλώματος. Η αξιολόγηση της ομάδας έγινε με τεστ που δόθηκαν πριν και μετά την παρέμβαση. Τα τεστ που δόθηκαν μετά την παρέμβαση έδειξαν πώς η διδασκαλία STEM στον ηλεκτρισμό με το Arduino – Android Game Based experiment βελτίωσε τις επιδόσεις των συμμετεχόντων, όσον αφορά στις έννοιες του ηλεκτρικού κυκλώματος κατά -0,06.

2.1.2 Arduino και Ήχος

Οι Souza, M. A. και & Duarte, J. R το 2015 ήθελαν να προάγουν τη χρησιμότητα των πειραματικών δραστηριοτήτων στη διδασκαλία και εκμάθηση των Φυσικών επιστημών. Το πρόγραμμα που περιγράφουν εφαρμόστηκε στη Βραζιλία από την Ομοσπονδιακή κυβέρνηση σε συνεργασία με το Ομοσπονδιακό ίδρυμα του Piauí στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Μία από τις δραστηριότητες του προγράμματος αφορούσε την κατασκευή ενός ρομποτικού αυτοκινήτου, το οποίο χρησιμοποιούσε έναν αισθητήρα υπερήχων και ένα χειριστήριο Arduino. Η χρήση του αισθητήρα χρησίμευε ως ραντάρ καθώς έστελνε και λάμβανε ηχητικά σήματα προκειμένου να αποφύγει εμπόδια. Τα παιδιά μέσα από τη χρήση του αισθητήρα έμαθαν για τις ιδιότητες του ήχου όπως τη διασπορά. Σύμφωνα με τη μελέτη, οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν ανέφεραν πως τα παιδιά άρχισαν να αλληλοεπιδρούν περισσότερο στην τάξη και να διερωτώνται συχνότερα για το ρόλο των Φυσικών επιστημών και της σημασίας τους για την κοινωνία.

2.1.3 Arduino και Μηχανική

Η μελέτη που θα παρουσιαστεί παρακάτω στόχευσε στη δημιουργία μίας ρομποτικής δραστηριότητας με το εργαλείο Arduino, η οποία βασίστηκε στη μέθοδο διδασκαλίας των 5E ώστε να βοηθήσει τους μαθητές να βελτιώσουν τις επιδόσεις τους στις Φυσικές επιστήμες και ειδικά στην ενότητα της μηχανικής (Koray, A., & Duman, F. G. 2022). Η

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

έρευνα πραγματοποιήθηκε σε ένα ιδιωτικό γυμνάσιο στην Ankara το 2020 -2021 και συμμετείχαν 20 μαθητές και μαθήτριες που προηγουμένως είχαν κάνει μερικά μαθήματα προγραμματισμού. Τα παιδιά κατασκεύασαν ένα δυναμόμετρο στο οποίο χρησιμοποίησαν έναν αισθητήρα απόστασης, προκειμένου να μετρήσουν την παραμόρφωση του λάστιχου, αντί ενός χάρακα. Συνέδεσαν το δυναμόμετρο με την ρομποτική κατασκευή Arduino και ύστερα στον υπολογιστή ώστε να πάρουν τις απαραίτητες μετρήσεις. Σύμφωνα με τα ημερολόγια των παιδιών, κατάφεραν να συνδέσουν το ρομπότ που έφτιαζαν και τον κώδικα που έγραψαν με την έννοια της μέτρησης της δύναμης, να το εξηγήσουν λεπτομερώς και με σωστή ορολογία.

2.1.4 Arduino και Φως

Σε αρκετές περιπτώσεις, οι οποίες αναφέρονται παρακάτω, έχει χρησιμοποιηθεί το Arduino προκειμένου να διδαχθούν έννοιες τους Φωτός στη διδασκαλία των Φυσικών επιστημών. Σύμφωνα με τους Hwa-Ming Nieh και Huai-Yi Chen (2023) διαθέτοντας ένα κύκλωμα αισθητήρα, έναν διακόπτη λειτουργίας, ένα ποτενσιόμετρο, μία μονάδα μικροελεγκτή (MCU) (Πλακέτα Arduino Nano), ένα ενσωματωμένο κύκλωμα ULN2003A (IC), ένα κοινό LED RGB, μία οθόνη επτά τμημάτων κοινής καθόδου δύο ψηφίων και τράπεζα ισχύος USB 5-V ή κάποια άλλη εξωτερική μονάδα τροφοδοσίας 5V μπορεί να διδαχτεί η σύνθεση του φωτός στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Ο/η εκπαιδευτικός ζητάει από τους μαθητές να τροποποιήσουν τον κώδικα προκειμένου να αναμείξουν τα χρώματα στο LED και να καταλήξουν στο συμπέρασμα πως με τα τρία βασικά χρώματα (κόκκινο, πράσινο, μπλε) μπορούν να συνθέσουν όλα τα χρώματα.

Ακόμη μία μελέτη τονίζει την αξιοποίηση του εργαλείου Arduino προκειμένου να διδαχθεί το φυσικό φαινόμενο της σύνθεσης του φωτός (Bazak, J., & Szewczyk, G. 2019). Στην δραστηριότητα αυτή χρησιμοποιήθηκε μία δίοδος RGB WS2812B, η οποία συνδέθηκε με ένα Arduino 5V και ένα πληκτρολόγιο. Η κατασκευή αυτή αφού προγραμματιστεί

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

ενδείκνυται για τη διδασκαλία της ανάμειξης των χρωμάτων. Κάθε χρώμα του φωτός μπορεί να ελεγχθεί ανεξάρτητα χρησιμοποιώντας το πληκτρολόγιο. Προσφέρονται τα επτά βασικά χρώματα του φωτός και πενήντα τρεις παραλλαγές τους ανάλογα της έντασης της μίξης των χρωμάτων. Για παράδειγμα πατώντας τα πλήκτρα 1, 2 και 3 μαζί, μπορείς να δημιουργήσεις το λευκό φως. Για καλύτερα αποτελέσματα προτείνεται η τοποθέτηση ενός λευκού φύλλου χαρτιού στη δίοδο RGB.

Τέλος, μία άλλη μελέτη χρησιμοποιεί το εργαλείο Arduino για να διδάξει την έννοια της διάθλασης του φωτός (Hachmi, A., El Hadi, M., Essaadaoui, R., Mommadi, O., Ouariach, A., & El Moussaouy, A. 2022). Αυτό το πετυχαίνει οπτικοποιώντας σε γράφημα την κατανομή μιας ακτίνας λέιζερ στο χώρο, κάτι που δεν μπορεί να επιτευχθεί σε ένα συνηθισμένο εργαστήριο φυσικής. Τρεις εθελοντές μαθητές της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης συμμετείχαν στη μελέτη πρώτα με τον παραδοσιακό τρόπο και ύστερα χρησιμοποιώντας το εργαλείο Arduino. Και οι τρεις απαντώντας σε ερωτηματολόγιο φάνέρωσαν την εκτίμηση τους για το εργαλείο και την οπτικοποίηση της διάθλασης του φωτός.

2.1.5 Arduino και Θερμοκρασία – Θερμότητα

Η παρακάτω μελέτη προτείνει το Arduino ως ένα δωρεάν εργαλείο μέτρησης λογισμικού ανοιχτού κώδικα για όλα τα σχολεία πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Zieris, H., Gerstberger, H., & Müller, W. 2015). Στη μετεωρολογία οι βασικές μεταβλητές μέτρησης είναι η πίεση, η υγρασία και η θερμοκρασία προκειμένου να προβλεφθούν οι καιρικές συνθήκες. Στήνοντας έναν μετεωρολογικό σταθμό στην τάξη με βάση την πλακέτα Arduino, οι μαθητές και οι μαθήτριες μπορούν να παίρνουν καθημερινά μετρήσεις για την θερμοκρασία του καιρού. Με την χρήση του Arduino υπολογίζεται οι μαθητές/τριες να αποκτήσουν περισσότερα κίνητρα και ενδιαφέρον για τις Φυσικές Επιστήμες ενώ η μελέτη αυτή αναμένεται να αξιολογηθεί περαιτέρω τα επόμενα χρόνια.

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Η επόμενη μελέτη στοχεύει στην ανάπτυξη ενός πειράματος για την μέτρηση της θερμοκρασίας στα υγρά, προκειμένου να διδαχθεί ο νόμος του Νεύτωνα για τη ψύξη των υγρών στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, χρησιμοποιώντας το Arduino και προβάλλοντας τα αποτελέσματα σε κάποιο «έξυπνο» κινητό (Chanthamane, P., Jinda, P., Mani, M., & Prasitpong, S. 2021). Το πειραματικό αυτό πακέτο αποτελείται από την πλακέτα Arduino, δύο αισθητήρες θερμότητας και μία οθόνη LED, η οποία και θα συνδεθεί με το κινητό τηλέφωνο. Η πειραματική ομάδα έπαιρνε μετρήσεις κάθε 30 δευτερόλεπτα, χρησιμοποιώντας τους αισθητήρες, σε 200ml νερού με αρχική θερμοκρασία 90 βαθμούς Κελσίου και τοποθετημένο σε θερμοκρασία δωματίου 27,5 βαθμούς Κελσίου. Οι μετρήσεις αποδείχθηκαν ακριβείς και επιβεβαίωσαν τον νόμο του Νεύτωνα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πειραματική ομάδα όχι μόνο ανέβασε το γνωστικό της επίπεδο, αλλά δουλεύοντας σε ομάδες, απέκτησε ικανότητες χρήσιμες για την επιτυχία στην καθημερινή ζωή.

Η τελευταία μελέτη προτείνει τη χρήση του Arduino προκειμένου οι μαθητές να μελετήσουν το νόμο της θερμικής ισορροπίας, τη ροή δηλαδή της θερμότητας από το θερμότερο σώμα στο ψυχρότερο. Το πείραμα περιλάμβανε την πλατφόρμα Arduino, δύο αισθητήρες θερμότητας και ένα πακέτο noodles (Prasitpong, S., Phayphung, W., & Rakkarao, S. 2022). Οι μαθητές και οι μαθήτριες της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης κλήθηκαν να μελετήσουν το πώς η θερμότητα από ένα ζεστό πακέτο noodles μειώνεται σταδιακά σύμφωνα με το νόμο ψύξης του Νεύτωνα. Μέτρησαν το θερμό πακέτο noodles για επτά λεπτά μέχρι η θερμοκρασία τους να φτάσει στη θερμοκρασία δωματίου όπου και σταθεροποιήθηκε. Η αξιολόγηση των μαθητών ήταν ενθαρρυντική. Έμαθαν και απέκτησαν επιστημονικές μεθόδους και ικανότητες χρησιμοποιώντας καθημερινά και χαμηλού κόστους εργαλεία αποκτώντας έτσι κίνητρα μάθησης.

2.1.6 Arduino και Περιβάλλον

Η χρήση των ηλιακών πάνελ έχει αυξηθεί αισθητά τα τελευταία χρόνια για εξοικονόμηση ενέργειας. Η παρακάτω μελέτη προτείνει τη χρήση της πλατφόρμας Arduino προκειμένου οι μαθητές/τριες να μετρήσουν την ποσότητα ενέργειας που μπορεί να παρέχει ένα ηλιακό πάνελ κάτω από διαφορετικές εντάσεις φωτός (Pusch, A., Ubben, M. S., Laumann, D., Heinicke, S., & Heusler, S. 2021). Για παράδειγμα κατά τη διάρκεια πρωινών ωρών ή σε συννεφιά. Κατασκεύασαν ένα μοντέλο σπιτιού με ηλιακό πάνελ, το οποίο συνδέθηκε με ένα κύκλωμα Arduino. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν τρεις προσομοιώσεις έντασης του φωτός. Στην πρώτη η λάμπα – ήλιος φώτιζε κάθετα το ηλιακό πάνελ, στη δεύτερη μεσολαβούσε ένα λευκό πανί ως σύννεφα και τέλος άλλαξε η γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών. Οι μετρήσεις καθ' όλη τη διάρκεια στέλνονταν σε ένα «έξυπνο» τηλέφωνο μέσω της τεχνολογίας Bluetooth. Η χρήση ψηφιακών μετρήσεων καθώς και τεχνολογικών συσκευών που χρησιμοποιούν καθημερινά οι μαθητές ενίσχυσε την πειραματική διαδικασία.

Η επόμενη παρέμβαση στοχεύει στην διδασκαλία των παραγόντων που συμβάλλουν στην ανάπτυξη των φυτών με τη χρήση της πλατφόρμας Arduino στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. (Öztürk, F., & ÖZDEMİR, D. 2020). Για τον παραπάνω σκοπό, πέρα από την πλατφόρμα, χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρες φωτός, υγρασίας χρώματος και ποιότητας του αέρα. Οι μαθητές/τριες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, την ελεγχόμενη και την πειραματική. Και στις δύο ομάδες δόθηκε ένα κριτήριο αξιολόγησης των γνώσεων τους πάνω στο θέμα πριν την παρέμβαση και μετά ώστε να εξαχθούν τα συμπεράσματα. Η ομάδα ελέγχου διδάχθηκε τις έννοιες και τους παράγοντες ανάπτυξης των φυτών με την παραδοσιακή διδασκαλία κατευθυνόμενη από ανάλογες ερωτήσεις. Στην πειραματική ομάδα δόθηκε το πακέτο Arduino μαζί με τους αισθητήρες το οποίο και προγραμματίσαν οι ίδιοι με την παρουσία του καθηγητή προγραμματισμού. Στη συνέχεια, μέτρησαν την ένταση του φωτός,

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

την υγρασία του χώματος και την ποιότητα του αέρα στο πειραματικό περιβάλλον και κατέγραψαν τις μετρήσεις τους. Μετά την καταγραφή πότισαν το χώμα στο φυτό και το μετέφεραν σε ένα φωτεινότερο σημείο. Αφού το παρατήρησαν για κάποιο χρονικό διάστημα, πήραν ξανά τις αντίστοιχες μετρήσεις. Τελικά ακολούθησε συζήτηση και σχολιασμός των μετρήσεων καθώς και το τεστ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μία δραστηριότητα βασισμένη στην πλατφόρμα Arduino ενίσχυσε τη διάθεση των μαθητών/τριών για μάθηση.

Η παραπάνω δραστηριότητα μπορεί να διεξαχθεί και με τη βοήθεια του χειροποίητου μετρητή διοξειδίου του άνθρακα με βάση το Arduino που προτείνεται στην παρακάτω έρευνα (Pino, H., Pastor, V., Grimalt-Álvaro, C., & López, V. 2018). Στην έρευνα αυτή προτείνονται συνοδευτικές δραστηριότητες φυσικής όπου και μπορεί να αξιοποιηθεί όπως στην Χημεία μετρώντας το διοξείδιο που παράγεται κατά την εξουδετέρωση, τη φωτοσύνθεση και την αναπνοή στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

2.1.8 Συμπεράσματα

Η εκπαιδευτική πλατφόρμα Arduino σύμφωνα με τον Salar (2022) μπορεί να συνεισφέρει στη αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών/τριών, παρέχει ένα αρκετά φθηνό λογισμικό ανοιχτού κώδικα που μπορεί να αποκτηθεί από τα σχολεία, αυξάνει τη δημιουργικότητα των παιδιών με τη χρήση πολλαπλών αισθητήρων, ενισχύει τις γνώσεις τους για τις Φυσικές Επιστήμες, καλλιεργεί την κριτική τους σκέψη και τέλος βοηθάει στην εκμάθηση προγραμματισμού ηλεκτρικών υπολογιστών.

2.2 Lego WeDo

2.2.1 Lego WeDo Μηχανική και Ενέργεια

Η Vlachogianni χρησιμοποίησε το εργαλείο ρομποτικής Lego We Do προκειμένου να διδάξει σε μαθητές της ΣΤ' δημοτικού έννοιες μηχανικής όπως τι είναι ο τροχός, τη σχέση διαμέτρου και ταχύτητας περιστροφής και κατεύθυνσής του. Αξιοποίησε δραστηριότητες της αποθήκης υλικού της Lego και πιο συγκεκριμένα τη δραστηριότητα «Dancing Birds» ως τη βασική διδακτική δραστηριότητα. Υπήρχαν ακόμη δραστηριότητες προετοιμασίας, ενοποίησης και αξιολόγησης. Πέρα από τις έννοιες της μηχανικής που οι μαθητές κατέκτησαν, έμαθαν επίσης να κατασκευάζουν ένα ρομπότ, να προγραμματίζουν, να συνεργάζονται, να επιλύουν προβλήματα και να πειραματίζονται.

Μία ακόμη μελέτη χρησιμοποίησε την παραπάνω δραστηριότητα «Dancing Birds» μαζί με τη δραστηριότητα «Smart Spinner» προκειμένου να διδάξει αλγοριθμική σκέψη στο πλαίσιο των Φυσικών Επιστημών χρησιμοποιώντας το εργαλείο ρομποτικής Lego We Do σε μαθητές δημοτικού (Pinto-Llorente, A. M., Martín, S. C., González, M. C., & García-Reñalvo, F. J. 2016). Κατάφεραν έτσι σε ομάδες μαθητών να διδάξουν όχι μόνο τις προαναφερθείσες έννοιες μηχανικής που αφορούν τον τροχό αλλά με τη δεύτερη δραστηριότητα δίδαξαν έννοιες μηχανικής που αφορούν τα γρανάζια και έννοιες ενέργειας όπως η μετάδοση κίνησης και μεταφοράς ενέργειας διαμέσου της μηχανής. Οι ομάδες έδειξαν μεγάλο ενθουσιασμό για το εγχείρημα και θεώρησαν ότι είναι ένας τέλειος τρόπος να κινητοποιηθούν και να μάθουν περισσότερα για τον τομέα των Φυσικών Επιστημών.

2.3 Lego Mindstorm

2.3.1 Lego Mindstorm και μηχανική

Σύμφωνα με την πρώτη μελέτη, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν το Lego® Mindstorm® EV3 ως εκπαιδευτικό εργαλείο για ένα μάθημα φυσικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση σχετικά με την τριβή (Puspitasari, D., & Indratno T. K. 2021). Η συγκεκριμένη δραστηριότητα περιελάμβανε τη συναρμολόγηση ενός ρομπότ χρησιμοποιώντας το πακέτο Lego® Mindstorm® EV3. Μετά τη συναρμολόγηση του ρομπότ, οι μαθητές συμμετείχαν σε ένα πείραμα σχετικά με την τριβή, συγκεκριμένα τον προσδιορισμό του συντελεστή στατικής τριβής. Οι μαθητές είχαν την αποστολή να πειραματιστούν σχετικά με την τριβή συναρμολογώντας το ρομπότ και πραγματοποιώντας δραστηριότητες που περιελάμβαναν τη μέτρηση και την κατανόηση εννοιών όπως η δύναμη, η μάζα, η ταχύτητα, η απόσταση και η τριβή. Το πακέτο Lego® Mindstorm® EV3, εξοπλισμένο με αισθητήρες όπως ο γυροσκοπικός αισθητήρας, ο αισθητήρας γωνιακού μεγέθους και ο αισθητήρας μακρινής μέτρησης, διευκόλυνε αυτήν την πειραματική δραστηριότητα. Το επίκεντρο του πειράματος ήταν ο προσδιορισμός του συντελεστή στατικής τριβής, μια έννοια που συνήθως γίνεται αντιληπτή ως δεδομένες μετρήσεις χωρίς πρακτικούς πειραματισμούς. Συνοπτικά, οι μαθητές χρησιμοποίησαν το πακέτο Lego® Mindstorm® EV3 για να συναρμολογήσουν ένα ρομπότ και διεξήγαγαν πειράματα σχετικά με την τριβή, με στόχο να κατανοήσουν και να μετρήσουν τους συντελεστές στατικής τριβής μέσω πρακτικών δραστηριοτήτων. Οι ειδικοί έκριναν το εργαλείο μάθησης ως άριστο, υποδεικνύοντας την αξιοπιστία του.

Η επόμενη μελέτη περιλαμβάνει την έκθεση μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και καθηγητών φυσικής σε ένα εργαστήριο 3 εβδομάδων όπου αλληλοεπιδρούν με εκπαιδευτικές ρομποτικές δραστηριότητες (Ngugi, M. P., Murang'a, K., Maina, M. C., & Byrne, A. P.). Οι δραστηριότητες έχουν σχεδιαστεί για να ευθυγραμμίζονται με θέματα φυσικής και στοχεύουν στην προώθηση εμπειριών πρακτικής μάθησης. Ο αντίκτυπος των ρομποτικών δραστηριοτήτων αξιολογείται μέσω ερωτηματολογίων που χορηγούνται πριν

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

και μετά την έκθεση. Οι δύο βασικές δραστηριότητες ήταν η κατασκευή ενός ρομποτικού αυτοκινήτου και ενός ρομποτικού βραχίονα. Μέσα από δραστηριότητες όπως η αποφυγή εμποδίων, η ακολουθία μίας συνεχόμενης γραμμής και η περιστροφή του βραχίονα, οι μαθητές/τριες εκπαιδεύτηκαν σε έννοιες όπως η κίνηση, η ταχύτητα, η επιτάχυνση, η απόσταση, οι δυνάμεις και η ενέργεια.

Η τρίτη μελέτη αφορά το έργο PROMISE, χρηματοδοτούμενο από το Ιταλικό Υπουργείο Παιδείας είχε ως στόχο τη δημιουργία ενός εθνικού δικτύου για την εκπαιδευτική ρομποτική που θα περιλαμβάνει σχολεία, μουσεία και εταιρείες (Guastella, D., & D'Amico, A. 2020). Το έργο εκπαίδευσε δασκάλους και ειδικούς στην εκπαιδευτική ρομποτική, που περιλάμβανε πρακτική άσκηση 36 ωρών και αφορούσε στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η μελέτη στο PROMISE περιλάμβανε μια τάξη 21 μαθητών που χρησιμοποιούσαν πακέτο LEGO Mindstorm EV3 και που για πάνω από έξι εβδομαδιαίες δίωρες συναντήσεις, συμμετείχαν σε διάφορες δραστηριότητες εφαρμόζοντας έννοιες της φυσικής. Οι δραστηριότητες περιλάμβαναν προγραμματισμό ρομπότ για την επίλυση προβλημάτων φυσικής που σχετίζονται με την κίνηση, την ταχύτητα, την επιτάχυνση και άλλα. Κατά τη διάρκεια της 4^{ης} συνάντησης, οι μαθητές είχαν την αποστολή να εφαρμόσουν ένα πρόγραμμα που υπολόγιζε την ταχύτητα και την επιτάχυνση του ρομπότ. Ο υπολογισμός αφορούσε παράγοντες όπως η ακτίνα των τροχών και ο αριθμός των περιστροφών του κινητήρα. Οι μαθητές υπολόγισαν την ταχύτητα του ρομπότ, εφάρμοσαν προγράμματα για υπολογισμούς ταχύτητας και επιτάχυνσης και αντιμετώπισαν πολύπλοκα προβλήματα. Εν κατακλείδι, οι μαθητές επέδειξαν ποικίλες δεξιότητες, από επίλυση προβλημάτων φυσικής έως προγραμματισμό ρομπότ και πτυχές μηχανικής ενώ οι δάσκαλοι ανέφεραν αυξημένα κίνητρα στους μαθητές και βελτιωμένες ακαδημαϊκές επιδόσεις.

Η εκπαιδευτική δραστηριότητα ρομποτικής που περιγράφεται στη τελευταία μελέτη και η οποία αναφέρεται ως "ER-Physics Lab", σχεδιάστηκε για να διδάξει έννοιες φυσικής που σχετίζονται με την κίνηση χρησιμοποιώντας πακέτο ρομποτικής κατασκευής LEGO

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Mindstorm EV3 σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (D'Amico, A., Guastella, D., & Chella, A. 2020). Το εργαστήριο περιλάμβανε έξι μαθήματα και κάθε μάθημα επικεντρώθηκε σε διαφορετικές πτυχές της φυσικής και της ρομποτικής. Οι ομάδες έλυσαν προβλήματα φυσικής χρησιμοποιώντας ρομπότ όπως η εκτίμηση της ταχύτητας του ρομπότ με τον υπολογισμό του μήκους μιας διαδρομής και του χρόνου που απαιτείται για να την ακολουθήσει. Ακόμη οι μαθητές εφάρμοσαν ένα πρόγραμμα για τον υπολογισμό της ταχύτητας και της επιτάχυνσης του ρομπότ χρησιμοποιώντας την ακτίνα του τροχού και τον αριθμό των περιστροφών ενός κινητήρα. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων έγινε συγκρίνοντας τους βαθμούς των συμμετεχόντων πριν και μετά τη μελέτη καθώς και με ερωτηματολόγια. Η μελέτη δείχνει ότι το ER-Physics Lab βελτίωσε αποτελεσματικά την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών της φυσικής, ειδικά στην επίλυση προβλημάτων, και ενίσχυσε τις δεξιότητες συνεργασίας και ομαδικής εργασίας. Αν και δεν υπήρχε σημαντικός αντίκτυπος στους παραδοσιακούς σχολικούς βαθμούς, η πρακτική και η συνεργατική φύση της εκπαιδευτικής ρομποτικής φάνηκε να επηρεάζει θετικά τη συμμετοχή και τη μάθηση των μαθητών στη φυσική.

2.3.2 Lego Mindstorm και φως

Η μελέτη που διεξήχθη από τη Μαριέβη Παναγιώτου και τη Νίκη Ετεοκλέους-Γρηγορίου, από τη Σχολή Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Frederick της Κύπρου, περιγράφει ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα διάρκειας 10 ωρών που επικεντρώνεται γύρω από την ενότητα «Έννοιες του φωτός» για μαθητές της πέμπτης τάξης του δημοτικού σχολείου. Το πρόγραμμα είχε ως στόχο να διδάξει στους μαθητές διάφορες πτυχές του φωτός, συμπεριλαμβανομένης της διάδοσής του, της αλληλεπίδρασης με διαφορετικά υλικά και φαινόμενα όπως η ανάκλαση, η διάχυση και η απορρόφηση. Η μοναδική πτυχή αυτού του προγράμματος ήταν η ενσωμάτωση της ρομποτικής ως εκπαιδευτικού εργαλείου, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα το ρομπότ Lego Mindstorm NXT. Οι μαθητές χρησιμοποίησαν τον αισθητήρα φωτός στο ρομπότ για να μετρήσουν και να καταγράψουν

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

δεδομένα που σχετίζονται με την ένταση του φωτός ή άλλες σχετικές παραμέτρους και συμμετείχαν σε παρατηρήσεις που σχετίζονται με έννοιες του φωτός. Συμπερασματικά, η ρομποτική δραστηριότητα περιλάμβανε έναν συνδυασμό μετρήσεων, αισθητήρων, προγραμματισμού, δοκιμών και παρατηρήσεων που σχετίζονται με έννοιες φωτός. Το ρομπότ Lego Mindstorm NXT χρησίμευσε ως εκπαιδευτικό εργαλείο για να κάνει τη μαθησιακή εμπειρία πιο διαδραστική και πρακτική. Η μελέτη υποδηλώνει ότι αυτή η ενσωμάτωση επηρέασε θετικά τη στάση των μαθητών απέναντι στα θέματα STEM.

2.3.3 Lego Mindstorm και ενέργεια

Αυτή η εργασία εισάγει ένα πρόγραμμα που επικεντρώνεται στην πυρηνική φυσική, αξιοποιώντας το πακέτο LEGO® Mindstorm®. Η πρωτοβουλία περιλαμβάνει εκπαιδευμένους προπτυχιακούς φοιτητές που ενεργούν ως πρεσβευτές της επιστήμης, παρουσιάζουν και διεξάγουν εργαστήρια σε μαθητές δημοτικής εκπαίδευσης. Οι συμμετέχοντες προγραμματίζουν τα ρομπότ LEGO® Mindstorm® για να εμπλακούν διαδραστικά με έννοιες της πυρηνικής φυσικής (Cocolios, T. E., Lynch, K. M., & Nichols, E. 2017). Η πυρηνική φυσική συχνά αντιμετωπίζει λανθασμένες αντιλήψεις λόγω ιστορικών γεγονότων όπως η Χιροσίμα, το Ναγκασάκι και το Τσερνομπίλ. Αυτό το πρόγραμμα στοχεύει στην απομυθοποίηση της πυρηνικής επιστήμης, δίνοντας έμφαση στον ρόλο της στην κατανόηση θεμελιωδών δυνάμεων, αστρικών διεργασιών και ιατρικών εφαρμογών. Οι συμμετέχοντες (αρχικά είχε σχεδιαστεί για 14 -15 χρονών, στη συνέχεια προσαρμόστηκε για μικρότερες ηλικίες) έχουν την αποστολή να προγραμματίσουν τα ρομπότ LEGO® Mindstorm® για να εκτελούν συγκεκριμένες ενέργειες που σχετίζονται με έννοιες της πυρηνικής φυσικής. Η συγκεκριμένη εργασία ζητάει από τα ρομπότ να εντοπίσουν ένα «ραδιενεργό» μπλοκ LEGO®, να το ανυψώσουν και να το μεταφέρουν σε ένα καθορισμένο σημείο. Η επιτυχία του αρχικού εργαστηρίου με θέμα τα πυρηνικά οδήγησε στην ανάπτυξη παραλλαγών. Ένα θέμα επικεντρώθηκε στην εξερεύνηση και τον αποικισμό του Άρη, συνδεδεμένο με έννοιες που σχετίζονται με το διάστημα. Αυτή η

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

ρομποτική δραστηριότητα συνδυάζει αποτελεσματικά την εκπαίδευση, τη διαδραστική μάθηση και τη δημόσια δέσμευση, χρησιμοποιώντας τα ρομπότ LEGO® Mindstorm® ως δημιουργικό και προσβάσιμο εργαλείο για τη διδασκαλία σύνθετων επιστημονικών εννοιών που σχετίζονται με την πυρηνική φυσική και την εξερεύνηση του διαστήματος.

Η επόμενη εργασία περιγράφει την εφαρμογή ενός ρομποτικού πακέτου LEGO®, και συγκεκριμένα της πλατφόρμας EV3, σε ένα δημοτικό σχολείο στο Μεξικό για εκπαίδευση STEM (Ponce, P., Molina, A., Mata, O., & Baltazar, G. 2019). Το ρομποτικό πακέτο έχει προγραμματιστεί χρησιμοποιώντας το NI LabVIEW για τη δημιουργία 26 διαφορετικών δραστηριοτήτων που καλύπτουν θέματα μαθηματικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτές οι δραστηριότητες έχουν σχεδιαστεί για μαθητές από την τέταρτη έως την έκτη τάξη. Η δομή κάθε δραστηριότητας περιλαμβάνει θεωρητικές έννοιες που δίνονται στην τάξη, κατασκευή της ρομποτικής πλατφόρμας χρησιμοποιώντας LEGO® EV3, εκτέλεση ενός προφορτωμένου προγράμματος στη ρομποτική πλατφόρμα για αλληλεπίδραση με τις θεωρητικές έννοιες και, τέλος, αξιολόγηση της κατανόησης μέσω ενός ερωτηματολογίου που σχεδιάστηκε χρησιμοποιώντας το NI LabVIEW. Οι δραστηριότητες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας περιλαμβάνουν την κατασκευή και την κατανόηση συστημάτων ηλιακής και αιολικής ενέργειας χρησιμοποιώντας το πρόσθετο πακέτο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας του πακέτου EV3.

Όσον αφορά στη δραστηριότητα ηλιακής ενέργειας, κάθε μαθητής ή ομάδα μαθητών έλαβε ένα πακέτο EV3, που περιελάμβανε ηλιακό πάνελ, σερβοκινητήρες και άλλα απαραίτητα εξαρτήματα. Οι μαθητές ακολούθησαν οδηγίες κατασκευής για να συναρμολογήσουν έναν μηχανισμό που επέτρεπε στο ηλιακό πάνελ να γέρνει και να περιστρέφεται. Πειραματίστηκαν με διαφορετικούς προσανατολισμούς του ηλιακού πάνελ σε σχέση με μια πηγή φωτός (προσομοίωση του ήλιου). Παρατήρησαν και κατέγραψαν πώς η ποσότητα του φωτός που έφτανε στο ηλιακό πάνελ επηρέαζε την παραγόμενη ενέργεια. Από την άλλη, όσον αφορά στη δραστηριότητα αιολικής ενέργειας, Κάθε μαθητής ή ομάδα έλαβε ένα

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

πακέτο EV3, που περιελάμβανε μια ανεμογεννήτρια, σερβοκινητήρες και άλλα απαραίτητα εξαρτήματα. Οι μαθητές ακολούθησαν οδηγίες κατασκευής για να δημιουργήσουν μια ανεμογεννήτρια με ρυθμιζόμενα πτερύγια. Πειραματίστηκαν με διαφορετικές διαμορφώσεις της ανεμογεννήτριας, προσαρμόζοντας τον αριθμό και τη γωνία των πτερυγίων. Παρατήρησαν και κατέγραψαν πώς οι αλλαγές στη διαμόρφωση των πτερυγίων επηρέασαν την ισχύ που παράγεται όταν εκτέθηκαν σε έναν ανεμιστήρα που προσομοιώνει τον άνεμο.

Αυτές οι δραστηριότητες όχι μόνο παρείχαν πρακτική εμπειρία στην εργασία με τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αλλά και ενσωμάτωσαν τις έννοιες STEM, προωθώντας τη βαθύτερη κατανόηση των εμπλεκόμενων επιστημονικών αρχών.

2.4 Lego Spike

2.4.1 Lego Spike και μηχανική

Η εργασία που θα αναλυθεί συζητά τη χρήση των σετ ρομποτικής κατασκευής της LEGO Education, ιδιαίτερα του LEGO Spike Prime, για τη διδασκαλία της φυσικής στα δημοτικά σχολεία. Ο συγγραφέας τονίζει τις δυνατότητες αυτών των σετ ρομποτικής για την ενίσχυση της μαθησιακής εμπειρίας, την παροχή πρακτικών δραστηριοτήτων και τη συμβολή στη διεπιστημονική μάθηση. Το άρθρο εισάγει μια σειρά από πειράματα φυσικής που χτίστηκαν γύρω από το Spike Prime, προσφέροντας περιγραφές εργασιών, οδηγίες κατασκευής και λογισμικό για κάθε πείραμα. Τα πειράματα καλύπτουν διάφορα θέματα φυσικής, όπως η μέτρηση της ταχύτητας, η μέση ταχύτητα, η περιστροφική αδράνεια, το κέντρο βάρους, οι κλίμακες, ο μηχανικός μοχλός, οι τροχαλίες, το μαθηματικό εκκρεμές, η γεννήτρια στατικών κυμάτων και η φυγόκεντρη δύναμη (Petrovič, P. 2021). Το άρθρο αναγνωρίζει την κατανόηση του εκπαιδευτικού δυναμικού της LEGO Education και αναφέρει τη συμπερίληψη ενός αισθητήρα δύναμης στο Spike Prime, ο οποίος μετρά τη δύναμη σε μονάδες Newton. Τα 10 ρομποτικά πειράματα αναφέρονται συνοπτικά στη συνέχεια και μπορείτε να βρείτε αναλυτικές οδηγίες στον παρακάτω σύνδεσμο: https://wiki.robotika.sk/robowiki/index.php?title=Spike_up_Prime_Interest_in_Physics

Μέτρηση Ταχύτητας:

Περιγραφή: Οι μαθητές κατασκευάζουν μια συσκευή με αισθητήρα υπερήχων για τη μέτρηση του χρόνου που χρειάζεται για ένα κινούμενο αντικείμενο (π.χ. ένα αυτοκίνητο) να διασχίσει μια συγκεκριμένη απόσταση.

Θέμα Φυσικών Επιστημών: Κινηματική - Μέτρηση ταχύτητας και σχέση μεταξύ χρόνου, απόστασης και ταχύτητας.

Μέση ταχύτητα:

Περιγραφή: Ένα μηχανοκίνητο όχημα κινείται με ποικίλες ταχύτητες μεταξύ των πόλεων και οι μαθητές υπολογίζουν τις μέσες ταχύτητες με βάση τις γνωστές αποστάσεις και τους μετρούμενους χρόνους.

Θέμα Φυσικών Επιστημών: Κινηματική - Κατανόηση της μέσης ταχύτητας και των αποχρώσεων των υπολογισμών της ταχύτητας.

Περιστροφική αδράνεια:

Περιγραφή: Οι μαθητές θέτουν ένα αντικείμενο σε περιστροφή και χρησιμοποιούν έναν αισθητήρα χρώματος για να μετρήσουν το χρόνο που χρειάζεται για να σταματήσει η περιστροφή, διερευνώντας την επίδραση της κατανομής μάζας στην περιστροφική αδράνεια.

Θέμα Φυσικών Επιστημών: Περιστροφική κίνηση - Διερεύνηση της έννοιας της περιστροφικής αδράνειας.

Κέντρο βαρύτητας:

Περιγραφή: Οι μαθητές πειραματίζονται με την προσάρτηση διαφορετικών αντικειμένων σε ένα μοντέλο για να αλλάξουν το κέντρο βάρους του, υπολογίζοντας και μετρώντας το κέντρο βάρους.

Θέμα Φυσικών Επιστημών: Μηχανική - Κατανόηση της έννοιας του κέντρου βάρους.

Ζυγός:

Περιγραφή: Οι μαθητές κατασκευάζουν ένα μοντέλο ζυγαριάς για τη μέτρηση του βάρους, χρησιμοποιώντας το γυροσκόπιο για να υπολογίσουν τη μάζα ενός αντικειμένου.

Θέμα Φυσικών Επιστημών: Μηχανική - Κατανόηση αρχών που σχετίζονται με το βάρος και την ισορροπία.

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Μηχανικός μοχλός:

Περιγραφή: Ένας μηχανικός μοχλός με αισθητήρα δύναμης μετρά τη δύναμη που ασκείται σε αυτόν καθώς οι μαθητές προσαρτούν αντικείμενα διαφορετικού βάρους για να παρατηρήσουν τη μετάδοση της δύναμης.

Θέμα Φυσικών Επιστημών: Μηχανική - Κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι μοχλοί ενισχύουν ή μειώνουν τη δύναμη.

Τροχαλίες για ανύψωση βαρών:

Περιγραφή: Οι μαθητές χρησιμοποιούν έναν μηχανισμό τροχαλίας για να σηκώνουν αντικείμενα διαφορετικού βάρους, ελέγχοντας τόσο την ταχύτητα όσο και την ισχύ του κινητήρα για να επιτύχουν την ανύψωση.

Θέμα Φυσικών Επιστημών: Μηχανική - Διερεύνηση του μηχανικού πλεονεκτήματος των συστημάτων τροχαλιών.

Μαθηματικό εκκρεμές:

Περιγραφή: Οι μαθητές πειραματίζονται με την τροποποίηση του βάρους, του μήκους και της αρχικής θέσης ενός εκκρεμούς, παρατηρώντας τη συμπεριφορά που προκύπτει.

Θέμα Φυσικών Επιστημών: Κίνηση ταλάντωσης - Κατανόηση των παραμέτρων που επηρεάζουν τη συμπεριφορά ενός εκκρεμούς.

Γεννήτρια στατικών κυμάτων:

Περιγραφή: Χρησιμοποιώντας ένα σχοινί και έναν ταλαντευόμενο μηχανισμό, οι μαθητές παράγουν στατικά κύματα, συντονίζοντας συχνότητες και μετρώντας την ταχύτητα του κύματος.

Θέμα Φυσικών Επιστημών: Κύματα - Εξερευνώντας τις ιδιότητες και τις συχνότητες των κυμάτων.

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Φυγόκεντρος δύναμη:

Περιγραφή: Οι μαθητές μετρούν τη φυγόκεντρο δύναμη ενός κινούμενου σώματος κατά μήκος μιας κυκλικής τροχιάς χρησιμοποιώντας έναν αισθητήρα δύναμης.

Θέμα Φυσικών Επιστημών: Μηχανική - Κατανόηση της φυγόκεντρης δύναμης στην κυκλική κίνηση.

2.5 Micro:bit

2.5.1 Micro:bit και ήχος

Ο συγγραφέας στην έρευνα αυτή συζητά την ενσωμάτωση της ρομποτικής και της τεχνολογίας πληροφοριών (IT) στα μαθήματα φυσικών επιστημών για μαθητές της 5ης τάξης του δημοτικού σχολείου. Ο στόχος είναι να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις του 21ου αιώνα συνδυάζοντας αυτούς τους κλάδους μέσα στις τάξεις (Gaál, B. 2022). Η έρευνα του συγγραφέα περιλαμβάνει την εφαρμογή μαθημάτων φυσικών επιστημών χρησιμοποιώντας τη ρομποτική ως εργαλείο απεικόνισης και μοντελοποίησης. Η πλακέτα Micro:bit V2 του BBC επιλέχθηκε για την αποτελεσματικότητά της, ειδικά στην ενασχόληση των κοριτσιών με την πληροφορική. Ακόμη χρησιμοποιήθηκαν πρόσθετοι αισθητήρες για την επέκταση των λειτουργιών. Τα εργαλεία προγραμματίστηκαν από τους μαθητές σε περιβάλλον εικονικού προγραμματισμού με μπλοκς.

Οι μαθητές/τριες κλήθηκαν να κατασκευάσουν ένα σύστημα συναγερμού πυρκαγιάς χρησιμοποιώντας ρομποτική για να κατανοήσουν έννοιες που σχετίζονται με τον ήχο. Δημιούργησαν ένα σύστημα συναγερμού πυρκαγιάς όπου μια οθόνη LCD έστειλε ένα μήνυμα κειμένου στον χρήστη ενώ μια σειρήνα ηχούσε εάν ο αισθητήρας φλόγας ανίχνευε φωτιά. Οι μαθητές έπρεπε να προγραμματίσουν το Micro:bit για να ανταποκρίνεται στην είσοδο από τον αισθητήρα φλόγας, ενεργοποιώντας την κατάλληλη έξοδο τόσο στην οθόνη όσο και στη σειρήνα. Αυτό το έργο περιλαμβάνει την έννοια Φυσικής του ήχου, ιδιαίτερα τη συχνότητα του ήχου που παράγεται από τη σειρήνα. Το έργο όχι μόνο διδάσκει την έννοια του ήχου αλλά παρέχει επίσης μια πρακτική εφαρμογή για τον προγραμματισμό και την ηλεκτρονική. Το άρθρο παρουσιάζει τα αποτελέσματα των μαθητών σε σύγκριση με τα προηγούμενα έτη, δείχνοντας θετικές τάσεις στους βαθμούς. Τα σχόλια των μαθητών, που λήφθηκαν μέσω συνεντεύξεων και ερωτηματολογίων, υποδηλώνουν υψηλό ενδιαφέρον, κατανόηση και ενθουσιασμό για την ολοκληρωμένη προσέγγιση.

2.5.2 Micro:bit περιβάλλον και ενέργεια

Ο Gaal στη μελέτη του ενσωμάτωσε και δραστηριότητες ρομποτικής που αφορούν το περιβάλλον για το δημοτικό σχολείο. Πιο συγκεκριμένα, στόχος ήταν οι μαθητές να προσομοιώνουν και να αναπαραστήσουν οπτικά τη διαδικασία βλάστησης στη φύση χρησιμοποιώντας ρομποτική. Χρησιμοποιήθηκε η πλακέτα BBC micro:bit V2 μαζί με αισθητήρες που περιλαμβάνουν θερμόμετρο (P0) και αισθητήρα υγρασίας (P1). Οι μαθητές δημιούργησαν μια προσομοίωση χρησιμοποιώντας το micro:bit για να αναπαραστήσουν τις απαραίτητες συνθήκες για την έναρξη της βλάστησης.

Η ύπαρξη συνθηκών για τη βλάστηση παρακολουθήθηκε με τη χρήση αισθητήρων και εάν υπήρχαν όλοι οι εξωτερικοί παράγοντες, η οθόνη micro:bit έδειχνε ένα φυτό να αναδύεται από το σπόρο. Το έργο εισάγει τους μαθητές στους περιβαλλοντικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία βλάστησης, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία. Το έργο μπορεί να προάγει τη βιωσιμότητα, καθώς αναφέρεται η λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας του micro:bit, καταδεικνύοντας τη σημασία της ενεργειακής απόδοσης.

Το επόμενο άρθρο εξετάζει το BBC micro:bit, ως ένα μικρό προγραμματιζόμενο υπολογιστή που έχει σχεδιαστεί για να ενθαρρύνει την κωδικοποίηση και την ψηφιακή δημιουργικότητα μεταξύ των μικρών μαθητών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Austin, J., Baker, H., Ball, T., Devine, J., Finney, J., De Halleux, P., ... & Stockdale, G. 2020). Μία από τις δραστηριότητες ρομποτικής που προτείνεται απεικονίζει ένα περιβαλλοντικό έργο που χρησιμοποιεί το micro:bit για τη μέτρηση της υγρασίας του εδάφους. Ο συνδυασμός νερού και θρεπτικών συστατικών στο έδαφος επηρεάζει την αγωγιμότητα του - όσο περισσότερο νερό, τόσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα. Αυτό μπορεί να μετρηθεί απευθείας χρησιμοποιώντας μεταλλικούς ανιχνευτές και τον ενσωματωμένο αναλογικό αισθητήρα τάσης του micro:bit. Στη συνέχεια, το micro:bit προγραμματίζεται να λαμβάνει περιοδικά μια ένδειξη υγρασίας και να καταγράφει τα αποτελέσματα στο εσωτερικό σύστημα αρχείων

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

flash της συσκευής για μεταγενέστερη ανάλυση. Έτσι για παράδειγμα μία ένδειξη μπορεί να μας ενημερώνει σε περίπτωση που το φυτό χρειάζεται επιπλέον πότισμα.

Η τελευταία μελέτη περιλαμβάνει τη συναρμολόγηση και υλοποίηση ενός μετεωρολογικού σταθμού χρησιμοποιώντας τον μικροεπεξεργαστή Micro:bit (SILVA, A., SILVA, J., GOUVEIA, C., SILVA, E., et al. 2020) Το έργο έχει σχεδιαστεί για μαθητές της 5ης τάξης του δημοτικού σχολείου και στοχεύει στην ενσωμάτωση της τεχνολογίας στην εκπαίδευση των επιστημών διερευνώντας αβιοτικούς παράγοντες και την επιρροή τους στα ζώα και τα φυτά. Οι μαθητές συμμετέχουν στη συναρμολόγηση του μετεωρολογικού σταθμού. Μαθαίνουν για τα διάφορα στοιχεία του Micro:bit και του Weather:bit (επέκταση καιρού). Το έργο περιλαμβάνει μια πτυχή κωδικοποίησης και προγραμματισμού όπου οι μαθητές χρησιμοποιούν το Micro:bit για να προγραμματίσουν τον μετεωρολογικό σταθμό. Μαθαίνουν πώς να γράφουν κώδικα για να ελέγχουν το Micro:bit, το οποίο χρησιμεύει ως γέφυρα μεταξύ των αισθητήρων και των δεδομένων που συλλέγονται. Μόλις εγκατασταθεί και προγραμματιστεί ο μετεωρολογικός σταθμός, οι μαθητές ασχολούνται με τον χειρισμό και την ανάλυση των δεδομένων που ανακτώνται από αυτόν. Αυτό το βήμα περιλαμβάνει την κατανόηση των δεδομένων που συλλέγονται από τους αισθητήρες και την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τους αβιοτικούς παράγοντες που μετρώνται. Αυτό ευθυγραμμίζεται με θέματα φυσικής και περιβαλλοντικής επιστήμης, αφού διερευνάται το πώς οι φυσικοί παράγοντες στο περιβάλλον επηρεάζουν τους ζωντανούς οργανισμούς.

2.5.3 Micro:bit και θερμοκρασία – θερμότητα

Στην παρακάτω μελέτη οι μαθητές συμμετείχαν σε μια δραστηριότητα σχετική με τη ρομποτική που επικεντρώθηκε στη θερμοκρασία στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Ο τομέας που επιλέχθηκε για την εφαρμογή της είναι η μετεωρολογία και συγκεκριμένα οι μετεωρολογικές προβλέψεις και ο έλεγχος της ακρίβειάς τους (Nussbaumer, A., Steiner-Stanitznig, C. M., Luttenberger, S., Ebner, S. M., & Gütl, C. 2021). Στους μαθητές παρέχεται πρόγνωση καιρού για την ερχόμενη εβδομάδα, συμπεριλαμβανομένων των

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

ελάχιστων και μέγιστων θερμοκρασιών, καθώς και οι προβλεπόμενες καιρικές συνθήκες. Ο στόχος της έρευνας είναι να διερευνήσει και να αποδείξει την αξιοπιστία της πρόβλεψης και να καθορίσει εάν η ακρίβεια μειώνεται με την περίοδο πρόβλεψης. Συνοπτικά, η ρομποτική δραστηριότητα δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές που χρησιμοποιούν micro:bits για τη μέτρηση της θερμοκρασίας, ως μέρος της διαδικασίας συλλογής δεδομένων στο πλαίσιο της μελέτης των καιρικών προγνώσεων. Αυτή η δραστηριότητα ενσωματώνει την πρακτική συλλογή δεδομένων με έννοιες τεχνολογίας και επιστήμης δεδομένων.

2.5.4 Micro:bit ηλεκτρισμός και φως

Η πρώτη εργασία περιγράφει συγκεκριμένες δραστηριότητες που έχουν σχεδιαστεί για να εξοικειωθούν οι μαθητές του δημοτικού σχολείου με αισθητήρες, ενεργοποιητές και μικροελεγκτές. Πιο συγκεκριμένα, περιλαμβάνει πρακτικά έργα όπως το "Reaction Time", εστιάζοντας στα ηλεκτρικά κυκλώματα (Farcas, L. C., & Caltun, O. F. 2021). Οι ομαδικές δραστηριότητες περιλαμβάνουν κωδικοποίηση στο Micro: Bit και η ανατροφοδότηση από τους μαθητές της 3ης τάξης δείχνει μεγάλο ενθουσιασμό και ενδιαφέρον. Η παραπάνω δραστηριότητα στοχεύει να μυήσει τους μαθητές στην έννοια του ηλεκτρικού κυκλώματος και στην ιδέα του χρόνου αντίδρασης.

Οι μαθητές κατασκευάζουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα χρησιμοποιώντας έναν πείρο που αντιπροσωπεύει τον πίνακα και δύο καρφίτσες που συνδέουν το χαρτόνι με το Micro: Bit. Πατώντας ταυτόχρονα τον πείρο γείωσης (GND) και τον πείρο σύνδεσης, κλείνουν το κύκλωμα. Το Micro: Bit, που λειτουργεί ως οθόνη αφής, ανιχνεύει την αλλαγή στη φόρτιση και την ερμηνεύει ως σήμα ή εντολή. Αυτή η δραστηριότητα καταδεικνύει τα βασικά των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, την αγωγιμότητα του ανθρώπινου σώματος και τη μέτρηση του χρόνου αντίδρασης. Η εργασία ολοκληρώνεται δίνοντας έμφαση στην ανάγκη για ενημερωμένη εκπαίδευση που ενσωματώνει κινούμενα σχέδια, πειράματα και ρομποτική.

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Η λέσχη ρομποτικής NanoTechFun πυροδοτεί με επιτυχία την περιέργεια μεταξύ των μαθητών του δημοτικού, ενισχύοντας το ενδιαφέρον για τον προγραμματισμό και τη ρομποτική. Η εργασία υπογραμμίζει την ενεργό συμμετοχή, τον ενθουσιασμό και τις θετικές εμπειρίες των μαθητών, ανοίγοντας το δρόμο για μελλοντικά ενδιαφέροντα έργα στη ρομποτική εκπαίδευση.

Η επόμενη μελέτη παρουσιάζει μια ολοκληρωμένη εξέταση ενός προγράμματος σπουδών STEAM που έχει σχεδιαστεί για μαθητές δημοτικού σχολείου, με ιδιαίτερη έμφαση στην προώθηση της δημιουργικότητας μέσω μιας προσέγγισης προσανατολισμένης στην τέχνη (Lu, S. Y., Lo, C. C., & Syu, J. Y. 2022). Το πρόγραμμα σπουδών ενσωματώνει τις αρχές του Project-Based Learning (PBL), ενσωματώνοντας τόσο την "Κινέζικη κοπή χαρτιού" και την καινοτόμο τεχνολογία "BBC micro:bit". Στην έρευνα συμμετείχε δείγμα 21 μαθητών από ένα επιλεγμένο δημοτικό σχολείο. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα σπουδών STEAM περιλαμβάνει διάφορους στόχους, που κυμαίνονται από τη σύνδεση κυκλώματος και την καθημερινή εφαρμογή κυκλωμάτων έως την ενσωμάτωση χρώματος και φωτός στην οπτική, ενισχύοντας την ολιστική κατανόηση της τεχνολογίας και των τεχνών. Το εν λόγω έργο STEAM ενσωματώνει τη σχεδίαση προγράμματος Micro:bit και τη δημιουργία λαμπτήρων με κινεζική τεχνική κοπής χαρτιού, δίνοντας έμφαση στις έννοιες της φυσικής σε ένα πρόγραμμα σπουδών που βασίζεται στο project. Το πρόγραμμα σπουδών ενσωματώνει αποτελεσματικά τις έννοιες της φυσικής, ιδιαίτερα στην οπτική και τη σύνθεση φωτός. Μέσω της εφαρμογής του σχεδιασμού προγράμματος Micro:bit, οι μαθητές εξερευνούν την αλληλεπίδραση μεταξύ αισθητήρων χειρονομιών και φωτεινών λωρίδων, προσαρμόζοντας τα φώτα με βάση τις χειρονομίες. Αυτή η πρακτική εξερεύνηση δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να κατανοήσουν τη φύση της συμπεριφοράς του φωτός και της οπτικής.

2.5.5 Micro:bit και πειράματα Φυσικής

Η παρακάτω μελέτη περιγράφει ένα έργο που επικεντρώνεται στην ενίσχυση της εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών με τη συμμετοχή των μαθητών του δημοτικού σχολείου στην ανάπτυξη πειραματικού εξοπλισμού χρησιμοποιώντας το BBC Micro:bit και τους αισθητήρες του (Bernad, P., Šic, D., Repnik, R., & Osrajnik, D. 2021). Το κίνητρο πίσω από το έργο είναι η παρατήρηση ότι ο παραδοσιακός εξοπλισμός μέτρησης στην εκπαίδευση της φυσικής είναι συχνά ψηφιακός και στερείται της πρακτικής εμπειρίας για τους μαθητές. Η χρήση του Micro:bit έχει ως στόχο να γεφυρώσει αυτό το χάσμα, παρέχοντας στους μαθητές ευκαιρίες να συνδέσουν αισθητήρες, να γράψουν κώδικα και να κατανοήσουν την υποκείμενη φυσική των πειραμάτων. Τρία πειράματα διεξάγονται χρησιμοποιώντας το BBC Micro:bit και τους αισθητήρες του και παρουσιάζονται συνοπτικά στη συνέχεια.

Πείραμα 1: Μέτρηση της τάσης της μπαταρίας και της υγρασίας του εδάφους

Διαδικασία: Οι μαθητές μετρούν την τάση της μπαταρίας χρησιμοποιώντας τον πείρο γείωσης και έναν αριθμημένο πείρο. Εφαρμόζουν τις γνώσεις για να κατασκευάσουν ένα σύστημα υγρασίας εδάφους χρησιμοποιώντας δύο μεταλλικά νύχια που συνδέονται με έναν αριθμημένο πείρο και τον ακροδέκτη 3V. Μετατρέπουν τα αναλογικά δεδομένα σε υγρασία του εδάφους μετρώντας τη ροή του ρεύματος από τρία δοχεία με διαφορετική υγρασία.

Πείραμα 2: Παρατήρηση της μεταβολής της θερμοκρασίας με θερμομόνωση.

Διαδικασία: Οι μαθητές καλύπτουν ένα Micro:bit σε θερμομονωτικό υλικό και παρατηρούν τις αλλαγές θερμοκρασίας όταν τοποθετείται σε πάγο. Συγκρίνουν τα αποτελέσματα με άλλες ομάδες που χρησιμοποιούν διαφορετικά θερμομονωτικά υλικά. Έτσι μαθαίνουν για τη σημασία του να φορούν ζεστά ρούχα κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Πείραμα 3: Σύγκριση τραχύτητας της χιονοδρομικής βάσης με αισθητήρες φωτός

Διαδικασία: Οι μαθητές κατασκευάζουν 2 πύλες χρόνου σε μια ξύλινη σανίδα χρησιμοποιώντας δύο Micro:bits. Στη συνέχεια, μετρούν τον χρόνο όταν οι αισθητήρες φωτός ανιχνεύουν μια φιγούρα που περνάει. Τέλος, χρησιμοποιούν ραδιοεπικοινωνία για να υπολογίσουν τη διαφορά ώρας και να την προβάλλουν στη μήτρα LED σε ένα τρίτο Micro:bit.

2.5.6 Micro:bit συμπεράσματα

Το Micro: bit κέρδισε σε δημοτικότητα παγκοσμίως για την οικονομική προσιτότητα και την ευελιξία του. Χρησιμοποιήθηκε ποικιλοτρόπως στη φυσική, τη χημεία, τη βιολογία και την περιβαλλοντική επιστήμη. Τα οφέλη περιλαμβάνουν βελτιωμένες δεξιότητες προγραμματισμού, ενισχυμένη επιστημονική κατανόηση και αυξημένα κίνητρα ενώ οι προκλήσεις περιλαμβάνουν την κατάρτιση των εκπαιδευτικών, την περιορισμένη πρόσβαση στην τεχνολογία και την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα.

Το συγκεκριμένο ρομποτικό εργαλείο βρίσκει εκτεταμένη χρήση στην επιστήμη των υπολογιστών (45%) και στο STEM (20%), με εφαρμογές στην τεχνολογική εκπαίδευση, τη ρομποτική, τα μαθηματικά και τη φυσική με εξαιρετικά αποτελέσματα στην ενίσχυση της υπολογιστικής σκέψης, της επίλυσης προβλημάτων και των δεξιοτήτων συνεργασίας. Ενισχύει το ενδιαφέρον των μαθητών, τη συμμετοχή και την κριτική σκέψη. Οι μελέτες σημειώνουν θετικές επιπτώσεις στη δημιουργικότητα και την ανάπτυξη ψηφιακών δεξιοτήτων. Ωστόσο, οι προκλήσεις περιλαμβάνουν την εξάρτηση από την τεχνογνωσία των εκπαιδευτικών και το πιθανό γνωστικό φορτίο λόγω λεπτομερών οδηγιών (Quyen, K. T., Van Bien, N., & Thuan, N. A. 2023).

Το Micro: bit είναι ένα ισχυρό εκπαιδευτικό εργαλείο, που έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει τα μαθησιακά αποτελέσματα και δημιουργεί δυναμικά περιβάλλοντα. Αν και υπάρχουν προκλήσεις, οι βελτιώσεις στον σχεδιασμό του, την τεχνική υποστήριξη, την κατάρτιση των

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

εκπαιδευτικών και το απόθεμα υλικού μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη χρήση του. Προτείνεται περαιτέρω έρευνα σχετικά με την αποτελεσματικότητα του Micro:bit σε ποικίλα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, τον μακροπρόθεσμο αντίκτυπό του και την πιθανή ενσωμάτωση με αναδυόμενες τεχνολογίες όπως η εικονική και η επαυξημένη πραγματικότητα.

3. Σκοπός και στόχοι της έρευνας

Ο σκοπός αυτής της μελέτης είναι να αναλύσει διεξοδικά τη χρήση των εργαλείων εκπαιδευτικής ρομποτικής στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και των εννοιών της φυσικής στην πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση. Αυτή η έρευνα στοχεύει να αντιμετωπίσει τρία κρίσιμα ερωτήματα που έχουν τεράστια αξία για το μέλλον της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες:

Πρώτος στόχος είναι να προσδιοριστεί ο βαθμός στον οποίο χρησιμοποιούνται διάφορα εργαλεία εκπαιδευτικής ρομποτικής (Arduino, Lego WeDo, Lego Mindstorms, Lego Spike, Micro:bit) για τη διδασκαλία συγκεκριμένων εννοιών της φυσικής. Εξετάζοντας την υπάρχουσα βιβλιογραφία, αυτή η μελέτη επιδιώκει να χαρτογραφήσει την επικράτηση κάθε εργαλείου στην αντιμετώπιση βασικών εννοιών της φυσικής όπως ο ηλεκτρισμός, το φως, η θερμότητα, ο ήχος και οι αρχές της μηχανικής. Αυτή η ανάλυση θα αποκαλύψει ποια εργαλεία χρησιμοποιούνται πιο συχνά για τη διδασκαλία συγκεκριμένων θεμάτων φυσικής σε διαφορετικά επίπεδα εκπαίδευσης (Mokhtar et al., 2018).

Δεύτερος στόχος είναι η διερεύνηση του εάν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στη συχνότητα ή τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται τα εργαλεία εκπαιδευτικής ρομποτικής στην εκπαίδευση, συγκρίνοντας τις βαθμίδες εκπαίδευσης και συγκεκριμένα από την πρωτοβάθμια μέχρι και την τριτοβάθμια εκπαίδευση. Η ανάλυση θα διερευνήσει εάν η πολυπλοκότητα των εργαλείων και οι στοχευμένες επιστημονικές έννοιες διαφέρουν με βάση την ηλικία και το αναπτυξιακό στάδιο των μαθητών (Santos et al., 2017). Για παράδειγμα, μια μελέτη των Santos et al. (2017) ερευνήσε τη χρήση της ρομποτικής σε ένα πρόγραμμα επιστήμης στο γυμνάσιο, υπογραμμίζοντας την αποτελεσματικότητά της στην ενίσχυση της γνώσης περιεχομένου αλλά και στα κίνητρα και την εμπλοκή των μαθητών.

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Αυτό υποδηλώνει πιθανές διαφορές στον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζεται η ρομποτική σε όλα τα εκπαιδευτικά επίπεδα.

Τέλος, τρίτος στόχος είναι να προσδιοριστεί εάν διαφορετικά εργαλεία εκπαιδευτικής ρομποτικής δίνουν έμφαση στην ανάπτυξη διακριτών δεξιοτήτων των μαθητών που σχετίζονται με την εξερεύνηση της επιστήμης. Αυτή η ερώτηση διερευνά πώς κάθε εργαλείο εκπαιδευτικής ρομποτικής ενισχύει συγκεκριμένες δεξιότητες όπως η επίλυση προβλημάτων, η ομαδική εργασία, ο πειραματισμός, η συλλογή δεδομένων και η δημιουργική σκέψη. Αναλύοντας τους τύπους των επιστημονικών εννοιών που αντιμετωπίζει κάθε εργαλείο, η έρευνα αναμένει να αποκαλύψει πώς προωθούν την ανάπτυξη αυτών των κρίσιμων δεξιοτήτων στους μαθητές (Jang et al., 2019). Για παράδειγμα, μια κριτική των Jang et al. (2019) τονίζει τις δυνατότητες της εκπαιδευτικής ρομποτικής για την ανάπτυξη των ικανοτήτων STEM των μαθητών, συμπεριλαμβανομένων των δεξιοτήτων κριτικής σκέψης και επίλυσης προβλημάτων που βελτιώνονται μέσω του σχεδιασμού και του προγραμματισμού ρομπότ.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ:

- Σε ποιο βαθμό χρησιμοποιούνται τα ρομποτικά εργαλεία Arduino, Lego We Do, Lego Mindstorm, Lego Spike και Micro:bit για τη διδασκαλία συγκεκριμένων εννοιών της φυσικής;
- Υπάρχει σημαντική διαφορά στα μοτίβα χρήσης αυτών των εργαλείων στην πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση;
- Το κάθε ένα από τα παραπάνω ρομποτικά εργαλεία δίνει έμφαση στην ανάπτυξη συγκεκριμένων διακριτών δεξιοτήτων των μαθητών;

Απαντώντας σε αυτά τα ερευνητικά ερωτήματα, αυτή η μελέτη στοχεύει να παρέχει πολύτιμες γνώσεις σχετικά με την αποτελεσματικότητα και τις ποικίλες εφαρμογές της

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

εκπαιδευτικής ρομποτικής στην εκπαίδευση των επιστημών. Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο αυτά τα εργαλεία χρησιμοποιούνται σε διαφορετικά επίπεδα εκπαίδευσης και έννοιες της φυσικής θα ανοίξει το δρόμο για την ανάπτυξη πιο στοχευμένων και αποτελεσματικών εμπειριών εκμάθησης Φυσικής για μαθητές όλων των ηλικιών.

4. Μεθοδολογία

Η έρευνα αυτή περιλαμβάνει μια ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας σχετικά με τη χρήση εκπαιδευτικών εργαλείων ρομποτικής για τη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών μέσα από την ανάγνωση ερευνητικών άρθρων.

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση, που αναφέρεται και ως “μετα-ανάλυση” (Cooper, H., Hedges, L. V., & Valentine, J. C. (Eds.). 2019) , αποτελεί μια σχολαστική και ενδεδειγμένη προσέγγιση στην έρευνα, η οποία εξυπηρετεί το σκοπό της ενοποίησης και του ελέγχου των υφιστάμενων επιστημονικών εργασιών που σχετίζονται με ένα συγκεκριμένο θέμα. Η διαδικασία περιλαμβάνει τον προσδιορισμό, την επιλογή και την κριτική αξιολόγηση των σχετικών μελετών, με στόχο να προσφέρει μια συνοπτική επισκόπηση της παρούσας κατανόησης σχετικά με το θέμα που εξετάζεται.

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση συγκεκριμένων ερευνητικών ερευνών μέσω μιας μεθοδικής εξερεύνησης διαφορετικών βάσεων δεδομένων και πηγών, αναζητώντας μελέτες που έχουν κριθεί από κριτές που συμμορφώνονται με προκαθορισμένα κριτήρια για συμπερίληψη και αποκλεισμό (Moher et al., 2009). Εφαρμόζοντας αυστηρά και διαφανή κριτήρια επιλογής, οι συστηματικές ανασκοπήσεις προσπαθούν να μετριάσουν την προκατάληψη και να εξασφαλίσουν την ενσωμάτωση μόνο κορυφαίας ποιότητας και σχετικών μελετών στην ανάλυση του θέματος.

Πλεονεκτήματα μετα – ανάλυσης

Η μετα-ανάλυση και οι ανασκοπήσεις έρευνας παρουσιάζουν μια σειρά από πλεονεκτήματα στην επιστημονική έρευνα . Πρώτον, η μετα-ανάλυση προσφέρει μια ολοκληρωμένη σύνθεση των υπαρχόντων στοιχείων από διάφορες μελέτες, συμβάλλοντας στη γενίκευση και την αξιοπιστία των συμπερασμάτων (Lee, 2018). Αυτό αποδεικνύεται ιδιαίτερα πολύτιμο σε τομείς με πληθώρα μελετών, παρέχοντας στους ερευνητές μια διεξοδική και λεπτή κατανόηση του θέματος.

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Οι συστηματικές ανασκοπήσεις διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στον εντοπισμό περιοχών συναίνεσης και διαφωνίας στη βιβλιογραφία. Με αυτόν τον τρόπο, βοηθούν στη βελτίωση των ερευνητικών ερωτημάτων και στην καθοδήγηση της περαιτέρω έρευνας. Η διαδικασία εντοπισμού των ασυνεπειών όχι μόνο διευκολύνει τη βαθύτερη κατανόηση του θέματος, αλλά χρησιμεύει επίσης στη γεφύρωση των χασμάτων στη γνώση, συμβάλλοντας σε μια πιο ολιστική προοπτική (Lee, 2018).

Η αποτελεσματικότητα στη χρήση των πόρων είναι ένα άλλο αξιοσημείωτο πλεονέκτημα των συστηματικών αναθεωρήσεων. Η στήριξη σε υπάρχουσες μελέτες τις καθιστά πιο αποδοτικές από άποψη χρόνου και πόρων σε σύγκριση με τις προσπάθειες συλλογής πρωτογενών δεδομένων (Lee, 2018). Αυτό αποδεικνύεται ιδιαίτερα επωφελές σε τομείς που αντιμετωπίζουν τεχνικές προκλήσεις ή περιορισμούς κόστους, επιτρέποντας στους ερευνητές να μεγιστοποιήσουν τη χρησιμότητα των διαθέσιμων δεδομένων.

Επιπλέον, η μετα-ανάλυση ενισχύει τη στατιστική ισχύ συγκεντρώνοντας δεδομένα από πολλαπλές μελέτες, αποδεικνύοντας ιδιαίτερα ευεργετική κατά την εξερεύνηση σπάνιων αποτελεσμάτων ή υποομάδων (Lee, 2019). Αυτή η αυξημένη στατιστική ισχύς παρέχει στους ερευνητές μια πιο ισχυρή βάση για την εξαγωγή ουσιαστικών συμπερασμάτων.

Ενόψει των αντικρουόμενων ευρημάτων στην επιστημονική έρευνα, η μετα-ανάλυση προσφέρει μια συστηματική προσέγγιση για τον συμβιβασμό των αποκλίσεων, παρουσιάζοντας μια πιο ολοκληρωμένη και εναρμονισμένη προοπτική. Μέσω της ποσοτικής σύνθεσης, οι ερευνητές μπορούν να εντοπίσουν πρότυπα και να αποκαλύψουν πηγές μεταβλητότητας, συμβάλλοντας σε ένα πιο ενοποιημένο σώμα γνώσης.

Τέλος, οι συστηματικές ανασκοπήσεις διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στον εντοπισμό προκαταλήψεων στα αποτελέσματα της μελέτης. Η αυστηρή αξιολόγηση της μεθοδολογίας και της ποιότητας της μελέτης διασφαλίζει τη διαφάνεια και τη λογοδοσία στη διαδικασία δημοσίευσης, αποτρέποντας την αδικαιολόγητη εύνοια μελετών με σημαντικά αποτελέσματα (Lee, 2019).

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Συμπερασματικά, τα πολύπλευρα οφέλη της μετα-ανάλυσης και των ερευνητικών ανασκοπήσεων, συμπεριλαμβανομένης της παροχής περιεκτικών επισκόπησης, της αύξησης της στατιστικής ισχύος και της συμφωνίας αντικρουόμενων ευρημάτων, τα καθιστούν απαραίτητα εργαλεία για τους ερευνητές που εξερευνούν τα πεδία τους με αυστηρότητα και προνοητικότητα (Lee, 2018; Lee, 2019).

Μειονεκτήματα μετα – ανάλυσης

Η μετα-ανάλυση είναι αναμφίβολα ένα χρήσιμο εργαλείο στη σύγχρονη έρευνα, προσφέροντας τη δυνατότητα σύνθεσης πολλαπλών μελετών για την εξαγωγή πιο αξιόπιστων συμπερασμάτων. Ωστόσο, όπως κάθε ερευνητική μεθοδολογία, η μετα-ανάλυση δεν είναι χωρίς περιορισμούς.

Ένα από τα κύρια προβλήματα που προκύπτουν στη μετα-ανάλυση είναι η ετερογένεια και η μεταβλητότητα μεταξύ των μελετών που περιλαμβάνονται, η οποία απαιτεί προηγμένες στατιστικές τεχνικές για την αντιμετώπιση (Borenstein et al., 2010). Η προκατάληψη της δημοσίευσης είναι ένα άλλο σημαντικό ζήτημα, καθώς μελέτες με θετικά αποτελέσματα είναι πιο πιθανό να δημοσιευτούν, ενώ μελέτες με αρνητικά ή μηδενικά αποτελέσματα είναι λιγότερο πιθανό να εμφανιστούν, προκαλώντας υπερεκτίμηση των αποτελεσμάτων (Sterne et al., 2000).

Επιπλέον, η ποιότητα και η αξιοπιστία της μετα-ανάλυσης εξαρτώνται σημαντικά από την ποιότητα των υποκείμενων μελετών. Σε τομείς όπου η έρευνα είναι περιορισμένη ή χαμηλής ποιότητας, η μετα-ανάλυση μπορεί να είναι μη πρακτική ή να παράγει αποτελέσματα αμφισβητήσιμης εγκυρότητας (Sutton et al., 2000).

Σε περιπτώσεις όπου οι μελέτες μοιράζονται κοινούς συμμετέχοντες ή δεδομένα, υπάρχει κίνδυνος επικάλυψης δεδομένων, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε υπερεκτίμηση των αποτελεσμάτων (Higgins et al., 2005). Τέλος, η μετα-ανάλυση αντιμετωπίζει προκλήσεις όσον αφορά τον υπολογισμό των περιβαλλοντικών παραγόντων που επηρεάζουν τα

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

αποτελέσματα, καθώς αυτοί μπορεί να μην είναι πάντα ποσοτικοποιήσιμοι ή να μην αναφέρονται ομοιόμορφα σε όλες τις μελέτες (Higgins et al., 2005).

Αναγνωρίζοντας αυτούς τους περιορισμούς, οι ερευνητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη μετα-ανάλυση με σύνεση, διασφαλίζοντας ότι η εφαρμογή της ευθυγραμμίζεται με τις συγκεκριμένες αποχρώσεις και την πολυπλοκότητα του συγκεκριμένου ερωτήματος.

Μετα –ανάλυση παρούσας έρευνας

Η έρευνα αυτή περιλαμβάνει μια ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας σχετικά με τη χρήση εκπαιδευτικών εργαλείων ρομποτικής για τη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών. Επομένως, για την παρούσα ανασκόπηση ακολουθούνται οι οδηγίες για συστηματικές ανασκοπήσεις όπως περιγράφονται από τους Kitchenham et al., 2007 και Wohlin et al., 2012. Οι οδηγίες αυτές αποτελούνται από τρία βήματα : σχεδιασμός (planning), διεξαγωγή (conducting) και αναφορά (reporting). Για την απάντηση των ερευνητικών ερωτήσεων ακολουθούνται οι εξής προτάσεις (Aznoli & Navimipour, 2017) 1) προσδιορισμός των προηγούμενων ερευνών και των αντικειμένων τους 2) συνοψισμός των ευρημάτων της μελέτης και περιορισμοί 3) εντοπισμός των πιο σημαντικών πρακτικών και θεωρητικών επιπτώσεων και 4) εντοπισμός των αναδυόμενων ερευνητικών κενών και των μελλοντικών τομέων έρευνας.

Για τη διεξαγωγή μιας περιεκτικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης σχετικά με τη χρήση εκπαιδευτικών εργαλείων ρομποτικής για τη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών πραγματοποιήθηκαν συστηματικές αναζητήσεις σε πολλαπλές βάσεις δεδομένων. Οι βάσεις δεδομένων περιελάμβαναν το Google Scholar, το ERIC, το IEEE Xplore, το JSTOR και το ScienceDirect.

Οι ακόλουθοι όροι αναζήτησης και οι Boolean Operators (AND, OR) χρησιμοποιήθηκαν για να εξασφαλιστεί ένα περιεκτικό σύνολο αποτελεσμάτων: Για τη χρήση εκπαιδευτικών

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

εργαλείων ρομποτικής για τη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών: Education AND Robotics AND (Arduino OR Lego OR Micro:bit) AND (Physics OR Science OR Natural Sciences). Εκτός από τη χρήση των Boolean Operators , τα αποτελέσματα αναζήτησης βελτιώθηκαν χρησιμοποιώντας εισαγωγικά γύρω από συγκεκριμένες φράσεις για την αναζήτηση ακριβών στοιχείων. Για παράδειγμα, χρησιμοποιήθηκαν εισαγωγικά γύρω από τη φράση "Educational robotics in Physics". Για να εξασφαλιστεί η ποιότητα και η συνάφεια των επιλεγμένων άρθρων, χρησιμοποιήθηκαν επιλογές φιλτραρίσματος που είναι διαθέσιμες σε κάθε βάση δεδομένων. Αυτά περιελάμβαναν φιλτράρισμα κατά τύπο δημοσίευσης (journal articles) και εύρος ημερομηνιών (2015 -2023).

Βάσεις δεδομένων και αποτελέσματα

Η αναζήτηση απέδωσε ποικίλους αριθμούς άρθρων στις διάφορες βάσεις δεδομένων:

Google Scholar : Εκπαιδευτική ρομποτική Arduino στις Φυσικές Επιστήμες: 12.000 άρθρα. Εκπαιδευτική ρομποτική Lego στις Φυσικές Επιστήμες: 13.700 άρθρα. Εκπαιδευτική ρομποτική Micro:bit στις Φυσικές Επιστήμες: 749 άρθρα.

ERIC: Εκπαιδευτική ρομποτική Arduino στις Φυσικές Επιστήμες: 25 άρθρα. Εκπαιδευτική ρομποτική Lego στις Φυσικές Επιστήμες: 23 άρθρα. Εκπαιδευτική ρομποτική Micro:bit στις Φυσικές Επιστήμες: 9 άρθρα.

IEEE Xplore: Εκπαιδευτική ρομποτική Arduino στις Φυσικές Επιστήμες: 2 άρθρα. Εκπαιδευτική ρομποτική Lego στις Φυσικές Επιστήμες: 3 άρθρα. Εκπαιδευτική ρομποτική Micro:bit στις Φυσικές Επιστήμες: 0 άρθρα.

JSTOR : Εκπαιδευτική ρομποτική Arduino στις Φυσικές Επιστήμες: 19 άρθρα. Εκπαιδευτική ρομποτική Lego στις Φυσικές Επιστήμες: 38 άρθρα. Εκπαιδευτική ρομποτική Micro:bit στις Φυσικές Επιστήμες: 0 άρθρα.

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

ScienceDirect : Εκπαιδευτική ρομποτική Arduino στις Φυσικές Επιστήμες: 86 άρθρα.
Εκπαιδευτική ρομποτική Lego στις Φυσικές Επιστήμες: 67 άρθρα. Εκπαιδευτική
ρομποτική Micro:bit στις Φυσικές Επιστήμες: 0 άρθρα.

Για να επιλεγθούν τα πιο σχετικά με την έρευνα άρθρα από τα αποτελέσματα αναζήτησης εφαρμόστηκαν τα ακόλουθα κριτήρια: Στην έρευνα συμπεριλήφθηκαν μόνο άρθρα που έχουν κριθεί από κριτές δημοσιευμένα στα αγγλικά. Έπρεπε να επικεντρώνονται στη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών με τη χρήση των ρομποτικών εργαλείων Arduino, Lego και Micro:bit. Προτιμήθηκαν άρθρα που δημοσιεύτηκαν τα τελευταία 8 χρόνια ώστε τα ρομποτικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται να είναι σύγχρονα, όπως το Micro:bit που είναι ιδιαίτερα καινούργιο. Ακόμη, το χρονικό περιθώριο της παρούσης εργασίας ήταν πολύ μικρό για να μελετηθούν άρθρα σχετικά με τα ρομποτικά εργαλεία και τις δραστηριότητες όλων των προηγούμενων χρόνων. Οι περιλήψεις των άρθρων που εμφανίστηκαν από την αναζήτηση εξετάστηκαν ως προς τη συνάφεια σύμφωνα με τα κριτήρια επιλογής. Τέλος, παρά το γεγονός ότι η παρούσα έρευνα επικεντρώνεται κυρίως στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, επιλέχθηκαν και άρθρα που αφορούν μεγαλύτερη βαθμίδα 1) εάν αφορούσαν έννοιες Φυσικής που διδάσκονται στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση και 2) εάν οι δραστηριότητες που περιγράφονται μπορούν να τροποποιηθούν για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Διαχείριση διπλότυπων άρθρων

Ένα ουσιαστικό μέτρο για τη βελτίωση του αποθετηρίου άρθρων για έλεγχο ήταν ο εντοπισμός και η εξάλειψη των διπλότυπων άρθρων—αυτών που εμφανίστηκαν σε περισσότερες από μία βάσεις δεδομένων ή ανακτήθηκαν πολλές φορές στην ίδια βάση

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

δεδομένων λόγω διαφοροποιήσεων στους όρους αναζήτησης. Η αντιμετώπιση των διπλότυπων περιλάμβανε μια συστηματική προσέγγιση.

Αρχικά, όλα τα άρθρα που πληρούσαν τα αρχικά κριτήρια επιλογής εισήχθησαν στο λογισμικό EndNote. Κατόπιν αυτού, το λογισμικό χρησιμοποιήθηκε για την αυτοματοποιημένη αναγνώριση διπλότυπων με βάση τους αντίστοιχους τίτλους, τους συγγραφείς και τα στοιχεία δημοσίευσης.

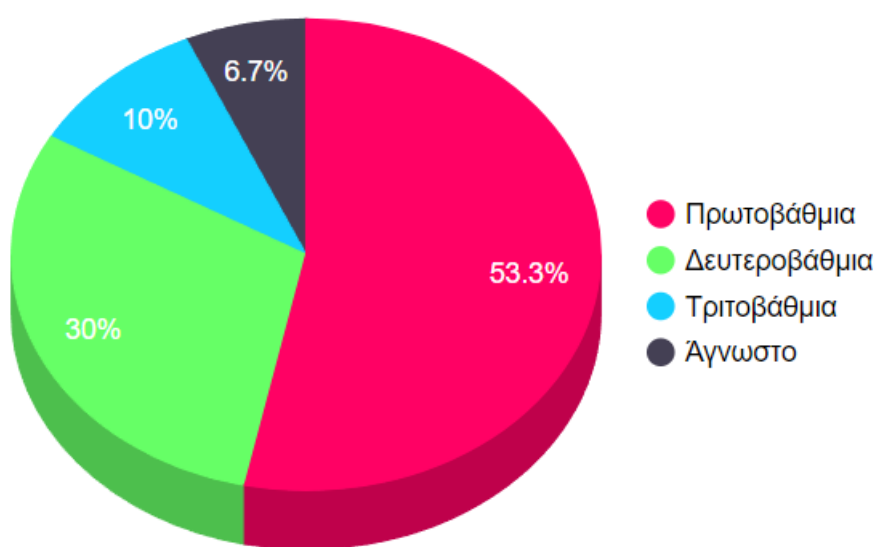
Μετά την αυτοματοποιημένη αφαίρεση των διπλότυπων, διενεργήθηκε ενδελεχής έλεγχος για να διασφαλιστεί ότι δεν παραβλέφθηκαν αντίγραφα κατά τη διαδικασία του λογισμικού. Αυτός ο έλεγχος περιλάμβανε την εξέταση τίτλων και συγγραφέων των υπόλοιπων άρθρων και τον έλεγχο για πιθανές αποκλίσεις που ενδέχεται να μην είχαν εντοπιστεί από το λογισμικό, όπως μικρές παραλλαγές στη διατύπωση του τίτλου ή στα ονόματα των συγγραφέων.

Η εξάλειψη των διπλότυπων ολοκλήρωσε το σύνολο των άρθρων για μια εις βάθος ανασκόπηση, διασφαλίζοντας ότι κάθε μελέτη λογιστικοποιήθηκε και αναλύθηκε μόνο μία φορά. Τελικά, στην έρευνα συγκαταλέγονται 30 άρθρα.

Τελική βάση δεδομένων

Από τα 30 άρθρα που συμπεριλήφθηκαν στην έρευνα, 3 άρθρα, δηλαδή το 10% των άρθρων αναφέρονται στη χρήση εκπαιδευτικών εργαλείων ρομποτικής για τη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση (προπτυχιακοί και μεταπτυχιακοί φοιτητές), 9 άρθρα, η αλλιώς το 30%, αναφέρονται στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (γυμνάσιο, λύκειο), ενώ τέλος 16 άρθρα, δηλαδή το 53,33 %, αναφέρονται στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση δηλαδή σε μαθητές 6-12 ετών. Τα υπόλοιπα 2 άρθρα, το 6,67%, δεν προσδιορίζουν ακριβώς την βαθμίδα εκπαίδευσης στην οποία αναφέρονται.

Βαθμίδα Εκπαίδευσης



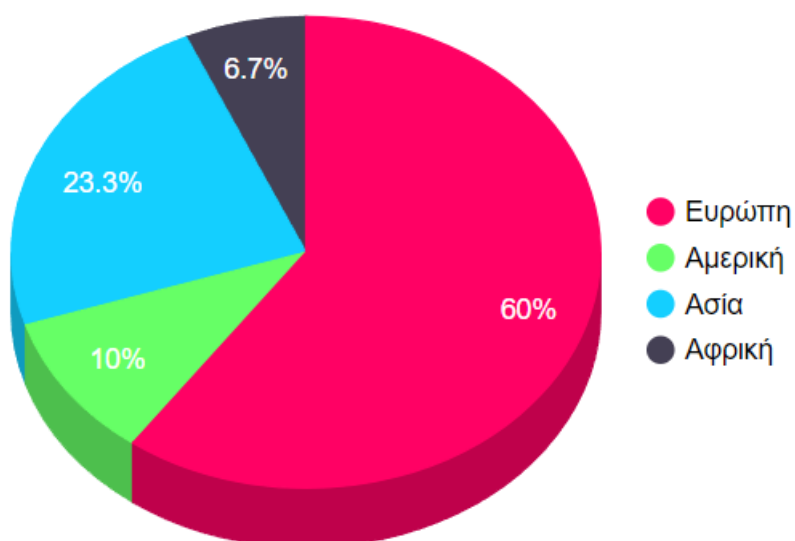
Σχήμα 1

Η συντριπτική πλειοψηφία των άρθρων, το 60% είναι δημοσιευμένα από Πανεπιστήμια της Ευρώπης (2 άρθρα από Πανεπιστήμια στην Ελλάδα, 1 από Πανεπιστήμιο στην Πολωνία, 2 άρθρα από Πανεπιστήμια στην Ισπανία, 2 άρθρα από Πανεπιστήμια στην Ιταλία, 2 άρθρα από Πανεπιστήμια στη Γερμανία, 2 άρθρα από Πανεπιστήμια στην Ηνωμένη Βρετανία, 1 άρθρο από Πανεπιστήμιο στην Κύπρο, 1 άρθρο από Πανεπιστήμιο στη Σλοβακία, 1 άρθρο από Πανεπιστήμιο στην Ουγγαρία, 1 άρθρο από Πανεπιστήμιο στην Πορτογαλία, 1 άρθρο από Πανεπιστήμιο στην Αυστρία, 1 άρθρο από Πανεπιστήμιο στη Ρουμανία, 1 άρθρο από Πανεπιστήμιο στη Σλοβενία). Το 10% είναι άρθρα δημοσιευμένα από Πανεπιστήμια της Αμερικής (1 άρθρο από Πανεπιστήμιο του Μεξικό, 1 από Πανεπιστήμιο στις ΗΠΑ και 1 από Πανεπιστήμιο της Βραζιλίας), ενώ το 23,33 % είναι άρθρα δημοσιευμένα από Πανεπιστήμια της Ασίας (1 άρθρο από Πανεπιστήμιο στη

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Ταϊβάν, 2 άρθρα από Πανεπιστήμια στην Ταϊλάνδη, 2 άρθρα από Πανεπιστήμια στην Ινδονησία, 2 άρθρα από Πανεπιστήμια στην Τουρκία). Τέλος, μόλις 2 άρθρα, 6,67%, έχουν δημοσιευτεί από Πανεπιστήμιο της Αφρικής (1 άρθρο από Πανεπιστήμιο στο Μαρόκο και 1 άρθρο από Πανεπιστήμιο στην Κένυα)

Ήπειρος που ανήκουν τα Πανεπιστήμια έκδοσης άρθρων



Σχήμα 2

5. Αποτελέσματα

4.1.1 Έννοιες Φυσικής για τις οποίες χρησιμοποιείται το Arduino

Το Arduino έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς στη βιβλιογραφία για τη διδασκαλία εννοιών που αφορούν στις Φυσικές Επιστήμες. 2 άρθρα αναφέρονται στη χρήση της πλατφόρμας Arduino για τη διδασκαλία του Ηλεκτρισμού. Σημαντική επιτυχία έδειξε η μελέτη που διεξήχθη στο 5ο Δημοτικό Σχολείο Αττικής στο κεφάλαιο «Ηλεκτρισμός» των μαθημάτων Φυσικής (Ντούρου, Β., Καλογιαννάκης, Μ., & Ψυχάρης, Σ. 2021). Δύο ομάδες ασχολήθηκαν με το Arduino στην κατασκευή κυκλωμάτων και προγραμματισμού, δείχνοντας βελτιωμένη κατανόηση του ηλεκτρικού ρεύματος, των κυκλωμάτων και της ηλεκτρικής ενέργειας. Στη δεύτερη μελέτη σε ιδιωτικό λύκειο στο Bogor της Δυτικής Ιάβας, οι μαθητές προσομοίωσαν κυκλώματα χρησιμοποιώντας Arduino για να κατανοήσουν ηλεκτρικές έννοιες (Yasin, A. I., Prima, E. C., & Sholihin, H. 2018).

1 άρθρο αναφέρεται στη διδασκαλία της έννοιας του Ήχου. Οι Souza, M. A. και Duarte, J. R. (2015) υλοποίησαν ένα πρόγραμμα στη Βραζιλία, χρησιμοποιώντας το Arduino για την κατασκευή ενός ρομποτικού αυτοκινήτου με αισθητήρα υπερήχων. Αυτή η πρακτική εμπειρία διευκόλυνε την εκμάθηση των μαθητών σχετικά με τις ιδιότητες ήχου, όπως η διασπορά.

1 άρθρο αναφέρεται σε μια μελέτη σε ιδιωτικό σχολείο στην Άγκυρα (Koray, A., & Duman, F. G. 2022) που εφάρμοσε το Arduino σε μια ρομποτική δραστηριότητα Μηχανικής ακολουθώντας τη μέθοδο διδασκαλίας 5Ε. Οι μαθητές κατασκεύασαν ένα δυναμόμετρο χρησιμοποιώντας έναν ελεγχόμενο από Arduino αισθητήρα απόστασης, βελτιώνοντας την απόδοσή τους στις Μηχανικές Επιστήμες.

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Το Arduino έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς για τη διδασκαλία των εννοιών του φωτός στη Φυσική. 3 άρθρα αναφέρονται σε δραστηριότητες για τη διδασκαλία της έννοιας του Φωτός. Οι Hwa-Ming Nieh και Huai-Yi Chen (2023) χρησιμοποίησαν κυκλώματα Arduino, συμπεριλαμβανομένου ενός LED RGB, για να διδάξουν τη σύνθεση φωτός. Μια άλλη μελέτη (Bazak, J., & Szewczyk, G. 2019) χρησιμοποίησε το Arduino για ανάμειξη χρωμάτων, προσφέροντας μια πρακτική κατανόηση της σύνθεσης του φωτός. Τέλος, το Arduino χρησιμοποιήθηκε για την οπτικοποίηση της διάθλασης του φωτός (Hachmi, A., El Hadi, M., Essaadaoui, R., Mommadi, O., Ouariach, A., & El Moussaouy, A. 2022), ενισχύοντας την εκτίμηση των μαθητών για το φαινόμενο.

Στη συνέχεια, 3 άρθρα περιλαμβάνουν δραστηριότητες που αφορούν την έννοια της Θερμότητας. Η μελέτη των Zieris et al. (2015) αναφέρεται στην κατασκευή ενός μετεωρολογικού σταθμού που βασίζεται στην πλατφόρμα Arduino. Ακόμη οι Chanthamane et al. (2021) κατέδειξαν περαιτέρω την εφαρμογή του Arduino στη μελέτη του νόμου του Νεύτωνα για την ψύξη υγρών. Η πειραματική εγκατάσταση, που αποτελείται από Arduino, αισθητήρες θερμοκρασίας και οθόνη LED, επικύρωσε με επιτυχία τον νόμο του Νεύτωνα μέσω ακριβών μετρήσεων. Τέλος, σε μια άλλη μελέτη, η χρήση του Arduino είχε ως στόχο να διδάξει τον νόμο της θερμικής ισορροπίας, δίνοντας έμφαση στη ροή θερμότητας από τα θερμότερα προς τα ψυχρότερα σώματα. Οι Prasitpong et al. (2022) χρησιμοποίησαν Arduino, αισθητήρες θερμοκρασίας και ένα πακέτο νουντλς για να μελετήσουν πώς διαχέεται η θερμότητα από ένα θερμό αντικείμενο, σύμφωνα με το νόμο ψύξης του Νεύτωνα.

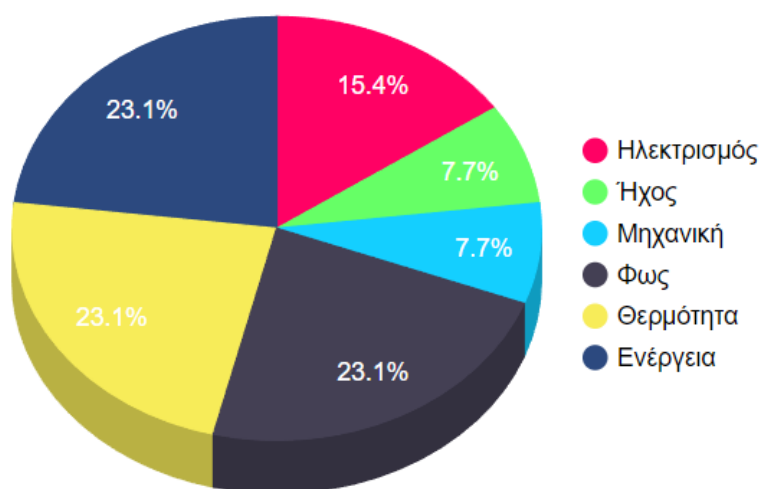
Τέλος, η χρήση του Arduino επεκτείνεται σε περιβαλλοντικές μελέτες οι οποίες έχουν καταγραφεί σε 3 άρθρα. Οι Pusch et al. (2021) πρότειναν ένα πείραμα όπου οι μαθητές κατασκεύασαν ένα πρότυπο σπίτι με ένα ηλιακό πάνελ συνδεδεμένο σε ένα κύκλωμα Arduino. Οι μετρήσεις, που μεταδόθηκαν σε smartphone μέσω Bluetooth, προσομοίωσαν διαφορετικές συνθήκες φωτός. Αυτή η ψηφιακή προσέγγιση, χρησιμοποιώντας καθημερινή

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

τεχνολογία, διευκόλυνε μια ελκυστική πειραματική διαδικασία. Επιπλέον, το Arduino βρήκε εφαρμογή στη διδασκαλία παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών. Οι Öztürk και Özdemir (2020) ενσωμάτωσαν το Arduino με αισθητήρες φωτός, υγρασίας εδάφους και ποιότητας αέρα για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η πειραματική ομάδα προγραμματίισε το Arduino, συνέλεξε δεδομένα και παρατήρησε τις αποκρίσεις ανάπτυξης των φυτών. Τέλος, ο μετρητής διοξειδίου του άνθρακα DIY βασισμένος στο Arduino που προτείνεται από τους Pino et al. (2018) προσφέρει ευκαιρίες για διεπιστημονικές δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης της χημείας, της μέτρησης του διοξειδίου του άνθρακα κατά την εξουδετέρωση, της φωτοσύνθεσης και της αναπνοής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Το Arduino αποδεικνύεται ότι είναι ένα ευέλικτο και αποτελεσματικό εργαλείο σε διάφορες έννοιες της φυσικής, με αυξημένη χρήση στη διδασκαλία εννοιών όπως η Θερμότητα, το Φως και η Ενέργεια, προωθώντας την πρακτική, βιωματική μάθηση και ενισχύοντας το ενδιαφέρον των μαθητών για την επιστήμη.

Έννοιες Φυσικών Επιστημών για τις οποίες χρησιμοποιείται το Arduino



Σχήμα 3

4.1.2 Βαθμίδα εκπαίδευσης που χρησιμοποιείται το Arduino

Η βιβλιογραφία στην παρούσα εργασία καλύπτει μια σειρά εκπαιδευτικών επιπέδων, από την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση έως την τριτοβάθμια εκπαίδευση, και παρουσιάζει τις ποικίλες εφαρμογές του Arduino σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.

Πρωτοβάθμια εκπαίδευση:

Στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση αναφέρονται συνολικά 3 άρθρα. Στη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο 5ο Δημοτικό Σχολείο Αττικής συμμετείχαν μαθητές της Ε' τάξης στο πλαίσιο της διδασκαλίας του ηλεκτρισμού στο πρόγραμμα σπουδών της Φυσικής (Ντούρου κ.ά., 2021). Μία ακόμη μελέτη παρουσιάζει ένα λογισμικό μέτρησης με χρήση

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Arduino για σχολεία πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Zieris, H., Gerstberger, H., & Müller, W., 2015). Στο τελευταίο άρθρο προτείνεται ένας χειροποίητος μετρητής διοξειδίου του άνθρακα για τη διδασκαλία της αναπνοής χρησιμοποιώντας Arduino στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Pino, H., Pastor, V., Grimalt-Álvaro, C., & López, V., 2018).

Δευτεροβάθμια εκπαίδευση:

Στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση αναφέρεται η πλειοψηφία των άρθρων (5 άρθρα). Μια μελέτη σε ιδιωτικό λύκειο στο Bogor, στη Δυτική Ιάβα, χρησιμοποίησε το Arduino για τη διδασκαλία της ηλεκτρικής ενέργειας, στην οποία συμμετείχαν 16 μαθητές γυμνασίου (Yasin et al., 2018). Ακόμη μία μελέτη στη Βραζιλία επικεντρώθηκε σε μαθητές της στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, ενσωματώνοντας το Arduino για πειραματικές δραστηριότητες στη διδασκαλία της ηλεκτρικής ενέργειας (Souza & Duarte, 2015). Επίσης, η μελέτη στην Άγκυρα είχε στόχο να βελτιώσει τις επιδόσεις των μαθητών στη Φυσική, ιδιαίτερα στη μηχανική, χρησιμοποιώντας δραστηριότητες που βασίζονται στο Arduino σε ένα ιδιωτικό γυμνάσιο (Koray & Duman, 2022). Τέλος, μία μελέτη ερεύνησε έννοιες που σχετίζονται με το φως σε δευτερεύον επίπεδο και την ανάμειξη χρωμάτων (Hwa-Ming Nieh & Huai-Yi Chen, 2023) και μία άλλη τη διδασκαλία παραγόντων ανάπτυξης φυτών με Arduino στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Öztürk, F., & ÖZDEMİR, D., 2020).

Τριτοβάθμια εκπαίδευση:

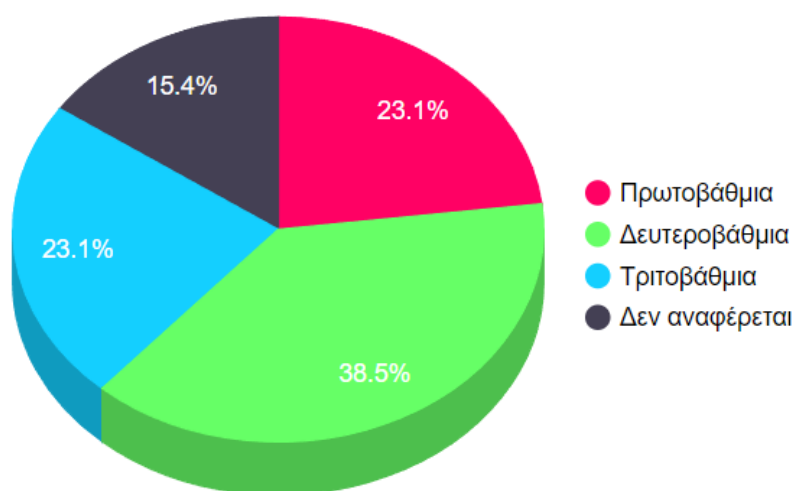
Την τριτοβάθμια εκπαίδευση αφορούν 3 από τα 13 άρθρα που αφορούν το Arduino. Μία μελέτη σχετίζεται με τη διάθλαση του φωτός (Hachmi et al., 2022). Μία άλλη μελέτη παρουσιάζει ένα πείραμα στη μέτρηση θερμοκρασίας χρησιμοποιώντας Arduino για το νόμο του Νεύτωνα στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Chanthamane, P., Jinda, P., Mani, M., & Prasitpong, S., 2021). Η τελευταία μελέτη αφορά επίσης τη θερμότητα και το νόμο της θερμικής ισορροπίας χρησιμοποιώντας το Arduino στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Prasitpong, S., Phayphung, W., & Rakkapao, S., 2022).

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Δεν αναφέρεται η βαθμίδα εκπαίδευσης:

Σε 2 άρθρα δεν γίνεται αναφορά για τη βαθμίδα εκπαίδευσης των δραστηριοτήτων. Η πρώτη μελέτη τονίζει την αξιοποίηση του εργαλείου Arduino προκειμένου να διδαχθεί το φυσικό φαινόμενο της σύνθεσης του φωτός (Bazak, J., & Szewczyk, G. 2019). Η δεύτερη σχετίζεται με τη μέτρηση της απόδοσης των ηλιακών πάνελ κάτω από διαφορετικές συνθήκες φωτός χρησιμοποιώντας Arduino (Pusch, A., Ubben, M. S., Laumann, D., Heinicke, S., & Heusler, S., 2021).

Βαθμίδα εκπαίδευσης που χρησιμοποιείται το Arduino



Σχήμα 4

Στη συνολική ανάλυση της βιβλιογραφίας που αναφέρεται στη χρήση του Arduino σε διάφορα επίπεδα εκπαίδευσης, προκύπτουν σημαντικά ευρήματα σχετικά με τον τρόπο

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

ενσωμάτωσης αυτού του εκπαιδευτικού εργαλείου στο περιβάλλον της τάξης. Η ανάλυση καλύπτει τρεις κύριες βαθμίδες εκπαίδευσης: πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση.

Στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, παρατηρούμε ότι το Arduino χρησιμοποιείται για την εκμάθηση του ηλεκτρισμού και άλλων φυσικών φαινομένων. Συγκεκριμένα, διαπιστώνουμε την επιτυχία του σε μαθητές της Ε' τάξης στο πλαίσιο της διδασκαλίας της Φυσικής, καθώς και στη μέτρηση διοξειδίου του άνθρακα για τη διδασκαλία της αναπνοής. Η πρωτοβάθμια εκπαίδευση εμπλουτίζεται με δραστηριότητες που ενισχύουν τον πειραματισμό και την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών.

Στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, η εφαρμογή του Arduino είναι πολύ ευρύτερη. Καλύπτει θέματα όπως η ηλεκτρική ενέργεια, το φως, η μηχανική, και οι παράγοντες ανάπτυξης φυτών. Οι μελέτες αναδεικνύουν τον ρόλο του Arduino στη βελτίωση της κατανόησης των επιστημονικών μαθημάτων, ενισχύοντας παράλληλα τις επιδόσεις των μαθητών.

Στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, το Arduino εφαρμόζεται σε μελέτες που εστιάζουν σε πιο προηγμένα επίπεδα εκπαίδευσης, όπως η διάθλαση του φωτός και ο νόμος της θερμικής ισορροπίας. Η τριτοβάθμια εκπαίδευση επωφελείται από την εφαρμογή του Arduino σε πειραματικά περιβάλλοντα, ενισχύοντας την εκπαιδευτική διαδικασία.

Συνολικά, η ποικιλία των μαθημάτων που καλύπτονται από το Arduino σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης καταδεικνύει την ευελιξία και το δυναμικό αυτού του εκπαιδευτικού εργαλείου.

4.1.3 Οφέλη από τη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών με τη χρήση του Arduino

Η ενσωμάτωση του Arduino στην εκπαίδευση, όπως τονίζεται από διάφορες μελέτες, προσφέρει πολύπλευρα οφέλη σε διάφορα θέματα. Οι μελέτες που περιλαμβάνουν

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

εφαρμογές Arduino στη διδασκαλία δείχνουν τον θετικό αντίκτυπό του στη συνολική μαθησιακή εμπειρία των μαθητών. Τα οφέλη αυτά είναι:

Βελτιωμένη κατανόηση των φυσικών εννοιών:

Η χρήση του Arduino, σύμφωνα με 3 άρθρα (Ντούρου, Β., Καλογιαννάκης, Μ., & Ψυχάρης, Σ. 2021, Yasin, A. I., Prima, E. C., & Sholihin, H. 2018, Koray, A., & Duman, F. G. 2022) βελτίωσε σημαντικά την κατανόηση των θεμελιωδών φυσικών εννοιών από τους μαθητές, όπως το ηλεκτρικό ρεύμα, τα κυκλώματα και την ηλεκτρική ενέργεια.

Ενισχυμένο ενδιαφέρον και κίνητρο μαθητών:

Συνολικά 7 άρθρα υπογράμμισαν τη θετική επίδραση του Arduino στην ενίσχυση του ενδιαφέροντος και των κινήτρων των μαθητών στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών (Souza, M. A., & Duarte, J. R. 2015; Yasin, A. I., Prima, E. C., & Sholihin, H. 2018; Zieris et al., 2015; Chanthamane et al., 2021; Salar, 2022; Pusch et al., 2021; Öztürk & ÖZDEMİR, 2020) Αναφέρεται ότι οι μαθητές έγιναν πιο αφοσιωμένοι και διαδραστικοί στη μαθησιακή διαδικασία, ενισχύοντας την αυξημένη περιέργεια για τον ρόλο της Φυσικής στην κοινωνία.

Πρακτική Εφαρμογή Επιστημονικών Εννοιών:

Σε 12 άρθρα αναφέρεται ότι το Arduino διευκόλυνε την εφαρμοσμένη μάθηση μέσω πρακτικών δραστηριοτήτων, όπως η κατασκευή ρομπότ, η δημιουργία κυκλωμάτων ήχου και η κατασκευή μηχανικών συσκευών. Ακόμη επιτρέπει την προσαρμογή των πειραμάτων και διευκολύνει την πρακτική εφαρμογή των επιστημονικών εννοιών σε διάφορα πειράματα, ενισχύοντας έννοιες όπως η μίξη χρωμάτων, οι ιδιότητες ήχου και η διάθλαση φωτός. (Souza, M. A., & Duarte, J. R. 2015; Yasin, A. I., Prima, E. C., & Sholihin, H. 2018; Koray, A., & Duman, F. G. 2022; Hwa-Ming Nieh and Huai-Yi Chen, 2023; Bazak, J., & Szewczyk, G. 2019; Hachmi, A., El Hadi, M., Essaadaoui, R., Mommadi, O., Ouariach, A.,

& El Moussaouy, A. 2022; Chanthamane et al., 2021; Salar, 2022; Pusch et al., 2021; Öztürk & ÖZDEMİR, 2020; Pino et al., 2018; Prasit al.p.p., 2022)

Οικονομικό και αποδοτικό εργαλείο μάθησης:

Από 3 άρθρα τονίστηκε η σχέση κόστους - αποτελεσματικότητας του Arduino ως εργαλείου μάθησης στην εκπαίδευση των Φυσικών επιστημών (Salar, 2022; Pusch et al., 2021; Öztürk & ÖZDEMİR, 2020).

Ανάπτυξη της δημιουργικής σκέψης:

Ο ρόλος του Arduino στην προώθηση της δημιουργικής σκέψης στους μαθητές τονίστηκε σε 4 άρθρα (Zieris et al., 2015; Salar, 2022; Pusch et al., 2021; Öztürk & ÖZDEMİR, 2020).

Ανάπτυξη Δεξιοτήτων Προγραμματισμού:

3 άρθρα τόνισαν τον ρόλο του Arduino στην υποβοήθηση της ανάπτυξης των δεξιοτήτων προγραμματισμού μεταξύ των μαθητών (Zieris et al., 2015; Salar, 2022; Pino et al., 2018).

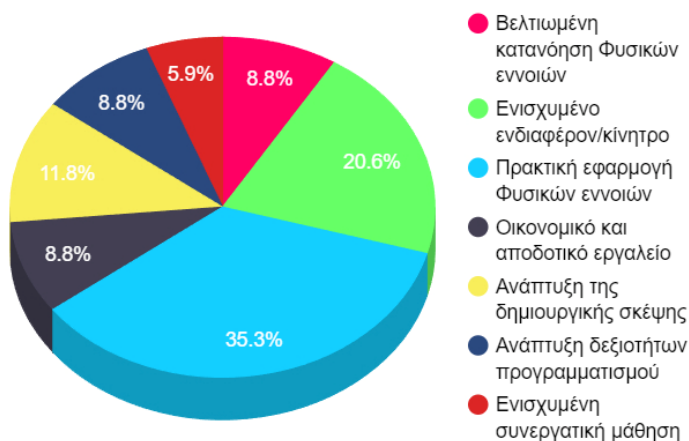
Ενισχυμένη Συνεργατική Μάθηση:

Συνολικά 2 άρθρα υπογράμμισαν τα οφέλη του Arduino στην προώθηση της συνεργατικής μάθησης μεταξύ των μαθητών (Prasitpong et al., 2022; Öztürk & ÖZDEMİR, 2020).

Το ποικίλο φάσμα των μελετών ανέδειξε τα πολύπλευρα οφέλη από τη χρήση του Arduino στην εκπαίδευση στη Φυσική. Αυτά περιλαμβάνουν βελτιωμένη κατανόηση των βασικών εννοιών, ενίσχυση ενδιαφέροντος και κινήτρου των μαθητών, πρακτική εφαρμογή σε σενάρια πραγματικού κόσμου, ανάπτυξη δημιουργικής σκέψης και δεξιοτήτων προγραμματισμού, ενώ τέλος αποτελεί ένα οικονομικό και αποδοτικό εργαλείο. Αυτά τα ευρήματα υποστηρίζονται από συνολικά 14 άρθρα, που δείχνουν την αυξανόμενη σημασία του Arduino στο εκπαιδευτικό τοπίο.

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Οφέλη από τη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών με τη
χρήση του Arduino



Σχήμα 5

4.2.1 Έννοιες Φυσικής για τις οποίες χρησιμοποιείται το Lego WeDo

Κατά την εξερεύνηση του Lego WeDo στην εκπαίδευση, αρκετές μελέτες έχουν εμβαθύνει στην εφαρμογή αυτού του εργαλείου για τη διδασκαλία θεμελιωδών εννοιών της φυσικής. Δύο αξιόλογες μελέτες (Βλαχογιάννη; Pinto-Llorente et al. 2016) δίνουν έμφαση στη διδασκαλία εννοιών της Μηχανικής και Ενέργειας. Η Βλαχογιάννη χρησιμοποίησε το εργαλείο Lego WeDo Robotics για να διδάξει τους μαθητές της 5ης τάξης σε μηχανικές έννοιες, συμπεριλαμβανομένης της κατανόησης ενός τροχού, της σχέσης μεταξύ διαμέτρου και ταχύτητας περιστροφής και της κατεύθυνσής του.

Ο Pinto-Llorente και η ομάδα του χρησιμοποίησαν τη δραστηριότητα "Dancing Birds" σε συνδυασμό με τη δραστηριότητα "Smart Spinner" για να αναπτύξουν την αλγοριθμική σκέψη στο πλαίσιο της Φυσικής. Στοχεύοντας σε μαθητές δημοτικού σχολείου, αυτή η προσέγγιση είχε ως στόχο να διδάξει όχι μόνο τις μηχανικές έννοιες που σχετίζονται με

τους τροχούς, αλλά και να εμβαθύνει σε μηχανισμούς μετάδοσης κίνησης και αρχές που σχετίζονται με την ενέργεια, όπως η μετάδοση κίνησης και η μεταφορά ενέργειας μέσω του μηχανήματος.

4.2.2 Βαθμίδα εκπαίδευσης που χρησιμοποιείται το Lego WeDo

Το Lego WeDo Robotics kit έχει αποδείξει την αποτελεσματικότητά του ως εκπαιδευτικό εργαλείο κυρίως στο πλαίσιο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, στοχεύοντας συγκεκριμένα σε μαθητές δημοτικού σχολείου. Οι μελέτες που εξετάστηκαν υπογραμμίζουν την επιτυχή εφαρμογή του στην εμπλοκή των μαθητών της 5ης τάξης στην εξερεύνηση θεμελιωδών εννοιών της φυσικής. Το έργο της Βλαχογιάννη ανέδειξε τη χρησιμότητά του στη μετάδοση μηχανικών γνώσεων σχετικά με τους τροχούς, ενώ οι Pinto-Llorente et al. επέκτεινε την εμβέλειά του για να ενσταλάξει την αλγοριθμική σκέψη στους μαθητές του δημοτικού σχολείου. Η προσαρμοστικότητα και τα διαδραστικά χαρακτηριστικά του εργαλείου το καθιστούν ιδιαίτερα κατάλληλο για νεότερους μαθητές, παρέχοντας ένα πρακτικό, συνεργατικό και διεγερτικό περιβάλλον που όχι μόνο διευκολύνει την κατανόηση των αρχών της φυσικής αλλά επίσης καλλιεργεί βασικές δεξιότητες όπως η επίλυση προβλημάτων, η ομαδική εργασία και πειραματισμό. Αυτά τα ευρήματα επιβεβαιώνουν τη θετική επίδραση του Lego WeDo στη δημοτική εκπαίδευση, ενισχύοντας τη μαθησιακή εμπειρία μέσω της καινοτόμου και συναρπαστικής προσέγγισής του.

4.2.3 Οφέλη από τη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών με τη χρήση του Lego WeDo

Οι μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σχετικά με τη χρήση του Lego WeDo Robotics υπογραμμίζουν με συνέπεια μια πληθώρα πλεονεκτημάτων που σχετίζονται με την ενσωμάτωση αυτού του εκπαιδευτικού εργαλείου στη διαδικασία μάθησης. Η εργασία της Βλαχογιάννη κατέδειξε την αποτελεσματικότητα του εργαλείου στη διδασκαλία μηχανικών εννοιών σε μαθητές δημοτικού, δίνοντας έμφαση στα θετικά αποτελέσματα που προέρχονται από δραστηριότητες όπως το "Dancing Birds". Αυτή η προσέγγιση όχι μόνο

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

διευκόλυνε την κατανόηση των αρχών της φυσικής, αλλά καλλιέργησε επίσης μια σειρά από δεξιότητες, όπως η κατασκευή ρομπότ, ο προγραμματισμός, η συνεργασία, η επίλυση προβλημάτων και ο πειραματισμός. Επιπλέον, οι Pinto-Llorente et al. επέκτεινε αυτά τα οφέλη ενσωματώνοντας την αλγοριθμική σκέψη στο εκπαιδευτικό πλαίσιο, αξιοποιώντας το Lego WeDo για να διδάξει μηχανικές έννοιες που σχετίζονται με γρανάζια και μεταφορά ενέργειας. Και οι δύο μελέτες υπογράμμισαν τον ενθουσιασμό και τη συμμετοχή των μαθητών, απεικονίζοντας το Lego WeDo ως ένα ευέλικτο και αποτελεσματικό εργαλείο για την προώθηση της εκπαίδευσης STEM. Αυτά τα ευρήματα υπογραμμίζουν συλλογικά την ικανότητα του εργαλείου να βελτιώνει τα μαθησιακά αποτελέσματα, να ενθαρρύνει τις διεπιστημονικές δεξιότητες και να καλλιεργεί μια θετική και παρακινητική εκπαιδευτική εμπειρία.

4.3.1 Έννοιες Φυσικών Επιστημών για τις οποίες χρησιμοποιείται το Lego Mindstorm

Συνολικά 3 μελέτες αναφέρονται στην διδασκαλία εννοιών της Μηχανικής με το Lego Mindstorm. Στην πρώτη μελέτη (Puspitasari & Indratno, 2021), οι ερευνητές χρησιμοποίησαν το Lego Mindstorm EV3 ως εκπαιδευτικό εργαλείο για ένα μάθημα φυσικής δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με επίκεντρο την τριβή. Η ανάλυση κάλυψε διάφορες έννοιες της φυσικής, όπως δύναμη, μάζα, ταχύτητα, απόσταση και τριβή. Η μελέτη συνέβαλε στην κατανόηση του συντελεστή στατικής τριβής μέσω πρακτικών δραστηριοτήτων με το ρομπότ. Η δεύτερη μελέτη (Ngugi et al.) περιελάμβανε ένα εργαστήριο 3 εβδομάδων όπου μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και καθηγητές φυσικής αλληλεπιδρούσαν με εκπαιδευτικές ρομποτικές δραστηριότητες χρησιμοποιώντας το Lego Mindstorm. Αντιμετωπίστηκαν έννοιες όπως η κίνηση, η ταχύτητα, η επιτάχυνση, η απόσταση, οι δυνάμεις και η ενέργεια, επιδεικνύοντας θετικό αντίκτυπο στις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, συνεργασίας και πειραματισμού. Η τρίτη μελέτη (Guastella & D'Amico, 2020) στο πλαίσιο του έργου PROMISE χρησιμοποίησε πακέτο Lego Mindstorm

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

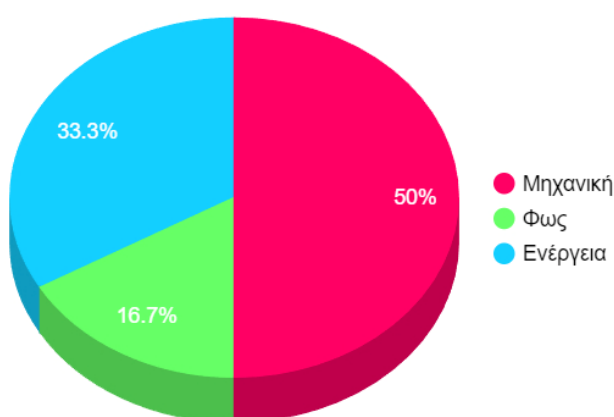
EV3 για να εμπλέξει τους μαθητές σε δραστηριότητες που εφαρμόζουν έννοιες της φυσικής που σχετίζονται με την κίνηση, την ταχύτητα και την επιτάχυνση.

Σε 1 μελέτη της Μαριέβης Παναγιώτου και της Νίκλειας Ετεοκλέους-Γρηγορίου στο Πανεπιστήμιο Κύπρου, διεξήχθη ένα 10ωρο εκπαιδευτικό πρόγραμμα που ενσωματώνει το Lego Mindstorm NXT για μαθητές της πέμπτης τάξης με στόχο τη διδασκαλία της έννοιας του φωτός. Αυτό το πρόγραμμα περιλάμβανε τη χρήση του αισθητήρα φωτός του ρομπότ για μετρήσεις και παρατηρήσεις. Η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η ενσωμάτωση του Lego Mindstorm NXT επηρέασε θετικά τη στάση των μαθητών απέναντι στα θέματα STEM.

Από το σύνολο των μελετών, 2 άρθρα εστιάζουν στη διδασκαλία της έννοιας της ενέργειας με τη χρήση του ρομποτικού εργαλείου Lego Mindstorm. Η πρώτη μελέτη εισάγει ένα πρόγραμμα που εστιάζει στην πυρηνική φυσική. Οι συμμετέχοντες προγραμματίζουν τα ρομπότ LEGO® Mindstorm® για να εμπλακούν διαδραστικά με έννοιες της πυρηνικής φυσικής (Cocolios, T. E., Lynch, K. M., & Nichols, E. 2017). Η πυρηνική φυσική αντιμετωπίζει συχνά εσφαλμένες αντιλήψεις λόγω ιστορικών γεγονότων όπως η Χιροσίμα, το Ναγκασάκι και το Τσερνομπίλ. Αυτό το πρόγραμμα στοχεύει στην απομυθοποίηση της πυρηνικής επιστήμης, τονίζοντας τον ρόλο της στην κατανόηση θεμελιωδών δυνάμεων, αστροφυσικών διεργασιών και ιατρικών εφαρμογών. Η επόμενη μελέτη περιγράφει την εφαρμογή ενός πακέτου ρομπότ LEGO®, συγκεκριμένα της πλατφόρμας EV3, σε δημοτικό σχολείο στο Μεξικό για εκπαίδευση STEM (Ponce, P., Molina, A., Mata, O., & Baltazar, G. 2019). Το πακέτο ρομπότ έχει προγραμματιστεί χρησιμοποιώντας το NI LabVIEW για τη δημιουργία 26 διαφορετικών δραστηριοτήτων που καλύπτουν θέματα στα μαθηματικά και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι δραστηριότητες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας περιλαμβάνουν την κατασκευή και την κατανόηση συστημάτων ηλιακής και αιολικής ενέργειας χρησιμοποιώντας το πρόσθετο πακέτο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας EV3.

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Έννοιες Φυσικών Επιστημών για τις οποίες χρησιμοποιείται το Lego Mindstorm



Σχήμα 6

4.3.2 Βαθμίδα εκπαίδευσης που χρησιμοποιείται το Lego Mindstorm

Η ανάλυση των ερευνητικών άρθρων αποκάλυψε ότι το Lego Mindstorms μπορεί να είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για τη διδασκαλία των εννοιών της επιστήμης σε επίπεδο δευτεροβάθμιας και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Τέσσερις μελέτες επικεντρώθηκαν στη χρήση του Lego Mindstorms στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση επιστημών (Puspitasari & Indratno, 2021; Ngugi et al., 2020; D'Amico et al., 2020). Αυτές οι μελέτες έδειξαν σταθερά θετικά αποτελέσματα. Οι μαθητές ασχολούνται με την κατασκευή ρομπότ και τον προγραμματισμό τους για να εκτελούν εργασίες που σχετίζονται με έννοιες της φυσικής όπως η τριβή, η κίνηση, η ταχύτητα, η επιτάχυνση και η επίλυση προβλημάτων. Οι πρακτικές δραστηριότητες με το Lego Mindstorms

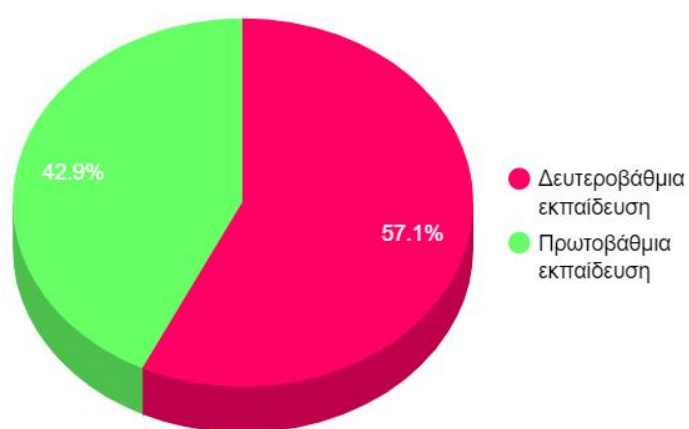
*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

διαπιστώθηκε ότι βελτιώνουν την κατανόηση αυτών των εννοιών από τους μαθητές, ενισχύουν τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων και αυξάνουν τα κίνητρά τους να μάθουν επιστήμες.

Τρεις μελέτες τόνισαν την αποτελεσματικότητα του Lego Mindstorms στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών του δημοτικού σχολείου (Παναγιώτου & Ετεοκλέους-Γρηγορίου, 2017· Ponce et al., 2019· Cocolios et al., 2017). Μια μελέτη περιέγραψε ένα πρόγραμμα όπου οι μαθητές της πέμπτης τάξης χρησιμοποίησαν ρομπότ Lego Mindstorms εξοπλισμένα με αισθητήρες φωτός για να μάθουν για τις ιδιότητες του φωτός όπως η ανάκλαση, η διάθλαση και η απορρόφηση. Οι άλλες δύο μελέτες παρουσίασαν την εφαρμογή των πακέτων Lego Mindstorms EV3 στα δημοτικά σχολεία για τη διδασκαλία εννοιών STEM που σχετίζονται με την πυρηνική ενέργεια και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια. Οι μαθητές κατασκεύασαν και πειραματίστηκαν με ρομπότ για να κατανοήσουν πώς λειτουργούν αυτές οι τεχνολογίες. Αυτές οι μελέτες υποδεικνύουν ότι το Lego Mindstorms μπορεί να εισαγάγει και να ενισχύσει αποτελεσματικά επιστημονικές έννοιες σε νεότερους μαθητές, ενισχύοντας μια θετική στάση απέναντι στη μάθηση των φυσικών επιστημών.

Συμπερασματικά, αυτή η ανάλυση ερευνητικών άρθρων καταδεικνύει τις δυνατότητες του Lego Mindstorms ως εκπαιδευτικού εργαλείου για τη διδασκαλία των εννοιών της επιστήμης τόσο στη δευτεροβάθμια όσο και στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Οι μελέτες τόνισαν τον θετικό αντίκτυπο στην κατανόηση, τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και τα κίνητρα των μαθητών να μάθουν την επιστήμη μέσω της ενασχόλησης με πρακτικές δραστηριότητες με τη ρομποτική.

Βαθμίδα εκπαίδευσης που χρησιμοποιείται το Lego Mindstorm



Σχήμα 7

4.3.3 Οφέλη από τη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών με τη χρήση του Lego Mindstorm

Αυτή η περιεκτική ανάλυση επτά ερευνητικών άρθρων διερεύνησε τα ποικίλα οφέλη από τη χρήση της ρομποτικής Lego Mindstorms στην επιστημονική εκπαίδευση σε διάφορες ηλικιακές ομάδες. Ακολουθεί μια ανάλυση των βασικών πλεονεκτημάτων που προσδιορίζονται με συνέπεια στις μελέτες:

Ενίσχυση της εννοιολογικής κατανόησης

Πολλαπλές μελέτες (Puspitasari & Indratno, 2021; Ngugi et al., 2020; D'Amico et al., 2020; Ponce et al., 2019) τόνισαν την αποτελεσματικότητα του Lego Mindstorms στη βελτίωση

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

της κατανόησης των επιστημονικών εννοιών από τους μαθητές. Μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ασχολούνται με την κατασκευή ρομπότ και τον προγραμματισμό τους για να εξερευνήσουν έννοιες της φυσικής όπως η τριβή, η κίνηση και η επιτάχυνση. Επιπλέον, μελέτες σε στοιχειώδες επίπεδο έδειξαν πώς το Lego Mindstorms μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Ponce et al., 2019). Οι μαθητές κατασκεύασαν και πειραματίστηκαν με ρομπότ εξοπλισμένα με ηλιακούς συλλέκτες και ανεμογεννήτριες, ενθαρρύνοντας τη βαθύτερη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας αυτών των τεχνολογιών. Αυτή η πρακτική προσέγγιση επιτρέπει στους μαθητές όλων των ηλικιών να παρατηρούν άμεσα και να πειραματίζονται με επιστημονικές έννοιες, οδηγώντας σε βαθύτερη κατανόηση σε σύγκριση με την παραδοσιακή μάθηση στην τάξη.

Ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων

Οι δραστηριότητες Lego Mindstorms βρέθηκαν να προάγουν τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων στους μαθητές (Puspitasari & Indratno, 2021; D'Amico et al., 2020). Η διαδικασία σχεδιασμού, κατασκευής και προγραμματισμού ρομπότ για την ολοκλήρωση συγκεκριμένων εργασιών απαιτούσε από τους μαθητές να αντιμετωπίζουν προβλήματα, να αναλύουν καταστάσεις και να αναπτύσσουν δημιουργικές λύσεις. Αυτό καλλιεργεί δεξιότητες κριτικής σκέψης πολύτιμες για την επιτυχία στην επιστήμη και πέρα από αυτήν.

Ενίσχυση του κινήτρου των μαθητών

Μελέτες ανέφεραν αυξημένα κίνητρα και δέσμευση των μαθητών στη μάθηση επιστημών μέσω δραστηριοτήτων Lego Mindstorms (D'Amico et al., 2020; Panagiotou & Eteocleous-Grigoriou, 2017). Η διαδραστική και πρακτική φύση των ρομπότ κατασκευής και προγραμματισμού έκανε τη μάθηση των φυσικών επιστημών πιο συναρπαστική και ευχάριστη για μαθητές της δευτεροβάθμιας και της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Αυτό το αυξημένο κίνητρο μπορεί να οδηγήσει σε βαθύτερη δέσμευση με επιστημονικές έννοιες.

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Θετικός αντίκτυπος στις στάσεις απέναντι στην επιστήμη

Μια μελέτη των Παναγιώτου & Ετεοκλέους-Γρηγορίου (2017) περιέγραψε ένα πρόγραμμα όπου οι μαθητές της πέμπτης τάξης χρησιμοποίησαν ρομπότ Lego Mindstorms εξοπλισμένα με αισθητήρες φωτός για να μάθουν για τις ιδιότητες του φωτός. Αυτή η πρακτική προσέγγιση με τα ρομπότ βρέθηκε ότι επηρεάζει θετικά τη στάση των μαθητών απέναντι στην επιστήμη, υποδηλώνοντας τις δυνατότητές της να πυροδοτήσει την περιέργεια και την αγάπη για τη μάθηση των επιστημών.

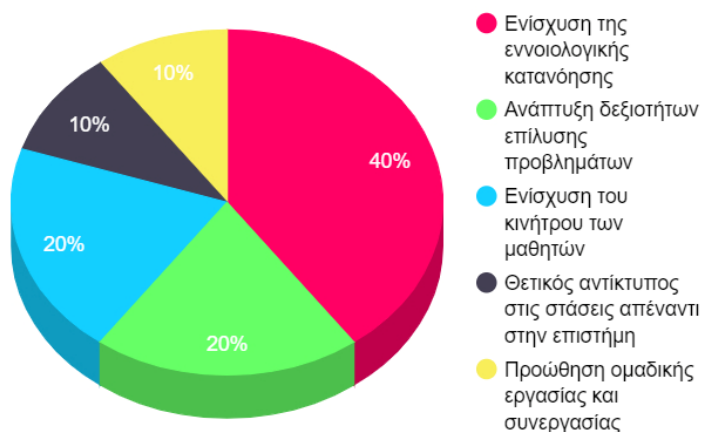
Προώθηση ομαδικής εργασίας και συνεργασίας

Η μελέτη των Cocolios et al. (2017) περιέγραψε ένα πρόγραμμα όπου οι μαθητές εργάστηκαν μαζί για να προγραμματίσουν τα ρομπότ Lego Mindstorms να προσομοιώνουν εργασίες που σχετίζονται με έννοιες της πυρηνικής φυσικής. Αυτή η συλλογική προσέγγιση υπογραμμίζει τις δυνατότητες του Lego Mindstorms να ενθαρρύνει την ομαδική εργασία και τις επικοινωνιακές δεξιότητες στην εκμάθηση επιστημών.

Συμπερασματικά, το Lego Mindstorms προσφέρει μια πολύπλευρη προσέγγιση στην εκπαίδευση των επιστημών. Ενθαρρύνοντας τη βαθύτερη κατανόηση των εννοιών, αναπτύσσοντας δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, ενισχύοντας τα κίνητρα των μαθητών, βελτιώνοντας πιθανώς τη στάση απέναντι στην επιστήμη και προάγοντας την ομαδική εργασία, το Lego Mindstorms μπορεί να αποτελέσει ένα πολύτιμο εργαλείο για εκπαιδευτικούς που επιδιώκουν να βελτιώσουν τις εμπειρίες εκμάθησης επιστημών για μαθητές όλων των ηλικιών.

Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.

Οφέλη από τη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών με τη
χρήση του Lego Mindstorm



Σχήμα 8

4.4.1 Έννοιες Φυσικής για τις οποίες χρησιμοποιείται το Lego Spike

Το Lego Spikes Prime αναδύεται στο άρθρο ως ένα ευέλικτο εργαλείο για την εισαγωγή των μαθητών του δημοτικού σχολείου σε ένα ευρύ φάσμα εννοιών της φυσικής. Τα πειράματα εξερευνούν διάφορους τομείς της μηχανικής, συμπεριλαμβανομένης της μέτρησης της ταχύτητας και της μέσης ταχύτητας, της διερεύνησης του κέντρου βάρους και της ισορροπίας, της κατανόησης του τρόπου με τον οποίο οι μοχλοί και οι τροχαλίες επηρεάζουν τη δύναμη και η διερεύνηση της έννοιας της περιστροφικής αδράνειας. Πέρα από τη μηχανική, τα πειράματα εμβαθύνουν στην κινηματική εξετάζοντας τη σχέση μεταξύ χρόνου, απόστασης και ταχύτητας. Εισάγουν την έννοια της περιστροφικής κίνησης και εμβαθύνουν στους παράγοντες που επηρεάζουν τη συμπεριφορά ενός εκκρεμούς. Η εξερεύνηση των ιδιοτήτων των κυμάτων μπαίνει στο παιχνίδι με το πείραμα της γεννήτριας στατικών κυμάτων, επιτρέποντας στους μαθητές να παρατηρούν την ταχύτητα και τη συχνότητα των κυμάτων. Τέλος, τα πειράματα προσεγγίζουν τη φυγόκεντρη δύναμη, μια

έννοια μέσα στην κυκλική κίνηση. Το Lego Spikes Prime, σύμφωνα με το άρθρο, προσφέρει μια πολύπλευρη προσέγγιση για την εισαγωγή βασικών εννοιών της φυσικής σε μαθητές δημοτικού σχολείου.

4.4.2 Βαθμίδα εκπαίδευσης που χρησιμοποιείται το Lego Spike

Το άρθρο που αναλύθηκε στην παρούσα έρευνα εστιάζει στην εκπαιδευτική εφαρμογή του Lego Spikes Prime στα δημοτικά σχολεία. Υπογραμμίζει τις δυνατότητες αυτού του σετ ρομποτικού εργαλείου να βελτιώσει τις εμπειρίες εκμάθησης φυσικής για νεότερους μαθητές. Τα προτεινόμενα πειράματα καλύπτουν διάφορες θεμελιώδεις έννοιες της φυσικής σε σχέση με τη μηχανική, την κίνηση και τα κύματα, καθιστώντας το Lego Spikes Prime κατάλληλο εργαλείο για την εισαγωγή αυτών των επιστημονικών αρχών με πρακτικό και ελκυστικό τρόπο για μαθητές σε επίπεδο δημοτικού σχολείου.

4.4.3 Οφέλη από τη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών με τη χρήση του Lego Spike

Το άρθρο τονίζει τις δυνατότητες του Lego Spikes Prime να ενισχύσει τη μάθηση της φυσικής στα δημοτικά σχολεία, προωθώντας πρακτικές, ελκυστικές εμπειρίες. Αυτή η προσέγγιση προσφέρει πολλά οφέλη. Οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν τα δικά τους εργαλεία εκμάθησης φυσικής, όπως μια ζυγαριά ισορροπίας ή μια γεννήτρια κυμάτων, ενθαρρύνοντας μια βαθύτερη κατανόηση σε σύγκριση με την παθητική παρατήρηση παραδοσιακών επιδείξεων. Με τον ενεργό χειρισμό των μοντέλων Lego Spikes και τη συλλογή δεδομένων μέσω αισθητήρων, οι μαθητές αναπτύσσουν πρακτικές δεξιότητες στη μέτρηση και τον πειραματισμό. Το Lego Spikes Prime διευκολύνει επίσης τη διεπιστημονική μάθηση, καθώς οι μαθητές ενδέχεται να ενσωματώσουν μαθηματικές δεξιότητες κατά τον υπολογισμό δυνάμεων ή αποστάσεων στα πειράματά τους. Συνολικά, το Lego Spikes Prime προσφέρει μια ελκυστική και διαδραστική προσέγγιση στην εκπαίδευση πρωτοβάθμιας επιστήμης, προωθώντας τη βαθύτερη κατανόηση των εννοιών της φυσικής μέσω πρακτικών δραστηριοτήτων.

4.5.1 Έννοιες Φυσικής για τις οποίες χρησιμοποιείται το Micro:bit

Η ανάλυση οκτώ ερευνητικών άρθρων (Austin et al., 2020; Bernad et al., 2021; Farcas & Caltun, 2021; Gaál, 2022; Lu et al., 2022; Nussbaumer et al., 2021; Silva et al., 2021. 2020) διερευνά τις δυνατότητες των Micro:bits, μικρών προγραμματιζόμενων υπολογιστών, να εισάγουν και να ενισχύσουν διάφορες επιστημονικές έννοιες στα δημοτικά σχολεία.

1 μελέτη περιγράφει την κατασκευή ενός συναγερμού πυρκαγιάς που όχι μόνο ηχεί μια σειρήνα αλλά εμφανίζει επίσης ένα μήνυμα σε μια οθόνη LCD όταν ένας αισθητήρας φλόγας ανιχνεύει θερμότητα (Gaál, 2022). Αυτή η δραστηριότητα εισάγει τους μαθητές στην έννοια της συχνότητας ήχου.

Τα Micro:bits μπορούν να αποτελέσουν πολύτιμο εργαλείο για την εισαγωγή περιβαλλοντικών εννοιών της επιστήμης και διερευνώνται σε 3 άρθρα συνολικά. Μια μελέτη περιγράφει τη χρήση ενός Micro:bit για την προσομοίωση της διαδικασίας βλάστησης, επιτρέποντας στους μαθητές να παρατηρήσουν πώς παράγοντες όπως η θερμοκρασία και η υγρασία επηρεάζουν την ανάπτυξη των σπόρων (Gaál, 2022). Ένα άλλο ερευνητικό έργο διερευνά τη χρήση Micro:bits για τη μέτρηση της περιεκτικότητας σε υγρασία του εδάφους (Austin et al., 2020). Αυτό επιτρέπει στους μαθητές να διερευνήσουν τη σχέση μεταξύ της περιεκτικότητας σε νερό και θρεπτικών συστατικών στο έδαφος και την αγωγιμότητά του. Τέλος, μια άλλη μελέτη υπογραμμίζει την κατασκευή ενός μετεωρολογικού σταθμού χρησιμοποιώντας τα Micro:bits για τη συλλογή και εμφάνιση δεδομένων σχετικά με τη θερμοκρασία και την υγρασία (Silva et al., 2020). Αυτό επιτρέπει στους μαθητές να εξερευνήσουν περιβαλλοντικούς παράγοντες και τις επιπτώσεις τους.

Τα Micro:bits μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για το σχεδιασμό πειραμάτων που εξερευνούν ηλεκτρικά κυκλώματα. 1 άρθρο περιγράφει την κατασκευή ενός κυκλώματος για τη μέτρηση του χρόνου αντίδρασης, επιτρέποντας στους μαθητές να κατανοήσουν τις βασικές αρχές του ηλεκτρισμού (Farcas & Caltun, 2021).

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Επιπλέον, τα Micro:bits μπορούν να ενσωματωθούν σε έργα που εξερευνούν τον ηλεκτρισμό, το φως και την οπτική ταυτόχρονα. Ένα πρόγραμμα σπουδών STEAM (Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανική, Τέχνες και Μαθηματικά) συνδύαζε τον προγραμματισμό Micro:bit με την κινεζική κοπή χαρτιού για να επιτρέψει στους μαθητές να διερευνήσουν πώς αλληλεπιδρούν οι αισθητήρες χειρονομιών με τις φωτεινές λωρίδες (Lu et al., 2022).

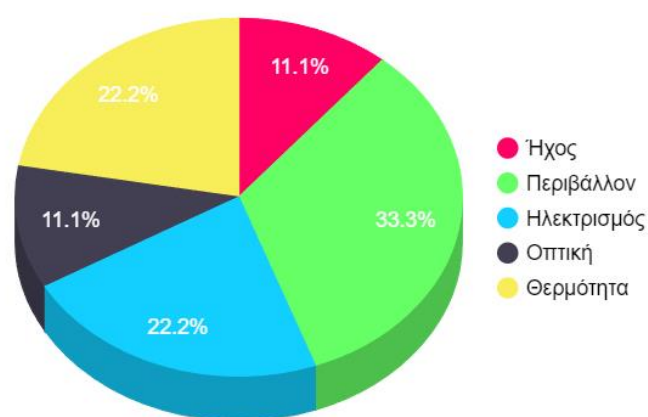
Τα Micro:bit μπορούν να αποτελέσουν εργαλείο για τη διερεύνηση της πρόγνωσης του καιρού. Ένα ακόμη άρθρο αναφέρεται στη δημιουργία μετεωρολογικού σταθμού εστιάζοντας τώρα όμως στις έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας. Οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα Micro:bits για να συλλέξουν δεδομένα θερμοκρασίας και να τα συγκρίνουν με προβλέψεις, επιτρέποντάς τους να εξερευνήσουν την ακρίβεια και τους περιορισμούς των προβλέψεων του καιρού (Nussbaumer et al., 2021).

Τέλος, τα Micro:bits επιτρέπουν στους μαθητές να δημιουργήσουν τα δικά τους επιστημονικά εργαλεία και να συλλέγουν δεδομένα μέσω αισθητήρων. Αυτή η πρακτική προσέγγιση προωθεί μια βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους (Bernad et al., 2021; Gaál, 2022). Η έρευνα περιγράφει τη χρήση Micro:bits για το σχεδιασμό εργαλείων για τη μέτρηση της τάσης της μπαταρίας, της υγρασίας του εδάφους και των αλλαγών θερμοκρασίας. Αυτά τα όργανα που κατασκευάζονται από μαθητές επιτρέπουν την ενεργό εξερεύνηση διαφόρων επιστημονικών φαινομένων.

Αυτές οι μελέτες καταδεικνύουν την ευελιξία των Micro:bits στην προώθηση μιας πρακτικής και ελκυστικής προσέγγισης για την εκμάθηση των επιστημών στα δημοτικά σχολεία. Επιτρέποντας στους μαθητές να δημιουργήσουν τα δικά τους εργαλεία, να συλλέγουν δεδομένα και να πειραματίζονται με διάφορες έννοιες, τα Micro:bits μπορούν να πυροδοτήσουν την περιέργεια και να προωθήσουν μια βαθύτερη κατανόηση της επιστήμης σε πολλούς κλάδους.

Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.

Έννοιες Φυσικών Επιστημών για τις οποίες χρησιμοποιείται το Microbit



Σχήμα 9

4.5.2 Βαθμίδα εκπαίδευσης που χρησιμοποιείται το Micro:bit

Αυτή η ανάλυση εξέτασε οκτώ ερευνητικά άρθρα (Austin et al., 2020; Bernad et al., 2021; Farcas & Caltun, 2021; Gaál, 2022; Lu et al., 2022; Nussbaumer et al., 2021, Silva et al. 2020) για τη διερεύνηση της εκπαιδευτικής αποτελεσματικότητας των Micro:bit, μικρών προγραμματιζόμενων μικροελεγκτών, στα δημοτικά σχολεία. Τα ευρήματα υπογραμμίζουν σταθερά τις δυνατότητες των Micro:bits να δημιουργούν ελκυστικές και διαδραστικές εμπειρίες μάθησης για νεαρούς μαθητές σε διάφορες επιστημονικές έννοιες.

Οι μελέτες καταδεικνύουν ομόφωνα την αποτελεσματικότητα των Micro:bits στην προώθηση της βαθύτερης κατανόησης των φυσικών εννοιών στα δημοτικά σχολεία. Ένα

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Βασικό πλεονέκτημα των Micro:bits έγκειται στην ικανότητά τους να μεταμορφώνουν τους μαθητές από παθητικούς παρατηρητές σε ενεργούς συμμετέχοντες στη μάθηση των φυσικών επιστημών. Αρκετές μελέτες περιγράφουν έργα όπου οι μαθητές κατασκευάζουν τα δικά τους επιστημονικά εργαλεία χρησιμοποιώντας Micro:bits και αισθητήρες (Bernad et al., 2021; Farcas & Caltun, 2021; Gaál, 2022). Αυτά τα εργαλεία που δημιουργήθηκαν από μαθητές διερευνούν έννοιες όπως συστήματα συναγερμού πυρκαγιάς (που διδάσκουν τη συχνότητα ήχου) (Gaál, 2022), μετεωρολογικούς σταθμούς (συλλογή δεδομένων θερμοκρασίας και υγρασίας) (Silva et al., 2020) και ηλεκτρικά κυκλώματα (μέτρηση χρόνου αντίδρασης) (Farcas & Caltun, 2021). Με την ενεργή ενασχόληση με τα Micro:bits για τη δημιουργία, τον προγραμματισμό και τη συλλογή δεδομένων, οι μαθητές αποκτούν μια βαθύτερη κατανόηση των υποκείμενων επιστημονικών αρχών.

Η ευελιξία των Micro:bits είναι εμφανής στο ευρύ φάσμα των επιστημονικών εννοιών που μπορούν να εισαγάγουν. Από την εξερεύνηση φυσικών φαινομένων όπως ο ήχος και το φως (Gaál, 2022; Lu et al., 2022) έως τη διερεύνηση περιβαλλοντικών επιστημών όπως η βλάστηση των σπόρων και η υγρασία του εδάφους (Gaál, 2022· Austin et al., 2020), τα Micro:bits παρέχουν μια πλατφόρμα για τους μαθητές να μάθουν για τον φυσικό κόσμο με διαδραστικό τρόπο. Επιπλέον, τα Micro:bits μπορούν να ενσωματωθούν σε εμπειρίες μάθησης που βασίζονται σε πρότζεκτ που συνδυάζουν την επιστήμη με άλλους κλάδους, όπως η τέχνη (Lu et al., 2022).

Η έρευνα αναφέρει με συνέπεια υψηλά επίπεδα ενδιαφέροντος, ενθουσιασμού και θετικών εμπειριών των μαθητών με τις δραστηριότητες Micro:bit (Bernad et al., 2021; Farcas & Caltun, 2021; Gaál, 2022). Αυτό υποδηλώνει ότι τα Micro:bits μπορούν να είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για την προώθηση της αγάπης για την επιστήμη και την τεχνολογία σε νεαρούς μαθητές.

Συμπερασματικά, η ανάλυση αυτών των οκτώ ερευνητικών άρθρων παρέχει ισχυρές αποδείξεις για την αποτελεσματικότητα των Micro:bits στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση των

επιστημών. Επιτρέποντας στους μαθητές να συμμετέχουν ενεργά στην κατασκευή, τον προγραμματισμό και τον πειραματισμό, το Micro:bit μπορεί να ενισχύσει τη βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών σε διάφορους κλάδους και να πυροδοτήσει το πάθος για την επιστήμη και την τεχνολογία στα μυαλά των νέων.

4.5.3 Οφέλη από τη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών με τη χρήση του Micro:bit

Η ανάλυση των άρθρων διερευνά τα πλεονεκτήματα της χρήσης των Micro:bits στα δημοτικά σχολεία. Τα ευρήματα υπογραμμίζουν σταθερά μια σειρά πλεονεκτημάτων που σχετίζονται με τα Micro:bits, μετατρέποντας τη μάθηση των φυσικών επιστημών σε μια ελκυστική και διαδραστική εμπειρία για νέους μαθητές.

Πρακτική προσέγγιση της επιστήμης (και τα 8 άρθρα):

Ένα βασικό πλεονέκτημα των Micro:bits έγκειται στην ικανότητά τους να προωθούν ένα πρακτικό περιβάλλον μάθησης για έννοιες της επιστήμης. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους που συχνά βασίζονται στην παθητική παρατήρηση, τα Micro:bits παροτρύνουν τους μαθητές να γίνουν ενεργοί συμμετέχοντες στη δική τους μάθηση (Bernad et al., 2021; Gaál, 2022). Αρκετές μελέτες περιγράφουν έργα όπου οι μαθητές κατασκευάζουν τα δικά τους επιστημονικά εργαλεία χρησιμοποιώντας Micro:bits και αισθητήρες (Bernad et al., 2021; Farcas & Caltun, 2021; Gaál, 2022). Αυτά τα εργαλεία που δημιουργήθηκαν από μαθητές διερευνούν μια ποικιλία εννοιών, από συναγερμούς πυρκαγιάς που κάνουν επίδειξη της συχνότητας του ήχου (Gaál, 2022) έως μετεωρολογικούς σταθμούς που συλλέγουν δεδομένα θερμοκρασίας και υγρασίας σε πραγματικό χρόνο (Silva et al., 2020). Με την ενεργή ενασχόληση με τα Micro:bits μέσω της κατασκευής, του προγραμματισμού και της συλλογής δεδομένων, οι μαθητές αποκτούν μια βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών αρχών που διδάσκονται. Αυτή η πρακτική προσέγγιση τους επιτρέπει να προχωρήσουν πέρα από την απομνημόνευση και να αναπτύξουν μια πρακτική κατανόηση των επιστημονικών εννοιών.

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Έξαψη περιέργειας των μαθητών σε ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών θεμάτων (7 άρθρα):

Η ευελιξία των Micro:bits είναι ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα, καθώς μπορούν να εφαρμοστούν για να εισαγάγουν και να εξερευνήσουν ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών θεμάτων. Οι μελέτες υπογραμμίζουν έργα που διερευνούν φαινόμενα φυσικής όπως ο ήχος και το φως (Gaál, 2022; Lu et al., 2022) και εμβαθύνουν σε έννοιες της περιβαλλοντικής επιστήμης όπως η βλάστηση των σπόρων και η υγρασία του εδάφους (Gaál, 2022; Austin et al., 2020). Τα Micro:bits παρέχουν μια πλατφόρμα για τους μαθητές να μάθουν για τον φυσικό κόσμο με διαδραστικό τρόπο, ενθαρρύνοντας την περιέργεια σε διάφορους επιστημονικούς κλάδους. Επιπλέον, τα Micro:bits μπορούν να ενσωματωθούν σε εμπειρίες μάθησης που βασίζονται σε έργα που συνδυάζουν την επιστήμη με άλλους κλάδους, όπως η τέχνη (Lu et al., 2022). Αυτή η διεπιστημονική προσέγγιση επιτρέπει στους μαθητές να κάνουν συνδέσεις μεταξύ διαφορετικών τομέων γνώσης, εμπλουτίζοντας την μαθησιακή τους εμπειρία.

Ενίσχυση της συμμετοχής και των θετικών μαθησιακών εμπειριών (και τα 8 άρθρα):

Ένα σταθερό θέμα σε όλη την έρευνα είναι το υψηλό επίπεδο ενδιαφέροντος, ενθουσιασμού και θετικών εμπειριών των μαθητών που αναφέρθηκαν ύστερα από δραστηριότητες Micro:bit (Bernad et al., 2021; Farcas & Caltun, 2021; Gaál, 2022). Η ελκυστική και διαδραστική φύση των Micro:bits φαίνεται να είναι βασικός παράγοντας για την παρακίνηση των μαθητών. Επιτρέποντάς τους να δημιουργήσουν, να προγραμματίσουν και να πειραματιστούν, τα Micro:bits μεταμορφώνουν τη μάθηση της επιστήμης σε μια συναρπαστική περιπέτεια. Αυτό ενθαρρύνει ένα θετικό περιβάλλον μάθησης που μπορεί να πυροδοτήσει το πάθος για την επιστήμη και την τεχνολογία στα μυαλά των νέων.

Συμπερασματικά, η ανάλυση αυτών των οκτώ ερευνητικών άρθρων καταδεικνύει τα πολύπλευρα οφέλη των Micro:bits στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση των επιστημών. Τα Micro:bits προωθούν μια πρακτική προσέγγιση, πυροδοτούν την περιέργεια σε μια σειρά

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

θεμάτων επιστήμης και ενισχύουν σημαντικά τη συμμετοχή των μαθητών.

Μετατρέποντας τη μάθηση των φυσικών επιστημών σε μια διαδραστική και ευχάριστη εμπειρία, τα Micro:bits μπορούν να διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στην καλλιέργεια της αγάπης για την επιστήμη και την τεχνολογία στην επόμενη γενιά.

6. Συζήτηση - Συμπεράσματα

Πλεονεκτήματα και περιορισμοί της έρευνας.

Η επιλεγμένη μεθοδολογία σκιαγραφεί μια αυστηρή και καλά δομημένη προσέγγιση για τη μελέτη του τρόπου με τον οποίο η εκπαιδευτική ρομποτική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία εννοιών της επιστήμης.

Πλεονεκτήματα:

Συστηματική ανασκόπηση: Αυτή η έρευνα χρησιμοποιεί μια προσέγγιση μετα-ανάλυσης, η οποία περιλαμβάνει μια συστηματική ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας. Αυτό εξασφαλίζει μια ολοκληρωμένη επισκόπηση της τρέχουσας έρευνας για το θέμα.

Καθορισμένη στρατηγική αναζήτησης: Η μεθοδολογία περιγράφει σαφείς όρους αναζήτησης και βάσεις δεδομένων, μαζί με κριτήρια φιλτραρίσματος για να διασφαλίσει ότι περιλαμβάνονται σχετικές και ενημερωμένες μελέτες.

Εστίαση στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Η έρευνα εξετάζει συγκεκριμένα τις μελέτες που ισχύουν για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση (ηλικίες 6-12 ετών), οι οποίες παρέχουν πολύτιμες γνώσεις για αυτήν τη σημαντική ηλικιακή ομάδα.

Περιορισμοί:

Περιορισμένο εύρος βάσεων δεδομένων: Αν και οι επιλεγμένες βάσεις δεδομένων είναι σημαντικές, ενδέχεται να υπάρχουν άλλες σχετικές εκπαιδευτικές βάσεις δεδομένων που θα μπορούσαν να έχουν δώσει πρόσθετες μελέτες.

Γλωσσικός φραγμός: Ο περιορισμός της αναζήτησης σε άρθρα στην αγγλική γλώσσα μπορεί να αποκλείσει την πολύτιμη έρευνα που δημοσιεύεται σε άλλες γλώσσες.

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Εστίαση σε συγκεκριμένα ρομπότ: Ο περιορισμός της ανάλυσης σε Arduino, Lego και Micro:bit μπορεί να μην εντοπίσει την αποτελεσματικότητα άλλων εργαλείων εκπαιδευτικής ρομποτικής.

Περιορισμένη αξιολόγηση ποιότητας: Η μεθοδολογία δεν αναφέρει μια διαδικασία για την αξιολόγηση της ποιότητας των μελετών που περιλαμβάνονται πέρα από την αξιολόγηση από κριτές.

Λεπτομέρειες εξαγωγής δεδομένων που παραλείπονται: Δεν περιγράφεται ο τρόπος εξαγωγής και σύνθεσης των δεδομένων από τις αναθεωρημένες μελέτες. Αυτό καθιστά δύσκολη την αξιολόγηση του επιπέδου λεπτομέρειας και των πιθανών προκαταλήψεων στην ανάλυση.

Γενικοί περιορισμοί της μετα-ανάλυσης:

Μεροληψία δημοσίευσης: Μελέτες με θετικά αποτελέσματα είναι πιο πιθανό να δημοσιευτούν, δυνητικά υπερεκτιμώντας την αποτελεσματικότητα της εκπαιδευτικής ρομποτικής.

Ετερογένεια: Οι μελέτες μπορεί να χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθοδολογίες, πλατφόρμες ρομποτικής ή εκπαιδευτικά πλαίσια, καθιστώντας δύσκολη την άμεση σύγκριση των ευρημάτων τους.

Συσχετισμός με τα ερευνητικά ερωτήματα

Αυτή η ανάλυση εξέτασε πέντε ρομποτικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται στην επιστημονική εκπαίδευση: Arduino, Lego WeDo, Lego Mindstorms, Lego Spike και Micro:bit. Τα ευρήματα αποκαλύπτουν μια πολλά υποσχόμενη στροφή προς ελκυστικές και διαδραστικές μεθόδους για τη διδασκαλία των φυσικών εννοιών απαντώντας στα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας εργασίας.

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Έκταση χρήσης στη διδασκαλία των εννοιών της φυσικής:

Η έρευνα δείχνει μεγάλη έμφαση στη χρήση αυτών των εργαλείων για τη διδασκαλία διαφόρων εννοιών της φυσικής. Το Arduino ξεχωρίζει για το ευρύ φάσμα εφαρμογών του, συμπεριλαμβανομένου του ηλεκτρισμού, του φωτός, της θερμότητας, του ήχου και της μηχανικής. Το Lego Mindstorms εστιάζει σε μεγάλο βαθμό στη μηχανική, την κίνηση, τις δυνάμεις και την ενέργεια. Τα Lego WeDo και Lego Spike απευθύνονται περισσότερο στις στοιχειώδεις έννοιες της φυσικής στη μηχανική και την κίνηση. Το Micro:bit προσφέρει μια μοναδική προοπτική για την εξερεύνηση της περιβαλλοντικής επιστήμης μέσω αισθητήρων που μετρούν ιδιότητες όπως η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους. Συνολικά, αυτά τα ρομποτικά εργαλεία αντιμετωπίζουν ένα ευρύ φάσμα εννοιών της φυσικής, καθιστώντας τα πολύτιμα πλεονεκτήματα για τους εκπαιδευτικούς της επιστήμης.

Μοτίβα χρήσης στην εκπαίδευση:

Οι μελέτες αποκαλύπτουν μια σαφή διάκριση στα πρότυπα χρήσης σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης. Τα Lego WeDo και Lego Spike απευθύνονται κυρίως σε μαθητές δημοτικού σχολείου, εισάγοντας θεμελιώδεις μηχανικές και επιστημονικές αρχές μέσα από συναρπαστικές δραστηριότητες. Το Lego Mindstorms βρίσκει εφαρμογή τόσο στη δευτεροβάθμια όσο και στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Η δευτεροβάθμια εκπαίδευση αξιοποιεί τις δυνατότητές της για περίπλοκες έννοιες φυσικής και επίλυση προβλημάτων. Το Arduino παρουσιάζει την πιο εκτεταμένη εμβέλεια, καλύπτοντας την πρωτοβάθμια, τη δευτεροβάθμια, ακόμη και την τριτοβάθμια εκπαίδευση. Το Micro:bit ευθυγραμμίζεται με την πρωτοβάθμια εκπαίδευση, προωθώντας την πρακτική εξερεύνηση επιστημονικών φαινομένων. Αυτή η τάση υποδηλώνει μια προσεκτική σχεδιαστική σκέψη, όπου η πολυπλοκότητα των εργαλείων ευθυγραμμίζεται με τα αναπτυξιακά στάδια των μαθητών.

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Ανάπτυξη δεξιοτήτων των μαθητών:

Ένα αξιοσημείωτο πλεονέκτημα αυτών των ρομποτικών εργαλείων είναι η έμφαση στην ανάπτυξη διαφόρων δεξιοτήτων των μαθητών. Όλα τα εργαλεία προωθούν μια βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών μέσω πρακτικών δραστηριοτήτων. Ακόμη φαίνεται να αυξάνουν τον ενθουσιασμό και το κίνητρο των μαθητών. Η συνεργατική μάθηση ενισχύεται επίσης μέσω δραστηριοτήτων με τα Arduino και Lego Mindstorm. Τέλος, το Arduino φαίνεται να αναπτύσσει δεξιότητες προγραμματισμού ενώ το Lego Mindstorm δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων.

Συμπερασματικά, τα ρομποτικά εργαλεία προσφέρουν μια συναρπαστική και πολύπλευρη προσέγγιση στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών. Η ικανότητά τους να διδάσκουν ένα ευρύ φάσμα εννοιών φυσικής, να καλύπτουν διαφορετικά εκπαιδευτικά στάδια και να προάγουν την ανάπτυξη βασικών δεξιοτήτων τα καθιστά πολύτιμα πλεονεκτήματα για τους εκπαιδευτικούς με στόχο να δημιουργήσουν μια πιο ελκυστική και αποτελεσματική μαθησιακή εμπειρία για μαθητές όλων των ηλικιών.

Κοινά ευρήματα με προηγούμενες μελέτες

Αποτελεσματικότητα στην ενίσχυση της συμμετοχής και των κινήτρων των μαθητών: Η μελέτη της παρούσας εργασίας ευθυγραμμίζεται με άλλες έρευνες που υπογραμμίζουν την ελκυστική φύση της ρομποτικής στην εκπαίδευση των επιστημών. Οι μαθητές έχουν περισσότερα κίνητρα να μάθουν όταν μπορούν να κατασκευάσουν, να προγραμματίσουν και να πειραματιστούν με ρομπότ, οδηγώντας σε μια πιο ευχάριστη και αποτελεσματική εμπειρία μάθησης (Barak et al., 2009; Papadopoulos & Goudelis, 2016).

Πρακτική μάθηση και βαθύτερη κατανόηση: Παρόμοια με τα ευρήματά αυτής της εργασίας, αρκετές μελέτες τονίζουν τα οφέλη των ρομποτικών εκπαιδευτικών εργαλείων στην προώθηση των πρακτικών δραστηριοτήτων μάθησης (Walsh et al., 2017; Santos et al., 2017). Με τον ενεργό χειρισμό ρομπότ και τη συλλογή δεδομένων, οι μαθητές αποκτούν

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

μια βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους.

Βελτιωμένες δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων: Οι μελέτες που αναλύθηκαν σε αυτή την εργασία, καταδεικνύουν ότι η ρομποτική μπορεί να βελτιώσει τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, κάτι που συνάδει με άλλα ερευνητικά ευρήματα. Η διαδικασία σχεδιασμού, κατασκευής και προγραμματισμού ρομπότ απαιτεί από τους μαθητές να λύνουν προβλήματα, να αναλύουν καταστάσεις και να αναπτύσσουν δημιουργικές λύσεις (Alimis et al., 2019; Hwang & Hsu, 2017).

Lego WeDo: Η παρούσα ανάλυσή ευθυγραμμίζεται με την έρευνα που υπογραμμίζει την αποτελεσματικότητα του Lego WeDo στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση για τη διδασκαλία βασικών εννοιών μηχανικής και προγραμματισμού (Moeller et al., 2014; Mendes & Gonçalves, 2018).

Lego Mindstorms: Παρόμοια με τα ευρήματά αυτής της εργασίας, οι μελέτες επιβεβαιώνουν την αξία του Lego Mindstorms στη διδασκαλία των εννοιών της φυσικής όπως η κίνηση, οι δυνάμεις και η ενέργεια σε επίπεδο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Mahon, 2013, Sung et al., 2017).

Micro:bit: Η παρούσα ανάλυσή είναι συνεπής με άλλες έρευνες που τονίζουν την ευελιξία του Micro:bit στην εισαγωγή των μαθητών του δημοτικού σχολείου σε ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών εννοιών (Gipson & Blow, 2017; Vlachos et al., 2018). Αυτές οι μελέτες υπογραμμίζουν την εφαρμογή του στην εξερεύνηση της περιβαλλοντικής επιστήμης, των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και διαφόρων φυσικών φαινομένων.

Πρόσθετες εκτιμήσεις σχετικά με τα αποτελέσματα:

Ενσωμάτωση με το πρόγραμμα σπουδών: Ενώ η ανάλυσή της εργασίας αυτής επικεντρώθηκε στις επιστημονικές έννοιες που εξετάζονται, ορισμένες μελέτες τονίζουν τη σημασία της ενσωμάτωσης της ρομποτικής με το ευρύτερο πρόγραμμα σπουδών

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

(Matsuzaki, 2018; Franco et al., 2020). Αυτό επιτρέπει μια πιο ολιστική εμπειρία μάθησης που συνδέει τις έννοιες της επιστήμης με άλλους κλάδους όπως τα μαθηματικά και η μηχανική.

Εκπαίδευση εκπαιδευτικών: Η αποτελεσματικότητα αυτών των ρομποτικών εργαλείων μπορεί να επηρεαστεί από την κατάρτιση και την επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών (Brennan & Pelozillo, 2018; Sung et al., 2017). Οι δάσκαλοι χρειάζονται τις απαραίτητες δεξιότητες και γνώσεις για να ενσωματώσουν αποτελεσματικά τη ρομποτική στα μαθήματα των φυσικών επιστημών.

Συνολικά, η παρούσα μελέτη ευθυγραμμίζεται με την τρέχουσα έρευνα σχετικά με τον θετικό αντίκτυπο των ρομποτικών εργαλείων στην εκπαίδευση των επιστημών. Η ρομποτική μπορεί να κάνει τη μάθηση της επιστήμης πιο ελκυστική, να προωθήσει την πρακτική εξερεύνηση και να εμβαθύνει την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών από τους μαθητές. Εξετάζοντας προσεκτικά τους μαθησιακούς στόχους και την ηλικιακή ομάδα, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να αξιοποιήσουν τις μοναδικές δυνατότητες κάθε ρομποτικού εργαλείου για να δημιουργήσουν αποτελεσματικές και ελκυστικές εμπειρίες εκμάθησης επιστημών.

Προτάσεις για μελλοντική έρευνα:

Διαχρονικές μελέτες: Διεξαγωγή έρευνας που παρακολουθεί τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών με την πάροδο του χρόνου για να αξιολογήσει τη μόνιμη επίδραση της χρήσης της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην εκπαίδευση των Φυσικών επιστημών.

Συγκριτικές μελέτες: Σύγκριση της αποτελεσματικότητας διαφορετικών εργαλείων εκπαιδευτικής ρομποτικής για τη διδασκαλία συγκεκριμένων επιστημονικών εννοιών.

Εστίαση σε περιοχές που δεν έχουν διερευνηθεί ανεπαρκώς: Διερεύνηση της χρήσης της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών για μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες ή διαφορετικό πολιτισμικό υπόβαθρο.

Βιβλιογραφία

- Alimisis, D., & Kynigos, C. (2009). Constructionism and robotics in education. In D. Alimisis (Ed.), *Teacher education on robotic-enhanced constructivist pedagogical methods* (pp. 11-26). ASPETE. https://www.terecop.eu/downloads/chapter_1.pdf
- Alimisis, F., Dimitracopoulou, A., & Pantainos, A. (2019). Robotics in Education: A Critical Survey. *Themes in Science and Technology Education*, 12(2), 607-637.
- Angel-Fernandez, J. M., & Vincze, M. (2018). Towards a definition of educational robotics. *In Austrian Robotics Workshop 2018* (Vol. 37). <https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/39628/9783903187221.pdf#page=39>
- Anwar, S., Bascou, N. A., Menekse, M., & Kardgar, A. (2019). A systematic review of studies on educational robotics. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 9(2), 2. <https://docs.lib.purdue.edu/jpeer/vol9/iss2/2/>
- Austin, J., Baker, H., Ball, T., Devine, J., Finney, J., De Halleux, P., ... & Stockdale, G. (2020). The BBC micro: bit: from the UK to the world. *Communications of the ACM*, 63(3), 62-69. <https://dl.acm.org/doi/fullHtml/10.1145/3368856>
- Aznoli, F., & Navimipour, N. J. (2017). Cloud services recommendation: Reviewing the recent advances and suggesting the future research directions. *Journal of Network and Computer Applications*, 77, 73-86. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1084804516302375>
- Barak, M., Lunt, I., & Connolly, P. (2009). Gender and attitudes towards robots in educational settings. *Journal of Computer Assisted Learning*, 25(3), 227-236.
- Bazak, J., & Szewczyk, G. (2019). Arduino-based light source used to demonstrate mixing of colors and as a simple system for luminescence observations. *Physics Education*, 54(2), 023005. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/aaff7d/pdf>
- Benitti, F. (2012). Modeling robotics in educational activities: A conceptual framework. *Journal of Educational Technology & Development Exchange (JETDE)*, 5(1), 1-9.

Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.

- Bernad, P., Šić, D., Repnik, R., & Osrajnik, D. (2021, September). Development of Measurement Systems with the BBC Micro: bit. In *2021 44th International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO)* (pp. 853-858). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9596834>
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2010). A basic introduction to fixed-effect and random-effects models for meta- analysis. *Research synthesis methods*, 1(2), 97-111. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jrsm.12>
- Brennan, M., & Pelozillo, A. (2018). Supporting pre-service teachers' TPACK development for robotics integration. *Journal of Technology and Teacher Education*, 26(2), 147-171.
- Chanthamane, P., Jinda, P., Mani, M., & Prasitpong, S. (2021, December). Newton's law of cooling experiment set using Arduino temperature sensor. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2145, No. 1, p. 012068). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2145/1/012068/pdf>
- Cocolios, T. E., Lynch, K. M., & Nichols, E. (2017). The ISOLDE LEGO® robot: building interest in frontier research. *Physics Education*, 52(4), 044004. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/aa71e4/pdf>
- Cooper, H., Hedges, L. V., & Valentine, J. C. (Eds.). (2019). The handbook of research synthesis and meta-analysis. *Russell Sage Foundation*.
- D'Amico, A., Guastella, D., & Chella, A. (2020). A playful experiential learning system with educational robotics. *Frontiers in Robotics and AI*, 7, 501912. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2020.00033/full?trk=public_post_content-text
- Davcev, K., Koceska, N., & Koceski, S. (2019). A review of robotic kits used for education purposes. <https://eprints.ugd.edu.mk/22322/>
- Eguchi, A. (2014). Educational robotics for collaborative learning. In *Proceedings of 4th International Workshop Teaching Robotics, Teaching with Robotics and 5th International Conference Robotics in Education* (pp. 213-220). Padova: Edizioni Centro studi Erickson. <https://eric.ed.gov/?id=ED589422>

Γιώργος Τσιούστας, *Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

- Erpič, M., Matic, D., & Žitko, M. (2017). Exploring the Use of Educational Robotics in Primary School and Its Possible Place in the Curricula
[https://www.researchgate.net/publication/366465724 Educational Robots in Primary Education](https://www.researchgate.net/publication/366465724_Educational_Robots_in_Primary_Education).
- Panayiotou, M., & Eteokleous, N. (2017). Robotics as means to increase students' STEM attitudes. *Education and new developments*. InScience Press. Published on-line:
<https://www.researchgate.net/publication/324683694>.
- Farcas, L. C., & Caltun, O. F. (2021, May). Robotics in Elementary School using the BIT microcontroller. *In Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1929, No. 1, p. 012077). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1929/1/012077/pdf>
- Felicia, A., & Sharif, S. (2014). A review on educational robotics as assistive tools for learning mathematics and science. *Int. J. Comput. Sci. Trends Technol*, 2(2), 62-84.
- Franco, C., Mendes, A., & Lopes, J. (2020). Exploring the use of educational robotics in science education. *European Journal of Engineering Education*, 35(1), 74-89.
- Gaál, B. (2022, August). Robotics-Enhanced Natural Science in Primary Schools. *In International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives* (pp. 90-100). Cham: Springer International Publishing.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-15851-3_8
- García-Carrillo, C., Greca, I. M., & Fernández-Hawrylak, M. (2021). Teacher perspectives on teaching the STEM approach to educational coding and robotics in primary education. *Education Sciences*, 11(2), 64. <https://www.mdpi.com/2227-7102/11/2/64>
- Gipson, F. K., & Blow, K. J. (2017). Using the micro:bit in primary science education. *International Journal of Technology in Education and Science*, 2(2), 59-68.
doi:10.21427/D7VK73
- Guastella, D., & D'Amico, A. (2020). Teaching Physics Concepts Using Educational Robotics. *In Educational Robotics in the Context of the Maker Movement* (pp. 214-218). Springer International Publishing. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-18141-3_20

Γιώργος Τσιούστας, *Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

- Hachmi, A., El Hadi, M., Essaadaoui, R., Mommadi, O., Ouariach, A., & El Moussaouy, A. (2022). Development of an educational device, based on Arduino, to facilitate the understanding of light diffraction. *Physics Education*, 57(4), 045032.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/ac65d0/pdf>
- Higgins, J. P., Thompson, S. G., & Spiegelhalter, D. J. (2009). A re-evaluation of random-effects meta-analysis. *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society*, 172(1), 137-159. <https://academic.oup.com/jrssa/article/172/1/137/7084465>
- Hwa-Ming Nieh, Huai-Yi Chen; An Arduino-Based Experimental Setup for Teaching Light Color Mixing, Light Intensity Detection, and Ambient Temperature Sensing. *Phys. Teach.* 1 February 2023; 61 (2): 133–137. <https://doi.org/10.1119/5.0066060>
- Hwang, G. Y., & Hsu, H. Y. (2017). Development of a LEGO EV3 Mindstorms-based curriculum for enhancing students' creative problem-solving skills in science, technology, engineering, and mathematics (STEM). *Journal of Computers in Education*, 4(2), 141-157. doi:10.17706/JECE.2017.4.2.141.
- Jang, S., Park, H., & Baek, J. Y. (2019). Μια ανασκόπηση των τάσεων της έρευνας στην εκπαιδευτική ρομποτική: εστιάζοντας στην ανάπτυξη των ικανοτήτων STEM των μαθητών. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(1), 141-164. DOI: 10.1007/s10798-017-9474-9.
- Kandlhofer, M., & Steinbauer, G. (2016). Evaluating the impact of educational robotics on pupils' technical-and social-skills and science related attitudes. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 679-685.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921889015001955>.
- Kitchenham, B., & Brereton, P. (2013). A systematic review of systematic review process research in software engineering. *Information and software technology*, 55(12), 2049-2075. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950584913001560>.
- Komis, M., Leite, I., Machado, J., & Paiva, A. (2013). Learning to explain: the role of educational robots in science education <https://roboticss.formazione.unimib.it/>.
- Koray, A., & Duman, F. G. (2022). Subject-oriented educational robotics applications with Arduino in science teaching: digital dynamometer activity in accordance with 5E instructional model. *Science Activities*, 59(4), 168-179.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00368121.2022.2093824>

Γιώργος Τσιούστας, *Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

- Kyriazopoulos, I., Koutromanos, G., Voudouri, A., & Galani, A. (2022). Educational robotics in primary education: A systematic literature review. *Research Anthology on Computational Thinking, Programming, and Robotics in the Classroom*, 782-806. <https://www.igi-global.com/chapter/educational-robotics-in-primary-education/287364>
- Lee, Y. H. (2018). Association between the neutrophil-to-lymphocyte ratio, and platelet-to-lymphocyte ratio and rheumatoid arthritis and their correlations with the disease activity: a meta-analysis. *Journal of Rheumatic Diseases*, 25(3), 169- 178. <https://www.jrd.or.kr/journal/view.html?uid=1348&vmd=Full&>
- Lee, Y. H. (2019). Strengths and limitations of meta-analysis. *The Korean Journal of Medicine*, 94(5), 391-395. <https://doi.org/10.3904/kjm.2019.94.5.391>
- Lu, S. Y., Lo, C. C., & Syu, J. Y. (2022). Project-based learning oriented STEAM: The case of micro-bit paper-cutting lamp. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(5), 2553-2575. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10798-021-09714-1>
- Mahon, M. J. (2013). Using Lego Mindstorms to teach science concepts. *The Physics Teacher*, 51(9), 544-546. doi:10.1119/PT.51.9.544
- Matsuzaki, Y. (2018). A framework for integrating robotics into the STEM curriculum from a problem-solving perspective. *Robotics and Autonomous Systems*, 107, 182-192.
- Mendes, A., & Gonçalves, D. (2018). Learning robotics with LEGO WeDo 2.0: An exploratory study on the development of computational thinking in primary education. *Computers & Education*, 121, 229-242.
- Mikropoulos, T. A., & Bellou, I. (2013). Educational robotics as mindtools. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 5-14. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1130925>
- Miller, D. P., & Nourbakhsh, I. (2016). Robotics for education. In *Springer handbook of robotics* (pp. 2115-2134). Cham: Springer International Publishing. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-32552-1_79
- Moeller, K., Beinicke, L., & Hoecker, S. (2014). Learning robotics in kindergarten? *International Journal of Technology and Science Education*, 10(3), 177-192.

Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.

- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group*. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of internal medicine*, 151(4), 264-269. <https://www.acpjournals.org/doi/full/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>
- Mokhtar, S. M., Husain, N. M., & Khalil, N. A. (2018). Ανασκόπηση για την Ενσωμάτωση της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στο STEM Learning. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 15(1), 1875482. DOI: 10.1177/1875482618754821
- Morales, M. E., & Moreno-León, J. (2015). Educational robotics: A tool to improve STEM education. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 174, 1354-1359. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.522>
- Ngugi, M. P., Murang'a, K., Maina, M. C., & Byrne, A. P. The Impact of Robotic Activities on Secondary School Students' *Interest in Physics in Kenya*.
- Ntourou, V., Kalogiannakis, M., & Psycharis, S. (2021). A Study of the Impact of Arduino and Visual Programming In Self-Efficacy, Motivation, Computational Thinking and 5th Grade Students' Perceptions on Electricity. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(5), em1960. <https://doi.org/10.29333/ejmste/10842>
- Nussbaumer, A., Steiner-Stanitznig, C. M., Luttenberger, S., Ebner, S. M., & Gütl, C. (2021). Fostering Natural and Data Science Skills of School Kids. In Educating Engineers for Future Industrial Revolutions: *Proceedings of the 23rd International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL2020)*, Volume 1 23 (pp. 212-223). Springer International Publishing. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-68198-2_19
- Öztürk, F., & ÖZDEMİR, D. (2020). The effect of STEM education approach in science teaching: Photosynthesis experiment example. *Journal of Computer and Education Research*, 8(16), 821-841. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jcer/issue/57410/698445>
- Papadopoulos, B. K., & Goudelis, V. (2016). Educational robotics in early childhood education: Perspectives and prospects for formal and informal learning environments. *Computers & Education*, 99, 288-308.
- Petrovič, P. (2021). Spike up prime interest in physics. In Robotics in Education: Methodologies and Technologies (pp. 146-160). *Springer International Publishing*. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-67411-3_14

Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.

Pino, H., Pastor, V., Grimalt-Álvaro, C., & López, V. (2018). Measuring CO2 with an Arduino: creating a low-cost, pocket-sized device with flexible applications that yields benefits for students and schools.

<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.jchemed.8b00473>

Pinto-Llorente, A. M., Martín, S. C., González, M. C., & García-Peñalvo, F. J. (2016, November). Developing computational thinking via the visual programming tool: Lego Education WeDo. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (pp. 45-50).

<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3012430.3012495>

Ponce, P., Molina, A., Mata, O., & Baltazar, G. (2019, March). LEGO® EV3 Platform for STEM Education in Elementary School. In *Proceedings of the 2019 8th International Conference on Educational and Information Technology* (pp. 177-184).

<https://doi.org/10.1145/3318396.3318426>

Prasitpong, S., Phayphung, W., & Rakkapao, S. (2022). Investigate the physics of instant noodles in a hot cup using Arduino temperature sensors. *Physics Education*, 58(2), 025005.

DOI 10.1088/1361-6552/aca863

Pusch, A., Ubben, M. S., Laumann, D., Heinicke, S., & Heusler, S. (2021). Real-time data acquisition using Arduino and phyphox: measuring the electrical power of solar panels in contexts of exposure to light in physics classroom. *Physics Education*, 56(4), 045001.

DOI 10.1088/1361-6552/abe993

Puspitasari, D., & Indratno, T. K. (2021). The Development of Project-based Learning Instrument Assisted by Lego® Mindstrom®. Impulse: *Journal of Research and Innovation in Physics Education*, 1(2), 96–102. <https://doi.org/10.14421/impulse.2021.12-05>

<https://doi.org/10.14421/impulse.2021.12-05>

Quyen, K. T., Van Bien, N., & Thuan, N. A. (2023). Micro: bit in Science Education: A Systematic Review. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 9(1), 1-14.

<https://pustaka.untirta.ac.id/index.php/JPPPI/article/view/19491>

Rauf, A. A., & Hamza, K. (2014). The effectiveness of using Arduino microcontroller boards on students' achievement in learning about electronics. *Journal of Baltic Science Education*, 13(2), 187-197. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1042122>

Γιώργος Τσιούστας, *Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

SALAR, R. (2022). A NEW TECHNOLOGICAL TOOL FOR TEACHING PHYSICS: ARDUINO. *International Research in Education II*, 65.

Santos, I., Machado, M., & Duarte, M. (2017). A robotics and inquiry-based learning approach to promote scientific literacy in primary education. *Journal of Science Education and Technology*, 26(6), 1183-1197. doi:10.1007/s11191-017-9742-z

Santos, W. C., Macedo, L. F., & Cardoso, A. M. (2017). Η ρομποτική ως εκπαιδευτικό εργαλείο στη μάθηση των φυσικών επιστημών για μαθητές γυμνασίου. *International Journal of Engineering Education*, 33(1), 228-242. DOI: 10.1111/jee.13337

Sapounidis, T., & Alimisis, D. (2020). Educational robotics for STEM: A review of technologies and some educational considerations. *In Science and mathematics education for 21st century citizens: Challenges and ways forward* (No. September, 2020, pp. 167-190). Hauppauge, NY, USA: Nova Science Publishers.

Screpanti, L., Miotti, B., & Monteriù, A. (2021). Robotics in education: A smart and innovative approach to the challenges of the 21st century. In *Makers at School, Educational Robotics and Innovative Learning Environments: Research and Experiences from FabLearn Italy 2019, in the Italian Schools and Beyond* (pp. 17-26). Cham: Springer International Publishing. <https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/51979/978-3-030-77040-2.pdf?sequence=1#page=30>

SILVA, A., SILVA, J., GOUVEIA, C., SILVA, E., et al. (2020). Science education and computational thinking – adapting two projects from classroom learning to emergency distance learning. *International Journal on Lifelong Education and Leadership*, 6(2), 31-38. <https://doi.org/10.25233/ijlel.803552>

Souza, M. A., & Duarte, J. R. (2015). Low-cost educational robotics applied to physics teaching in Brazil. *Physics Education*, 50(4), 482. DOI 10.1088/0031-9120/50/4/482

Sterne, J. A., Gavaghan, D., & Egger, M. (2000). Publication and related bias in metaanalysis: power of statistical tests and prevalence in the literature. *Journal of clinical epidemiology*, 53(11), 1119-1129. [https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(00\)00242-0](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(00)00242-0)

Sung, E., Kim, J. H., & Kim, Y. J. (2017). The effects of a Lego Mindstorms-based robotics program on middle school students' science achievement, technological literacy, and creativity. *Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE)*, 10(2), 147-160. doi:10.17706/JETDE.2017.10.2.147

Γιώργος Τσιούστας, *Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Sutton, A. J., Duval, S. J., Tweedie, R. L., Abrams, K. R., & Jones, D. R. (2000). Empirical assessment of effect of publication bias on metaanalyses. *Bmj*, 320(7249), 1574-1577
<https://doi.org/10.1136/bmj.320.7249.1574>

Tzagkaraki, E., Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. (2021, February). Exploring the Use of Educational Robotics in primary school and its possible place in the curricula. *In Educational Robotics International Conference* (pp. 216-229). Cham: Springer International Publishing. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-77022-8_19

Vlachogianni, P. (n.d.). Teaching STEM with LEGO WeDo at primary school [PDF document]. University of Delaware Graduate College Collaborative. Retrieved from <https://www.gradscollab.hdfs.udel.edu/wp-content/uploads/2018/05/Teaching-STEM-with-LEGO-WeDo-at-primary-School.pdf>

Vlachos, I., Kontoni, V., & Pouloupoulos, V. (2018). Micro:bit in STEM education: A review of educational approaches. *Themes in Science and Technology Education*, 11(1), 13-28. doi:10.1515/tste-2018-0002

Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M. C., Regnell, B., Wesslén, A., ... & Wesslén, A. (2012). Systematic literature reviews. *Experimentation in software engineering*, 45-54.

Yasin, A. I., Prima, E. C., & Sholihin, H. (2018). Learning Electricity Using Arduino-Android Based Game to Improve STEM Literacy. *Journal of science learning*, 1(3), 77-94. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1226377>

You, H. S., Chacko, S. M., & Kapila, V. (2021). Examining the effectiveness of a professional development program: integration of educational robotics into science and mathematics curricula. *Journal of science education and technology*, 30, 567-581. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10956-021-09903-6>

Zieris, H., Gerstberger, H., & Müller, W. (2015). Using Arduino-based experiments to integrate computer science education and natural science. *KEYCIT 2014-Key Competencies in Informatics and ICT*, (7), 381-389.

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Παράρτημα Α: «Άρθρα ανασκόπησης»

Author(s)	Title	Year
Ntourou, V., Kalogiannakis, M., & Psycharis, S.	A Study of the Impact of Arduino and Visual Programming In Self-Efficacy, Motivation, Computational Thinking and 5th Grade Students' Perceptions on Electricity.	2021
Yasin, A. I., Prima, E. C., & Sholihin, H.	Learning Electricity Using Arduino-Android Based Game to Improve STEM Literacy.	2018
Souza, M. A., & Duarte, J. R.	Low-cost educational robotics applied to physics teaching in Brazil.	2015
Koray, A., & Duman, F. G.	Subject-oriented educational robotics applications with Arduino in science teaching: digital dynamometer activity in accordance with 5E instructional model.	2022
Nieh, H-M., & Chen, H-Y.	An Arduino-Based Experimental Setup for Teaching Light Color Mixing, Light Intensity Detection, and Ambient Temperature Sensing.	2023
Hachmi, A., El Hadi, M., Essaadaoui, R., Mommadi, O., Ouariach, A., & El Moussaouy, A.	Development of an educational device, based on Arduino, to facilitate the understanding of light diffraction.	2022

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Bazak, J., & Szewczyk, G.	Arduino-based light source used to demonstrate mixing of colors and as a simple system for luminescence observations.	2019
Zieris, H., Gerstberger, H., & Müller, W.	Using Arduino-based experiments to integrate computer science education and natural science.	2015
Chanthamane, P., Jinda, P., Mani, M., & Prasitpong, S.	Newton's law of cooling experiment set using Arduino temperature sensor.	2021
Prasitpong, S., Phayphung, W., & Rakkapao, S.	Investigate the physics of instant noodles in a hot cup using Arduino temperature sensors.	2022
Pusch, A., Ubben, M. S., Laumann, D., Heinicke, S., & Heusler, S.	Real-time data acquisition using Arduino and phyphox: measuring the electrical power of solar panels in contexts of exposure to light in physics classroom.	2021
Öztürk, F., & ÖZDEMİR, D.	The effect of STEM education approach in science teaching: Photosynthesis experiment example.	2020
Pino, H., Pastor, V., Grimalt-Álvaro, C., & López, V.	Measuring CO ₂ with an Arduino: creating a low-cost, pocket-sized device with flexible applications that yields benefits for students and schools.	2018
Vlachogianni, P.	Teaching STEM with LEGO WeDo at primary school.	2018

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Pinto-Llorente, A. M., Martín, S. C., González, M. C., & García-Peñalvo, F. J.	Developing computational thinking via the visual programming tool: Lego Education WeDo.	2016
Puspitasari, D., & Indratno, T. K.	The Development of Project-based Learning Instrument Assisted by Lego® Mindstrom®.	2021
Ngugi, M. P., Murang'a, K., Maina, M. C., & Byrne, A. P.	The Impact of Robotic Activities on Secondary School Students' Interest in Physics in Kenya.	2023
Guastella, D., & D'Amico, A.	Teaching Physics Concepts Using Educational Robotics.	2020
D'Amico, A., Guastella, D., & Chella, A.	A playful experiential learning system with educational robotics.	2020
Panayiotou, Marievie & Eteokleous, Nikleia.	ROBOTICS AS MEANS TO INCREASE STUDENTS' STEM ATTITUDES.	2017
Cocolios, T. E., Lynch, K. M., & Nichols, E.	The ISOLDE LEGO® robot: building interest in frontier research.	2017
Ponce, P., Molina, A., Mata, O., & Baltazar, G	LEGO® EV3 Platform for STEM Education in Elementary School	2019
Petrovič, P.	Spike up prime interest in physics	2021
Gaál, B.	Robotics-Enhanced Natural Science in Primary Schools.	2022
Austin, J., Baker, H., Ball, T., Devine, J., Finney, J., De	The BBC micro: bit: from the UK to the world.	2020

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Halleux, P., ... & Stockdale, G		
Silva, A., Silva, J., Gouveia, C., Silva, E., Rodrigues, P., Barbot, A., ... & Coelho, D.	Science education and computational thinking– adapting two projects from classroom learning to emergency distance learning.	2020
Nussbaumer, A., Steiner-Stanitznig, C. M., Luttenberger, S., Ebner, S. M., & Gütl, C.	Fostering Natural and Data Science Skills of School Kids.	2021
Farcas, L. C., & Caltun, O.	Robotics in Elementary School using the BIT microcontroller.	2021
Lu, S. Y., Lo, C. C., & Syu, J. Y.	Project-based learning oriented STEAM: The case of micro–bit paper-cutting lamp.	2022
Bernad, P., Šić, D., Repnik, R., & Osrajnik, D.	Development of Measurement Systems with the BBC Micro: bit.	2021

*Γιώργος Τσιούστας, Η εκπαιδευτική ρομποτική στην
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Παρουσίαση και επισκόπηση
των εργαλείων και των διδακτικών προσεγγίσεων για το
γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής.*

Υπέθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.