

Η ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΚΑΙ Η ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ, ΩΣ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ: ΟΙ ΤΡΕΧΟΥΣΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ

Αριστοτέλης Γκιόλμας¹, Κωνσταντίνος Σκορδούλης², Γιάννα Κατσιαμπούρα³, Γεώργιος Πριμεράκης⁴, Άνθιμος Χαλκίδης⁵, Βασιλική Ψωμά⁶, Ηλίας Μπόικος⁷, Ζωγραφιά Παπαναγιώτου⁸, Αικατερίνη Μπενίση⁹, Αλεξάνδρα-Τριανταφυλλιά Παπαναγιώτου¹⁰, Θεοπούλα Χρυσοχού¹¹ & Αναστάσιος Κόλλιας¹²

¹Επίκουρος Καθηγητής ΠΤΔΕ - ΑΠΘ, ²Καθηγητής ΠΤΔΕ - ΕΚΠΑ, ³Επίκουρη Καθηγήτρια ΠΤΔΕ-ΕΚΠΑ, ⁴ΕΔΙΠ, ΠΤΔΕ - ΑΠΘ, ⁵Επιστημονικός Συνεργάτης ΠΤΔΕ - ΕΚΠΑ, ⁶Υποψήφια Διδακτόρισα ΠΤΔΕ - ΕΚΠΑ, ⁷Υποψήφιος Διδάκτορας ΠΤΔΕ - ΕΚΠΑ, ⁸Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια ΠΤΔΕ - ΕΚΠΑ, ⁹Μ.Εδ., ΠΤΔΕ - ΕΚΠΑ, ¹⁰Προπτυχιακή Φοιτήτρια ΣΕΜΦΕ - ΕΚΠΑ, ¹¹Επιστημονική Συνεργάτιδα ΠΤΔΕ - ΕΚΠΑ, ¹²Επιστημονικός Συνεργάτης ΠΤΔΕ - ΕΚΠΑ.

agkiolm@eled.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο παρόν κεφάλαιο διερευνάται διεξοδικά η χρήση δύο καινούργιων - σχετικά - εργαλείων που εμπλουτίζουν τα τελευταία χρόνια την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής, σε όλες τις βαθμίδες της Εκπαίδευσης: της **Εκπαιδευτικής Ρομποτικής** και της **Τεχνητής Νοημοσύνης**. Μελετάται το θεωρητικό και παιδαγωγικό πλαίσιο της χρήσης των δύο αυτών εργαλείων, παρατίθενται εκτεταμένα παραδείγματα χρήσης τους και εφαρμογές τους και παρουσιάζονται οι εκπαιδευτικοί και μαθησιακοί στόχοι που επιτυγχάνονται με αυτά. Συζητώνται περιπτώσεις εφαρμογής των δύο εργαλείων στην εργαστηριακή διδασκαλία της Φυσικής και παρατίθενται διάφορες μορφές της. Τέλος αναλύονται οι δεοντολογικοί περιορισμοί στη χρήση της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής και της Τεχνητής Νοημοσύνης στην πειραματική εκπαίδευση της Φυσικής και εξετάζονται οι προοπτικές χρήσης των δύο εργαλείων στο μέλλον.

Λέξεις κλειδιά: εκπαιδευτική ρομποτική, τεχνητή νοημοσύνη, πειραματική διδασκαλία Φυσικής

Αναφορά: Γκιόλμας, Α. & Σκορδούλης, Κ., Κατσιαμπούρα, Γ., Πριμεράκης, Γ., Χαλκίδης, Α., ... & Κόλλιας, Α. (2025). *Η Εκπαιδευτική Ρομποτική και η Τεχνητή Νοημοσύνη, ως Σύγχρονα Εργαλεία Υποστήριξης της Πειραματικής Διδασκαλίας της Φυσικής: Οι Τρέχουσες Πρακτικές*, στο Κώτσης Κ.Θ. & Στύλος Γ., (Επιμέλεια), *Πείραμα και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Επετειακός Τόμος για τα 40 χρόνια του ΠΤΔΕ Ιωαννίνων*, Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. ISBN: 978-618-82063-5-9

EDUCATIONAL ROBOTICS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE, AS MODERN TOOLS OF SUPPORTING THE EXPERIMENTAL TEACHING OF PHYSICS: THE CURRENT PRACTICES

Aristotelis Gkiolmas¹, Constantine Skordoulis², Gianna Katsiampoura³, George Primerakis⁴, Anthimos Chalkidis⁵, Vasiliki Psoma⁶, Ilias Boikos⁷, Zografia Papanagiotou⁸, Aikaterini Benisi⁹, Alexandra-Triantafyllia Papanagiotou¹⁰, Theopoula Chrysochou¹¹ & Anastasios Kollias¹²

¹Assistant Professor, Department of Primary Education, Aristotle University of Thessaloniki, ²Professor, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, ³Assistant Professor, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, ⁴Laboratory Teaching Staff, Department of Primary Education, Aristotle University of Thessaloniki, ⁵Research Fellow, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, ⁶PhD Candidate, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, ⁷PhD Candidate, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, ⁸Post-graduate Student, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, ⁹M.Ed., Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, ¹⁰Under-graduate Student, School of Applied Mathematical and Physical Sciences, National Technical University of Athens, ¹¹Research Fellow, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, ¹²Research Fellow, Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens.

agkiolm@eled.auth.gr

ABSTRACT

In the current chapter, the use of two - relatively - new tools is scrutinised, which enhance, in the recent years, the experimental teaching of Physics at all levels of education: Educational Robotics and Artificial Intelligence. The theoretical and the pedagogical framework of the use of these two aforementioned tools is studied, extensive examples of their use and application are detailed, and - finally - the educational and learning objectives achieved by these two, aforementioned, tools are presented. Certain cases of implementation of these two tools, in their various forms, in the laboratory teaching of Physics are discussed and listed. Finally, the

ethical restrictions in the use of both Educational Robotics and Artificial Intelligence in the experimental instruction of Physics are analyzed, and the perspectives of usage of these two tools in the future are examined.

Keywords: educational robotics, artificial intelligence, experimental teaching of Physics

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μία διαρκής και αυξανόμενη ενσωμάτωση διεθνώς, τόσο πλατφορμών Εκπαιδευτικής Ρομποτικής (στο εξής, συχνά: **EP**), (Esportuno & Gerardo, 2014), όσο και περιβαλλόντων Τεχνητής Νοημοσύνης (στο εξής, συχνά: **TN**) (Mahligawati et al., 2023) στην διδασκαλία και μάθηση που αφορά τη Φυσική και ειδικότερα την πειραματική διδασκαλία αυτής. Και τα δύο αυτά καινοτόμα εργαλεία, δείχνουν να εμπλουτίζουν κατά πολύ την εκπαίδευση στη Φυσική και, ειδικότερα, το πειραματικό σκέλος αυτής.

Αρχικά σε ό,τι αφορά τη χρήση της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής, έρευνες (Ospennikova, Ershov & Iljin, 2015) έχουν δείξει ότι η εισαγωγή της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στην πειραματική διδασκαλία της Φυσικής: (i) αύξησε το ενδιαφέρον των μαθητών και μαθητριών για τη μελέτη του αντικειμένου, (ii) βελτίωσε την κατανόηση της διδαχθείσας ύλης, (iii) αύξησε την επιθυμία των μαθητών να εμπλακούν με τη Φυσική σε μεταγενέστερο στάδιο σπουδών τους (π.χ. Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση) και (iv) αύξησε την επιθυμία τους να εμπλακούν επαγγελματικά με πεδία που περιέχουν τη Φυσική και την Τεχνολογία.

Από την άλλη πλευρά, τα περιβάλλοντα Τεχνητής Νοημοσύνης που όλο και περισσότερο χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση (Παρασκευάς, 2024), πέρα από τα κλασικά πλεονεκτήματα που παρέχουν, όπως η εξατομικευμένη μάθηση, η διαρκής ανατροφοδότηση και η συν-διαμόρφωση του μαθήματος από διδάσκοντα και μαθητές, παρέχουν, όπως φαίνεται, ειδικά στην πειραματική διδασκαλία της Φυσικής, και άλλα πλεονεκτήματα (Domenichini et al., 2024), όπως είναι η ισχυρή εμπλοκή των μαθητών με την Φυσική και το πείραμα, και η ισχυρή παρώθηση για πειραματική πρακτική στη Φυσική.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΚΑΙ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η χρήση της EP (Souza, & Duarte, 2015) και της TN (Kotsis, 2024) ως μέσα για την πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και της Φυσικής ειδικότερα, προέκυψε μέσα από μία σειρά από αιτίες και συνθήκες.

Αρχικά ο πειραματικός εξοπλισμός στην εκπαίδευση υφίσταται φθορές και απώλειες και η ύπαρξη πειραματικών εργαλείων χαμηλού συνήθως κόστους (όπως στην Εκπαιδευτική Ρομποτική) και εργαλείων μοντελοποίησης και προσομοίωσης (όπως σε διάφορα περιβάλλοντα Τεχνητής Νοημοσύνης) αποτελεί μία βασική διέξοδο σε αυτό. Να τονιστεί ότι οι διατάξεις EP είναι μικρής κλίμακας (όγκου) σε σχέση με τις κλασικές

πειραματικές συσκευές, ενώ βέβαια τα περιβάλλοντα ΤΝ απαιτούν απλά τη χρήση υπολογιστή και του Διαδικτύου.

Άλλος, πολύ σημαντικός λόγος είναι, τα τελευταία 25-30 χρόνια, η πλατεία διάδοση και εδραίωση της εκπαίδευσης STEM, ενός διεπιστημονικού εκπαιδευτικού πεδίου, στηριγμένου σε τεχνικές σχεδίου δράσης (project), όσο και στη διερεύνηση (inquiry) και την επίλυση προβλήματος. Δεδομένου ότι τόσο η Εκπαιδευτική Ρομποτική, όσο και τα εργαλεία Τεχνητής Νοημοσύνης αποτελούν κεντρικές συνιστώσες του STEM, ακολούθησαν και αυτές μία αντίστοιχη πορεία εξάπλωσης και εδραίωσης στην εκπαιδευτική κοινότητα.

Επιπρόσθετα συγκεκριμένες περιοχές της Φυσικής είναι αδύνατο να καλυφθούν με κλασική πειραματική διδασκαλία, όπως η Αστροφυσική, η Σχετικότητα, η Κβαντομηχανική και άλλες, καθιστώντας πολύτιμη τη συμβολή της ΤΝ. Αντίστοιχο επιχείρημα υφίσταται και για την ΕΡ, με πιο κλασικό παράδειγμα την Ηλεκτρονική (δίοδοι LED, τρανζίστορς, ποτενσιόμετρα και άλλα), έναν κατ' εξοχήν κλάδο της Φυσικής που - θεωρούμε ότι - δύσκολα θα “κατέβαινε” σε χαμηλότερες βαθμίδες Εκπαίδευσης από την Τριτοβάθμια, χωρίς τη συμβολή της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής.

Επιπρόσθετα, μέσα σε Κατασκευαστικά Εποικοδομητικά (Constructionist) πλαίσια, οι Luciano και άλλοι (2019) καταδεικνύουν ότι η πειραματική εκπαίδευση στη Φυσική με τη συνδρομή της Ρομποτικής, σχετίζεται άμεσα με διδακτικούς στόχους όπως η ικανότητα επίλυσης προβλήματος, η δημιουργικότητα και η κριτική συλλογιστική.

Κατ' αντιστοιχία, η χρήση και ένταξη της ΤΝ στην πειραματική διδασκαλία της Φυσικής σχετίζεται με κλάδους όπως η Γνωσιακή Ψυχολογία, η Επιστήμη των Υπολογιστών και η Εκπαιδευτική Τεχνολογία και άπτεται ζητημάτων όπως είναι η εξατομίκευση της μάθησης και η “ευκαμψία” της διδασκαλίας στη Φυσική (Tong, Zheng & Wan, 2019)

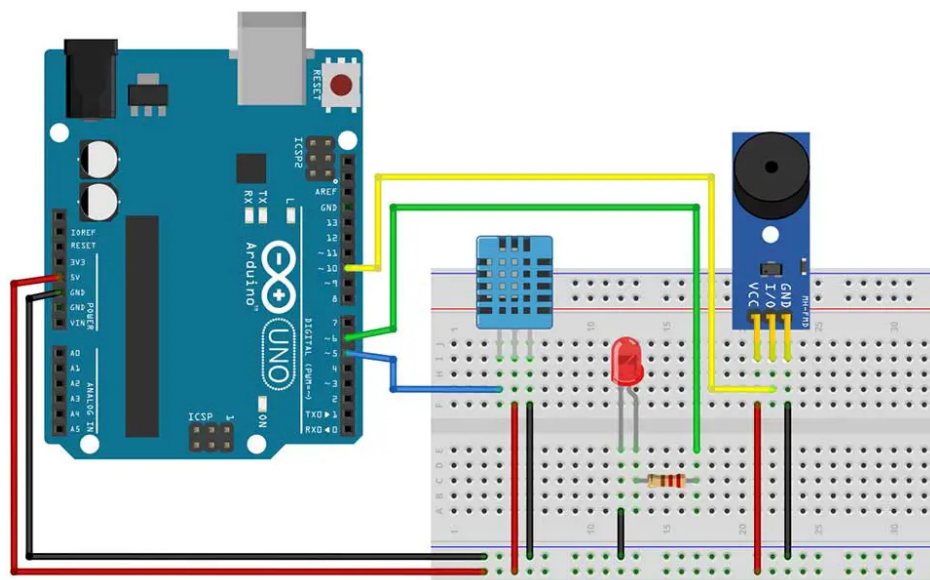
ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ

Οι τρεις πιο δημοφιλείς πλατφόρμες Εκπαιδευτικής Ρομποτικής αυτή τη στιγμή, στην Ελληνική Εκπαίδευση είναι - χωρίς αμφιβολία - τρεις: το Arduino, το Lego Spike και το BBC Micro:bit. Και οι τρεις έχουν ευρεία χρήση διεθνώς, σε ό,τι αφορά την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής, σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (Petry et al., 2016; Petrovič, 2021; Kalelioglu & Sentence, 2020, Quyen, Van Bien, & Thuan, 2023). Κάθε μία, όμως, από τις τρεις αυτές πλατφόρμες Εκπαιδευτικής Ρομποτικής έχει δικά της ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα, που την καθιστούν κατάλληλη για συγκεκριμένα επίπεδα μαθητών και συγκεκριμένες ενότητες στη διδασκαλία της Φυσικής.

A. Το Arduino

Το Arduino είναι μικρο-ελεγκτής. Παίρνει “είσοδο” από τον υπολογιστή με τον οποίο συνδέεται και μπορεί να τροφοδοτείται με ρεύμα από αυτόν. Αντίστοιχα παράγει “κάτι” ως έξοδο. Η “είσοδος” μπορεί να γίνει είτε γράφοντας κώδικα στο δικό του περιβάλλον προγραμματισμού (IDE, βασισμένο στη γλώσσα C++) είτε με

περιβάλλοντα προγραμματισμού “με πλακίδια” (επί παραδείγματι το Scratch for Arduino, S4A). Αυτή η λογική του ότι προγραμματίζει κανείς κάτι και βλέπει πλέον το αποτέλεσμα όχι στην οθόνη του υπολογιστή, αλλά σαν υλικό δημιούργημα μπροστά του (π.χ. σε αυτό που λέγεται “πλακέτα υλοποίησης κυκλωμάτων” ή breadboard) κάνει το Arduino να υπάγεται σε αυτό που ονομάζεται “φυσική υπολογιστική” ή “φυσικός προγραμματισμός” (physical computing).



Εικόνα 1. Διάταξη “Συναγερμού Θερμοκρασίας” με Arduino (Ramos, 2024, Αναμορφωμένη εικόνα: Αναστάσιος Κόλλιας)

Σημαντικά πλεονεκτήματα του Arduino για την εκπαιδευτική του χρήση είναι το πολύ χαμηλό του κόστος, το ελεύθερο υλικό προγραμματισμού και τεκμηρίωσης που βρίσκει κανείς στο Διαδίκτυο, το μικρό του μέγεθος και άλλα.

Ειδικότερα όμως σε ότι αφορά την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής, θα λέγαμε ότι αυτό που το καθιστά ιδιαίτερα χρήσιμο και δημοφιλές είναι τα κυκλώματα που μπορεί να υλοποιήσει ο διδάσκων και ο μαθητής στο breadboard και που περιλαμβάνουν πλήθος οντοτήτων Φυσικής και, κυρίως, η τεράστια γκάμα αισθητήρων που χρησιμοποιεί σαν input και που μετρούν πάρα πολλά Φυσικά μεγέθη (θερμοκρασία, απόσταση, ένταση φωτός και πολλά άλλα). Επιπρόσθετα, η χρήση οθόνης LCD (Liquid Crystal Display) σε σύνδεση με τον μικρο-ελεγκτή, παρέχει συχνά τη δυνατότητα, τα φυσικά μεγέθη που λαμβάνονται πειραματικά ως είσοδος, και καταγράφονται στη Σειριακή Οθόνη (Serial Monitor), να προβάλλονται σε πραγματικό χρόνο και να είναι διαθέσιμα για καταγραφή ή επεξεργασία.

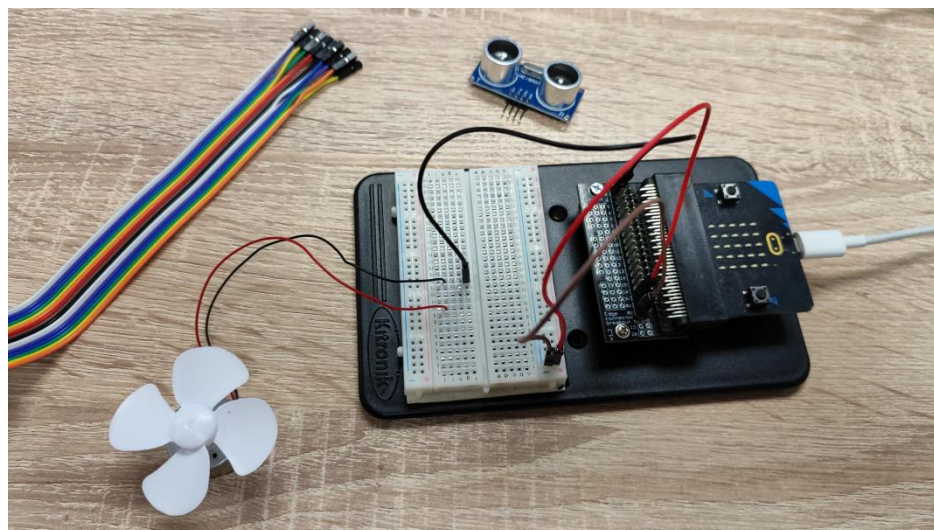
Στην πειραματική διάταξη της Εικόνας 1 (Ramos, 2024), ένα Arduino λαμβάνει - με έναν αισθητήρα - τιμές θερμοκρασίας ως είσοδο και όταν οι τιμές αυτές υπερβούν ένα όριο, ανάβει ένα λαμπάκι LED (φωτοδίοδος) και ενεργοποιείται ένας πιεζοηλεκτρικός βομβητής. Έτσι καταγράφουμε τιμές θερμοκρασίας μέσα σε κάποια όρια (πειραματικά) και μετά έχουμε “συναγερμό”. Αν προσθέσουμε και οθόνη LCD, οι τιμές θερμοκρασίας που καταγράφονται από το σύστημα, μπορούν και να

προβάλλονται.

B. Το BBC Micro:bit.

Το Micro:bit είναι και αυτό ένας μικρο-ελεγκτής, που έχει πολλά κοινά χαρακτηριστικά με το Arduino. Φτιάχτηκε από την Βρετανική τηλεόραση, σε συνεργασία με επιστήμονες υπολογιστών, προκειμένου να φέρει παιδιά μικρότερης ηλικίας σε επαφή με τον προγραμματισμό, τη “φυσική υπολογιστική” και την εκπαιδευτική Ρομποτική. Είναι ακόμη πιο μικρό σε διαστάσεις και ακόμη πιο οικονομικό από το Arduino. Απευθύνεται, ως εκ τούτου, γενικά, σε μαθητές πιο μικρούς από ότι το Arduino. Εδώ το περιβάλλον προγραμματισμού είναι κυρίως διαδικτυακό, ωστόσο υπάρχει πλέον εφαρμογή που μπορεί να εγκατασταθεί τοπικά. Χαρακτηριστικό του αποτελεί πως υποστηρίζει περιβάλλον προγραμματισμού “με πλακίδια”, αλλά και τις πολύ δημοφιλείς γλώσσες Python και Java (<https://microbit.org/code/>).

Το Micro:bit έχει “βάσεις επέκτασης” που του επιτρέπουν να συνδέεται με breadboard, σε παρόμοια λογική με το Arduino, και μπορεί να “τρέχει” και προσομοιωμένα στην οθόνη του περιβάλλοντος προγραμματισμού (κάτι που το Arduino δεν κάνει, απλά στο S4A είναι “ορατό”. Ωστόσο, το ψηφιακό περιβάλλον του Tinkercad, www.tinkercad.com/circuits, προσφέρει τη λειτουργική μοντελοποίηση και των δύο πλατφορμών Εκπαιδευτικής Ρομποτικής). Έχει περίπου ίδιους αισθητήρες με το Arduino για πειραματική διδασκαλία, ενώ έχει επιπλέον και ενσωματωμένους κάποιους αισθητήρες *πάνω* στην πλακέτα, επί παραδείγματι αισθητήρα επιτάχυνσης, κάτι που το Arduino δεν έχει, με εξαίρεση μερικές εκδοχές του (ενδεικτικά: Arduino Nano).



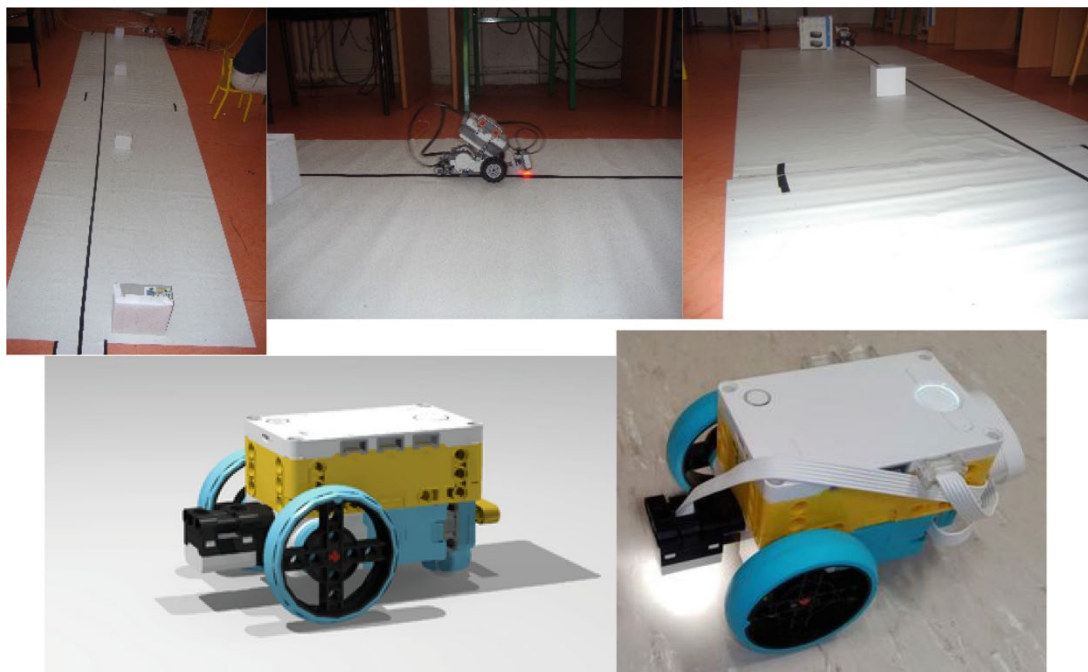
Εικόνα 2. Καταγραφή (ποιοτικά) της επιτάχυνσης μέσα από την ταχύτητα περιστροφής ενός ανεμιστήρα, με Micro:bit και αισθητήρα επιτάχυνσης (Kitronik, 2016, Αναμόρφωση εικόνας: Αναστάσιος Κόλλιας)

Σαν παράδειγμα χρήσης του Micro:bit για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής,

δίνουμε μία διάταξη που εικονίζεται στην Εικόνα 2, και καταγράφει ποιοτικά την επιτάχυνση της πλακέτας, όπως την μετράει ο αισθητήρας, απεικονιζόμενη στην ταχύτητα περιστροφής ενός μικρού ανεμιστήρα. Όταν η επιτάχυνση μεγαλώνει ο ανεμιστήρας γυρίζει πιο γρήγορα. Επιπρόσθετα, όταν αλλάζει φορά η επιτάχυνση, αλλάζει φορά και η περιστροφή του ανεμιστήρα! Η διάταξη αποτελεί εργαστηριακή άσκηση στο Εργαστήριο Ρομποτικής του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Γ. Το Lego Spike (Essential / Prime)

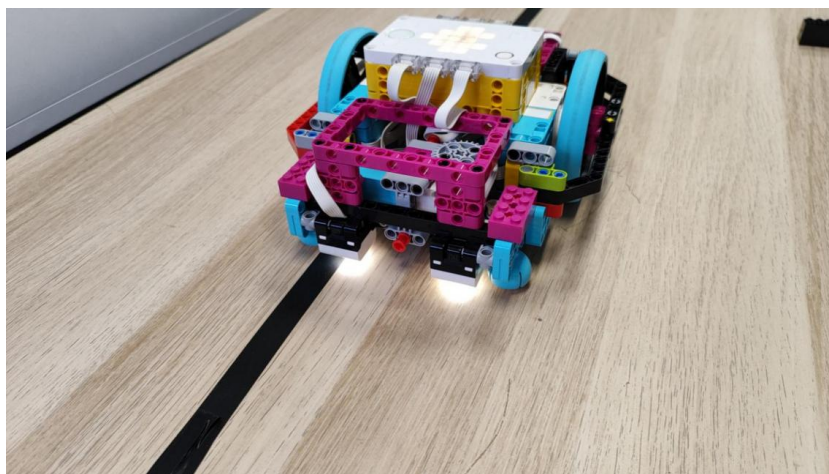
Το Lego είναι μία διάταξη Εκπαιδευτικής Ρομποτικής αρκετά μεγαλύτερου κόστους από τις δύο άλλες. Προσομοιάζει όμως περισσότερο στην κλασική εικόνα ενός Ρομπότ εκπαιδευτικής χρήσης. Προγραμματίζεται πλέον και αυτό αποκλειστικά μέσα από τον υπολογιστή, αν και μέχρι την έκδοση EV3 - εν αντιθέσει με τα δύο προηγούμενα – είχε και μία υπολογιστική αυτονομία, δηλαδή προγραμματιζόταν και με εντολές - μενού που διέθετε εσωτερικά. Το Lego διαθέτει και αυτό αισθητήρες απόστασης, χρώματος, έντασης φωτός, πίεσης και γυροσκόπιο, λιγότερους από τις δύο προαναφερθείσες διατάξεις. Παρ' όλα αυτά, διαφαίνεται μία τάση σε όλες τις εταιρείες να ενοποιηθούν οι αισθητήρες και να είναι κοινói σε όλα τα είδη Εκπαιδευτικής Ρομποτικής. Επίσης το Lego ΔΕΝ διαθέτει σε τόσο βαθμό ελεύθερο λογισμικό, όσο οι δύο προηγούμενες πλατφόρμες. Υποστηρίζει δύο εκδόσεις προγραμματισμού με πλακίδια (Block Programming) τα Icon Blocks και τα Word Blocks, καθώς και μια ειδική έκδοση της Python.



Εικόνα 3. Πείραμα μέτρησης της μέσης ταχύτητας με Lego NXT και Lego Spike Prime (Petrovič, 2021)

Η χρήση του Lego Spike, τόσο του Prime (πρώην Mindstorms EV-3), που αφορά

μαθητές δευτεροβάθμιας και ύστερης πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, όσο και του Essentials (πρώην WeDo) που αφορά μικρότερες ηλικίες Δημοτικού, εκτείνεται και αυτή σε αρκετές περιοχές της εργαστηριακής διδασκαλίας της Φυσικής. Θα λέγαμε όμως ότι η μεγάλη δυναμική του είναι στη διεξαγωγή και διδασκαλία πειραμάτων Κινηματικής και γενικότερα Μηχανικής. Στην Εικόνα 3 φαίνεται μία διάταξη από Lego NXT και Lego Spike Prime, για τη μέτρηση της μέσης ταχύτητας (η συσκευή κινείται σε τμήματα τροχιάς) (Petrovič, 2021).



Εικόνα 4. Το πιο σύγχρονο μοντέλο του Lego Spike Prime, που χρησιμοποιούμε για το πείραμα της μέσης ταχύτητας, αντί του παλαιότερου Lego NXT. (Φωτογραφία: Αναστάσιος Κόλλιας)

Στην εικόνα 4 φαίνεται το πιο σύγχρονο μοντέλο του Spike Prime, που χρησιμοποιούμε στο ίδιο πείραμα, για τα τμήματα της τροχιάς, καταργώντας τελείως το παλαιότερο Lego NXT.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ

Παράδειγμα λογισμικού Τεχνητής Νοημοσύνης που τελευταία χρησιμοποιείται ευρέως για τη διδασκαλία της Φυσικής (Callaghan et al., 2021) είναι το Labster (www.labster.com). Το Labster προσφέρει στους μαθητές μία σειρά από εικονικά πειράματα, τύπου hands-on, με το επιπρόσθετο χαρακτηριστικό ότι οι προσομοιώσεις “προσαρμόζονται” στις ενέργειες του μαθητή / της μαθήτριας και δίνουν - σε πραγματικό χρόνο - ανατροφοδότηση και πειραματική καθοδήγηση. Στην Εικόνα 5 φαίνεται ένα στιγμιότυπο οθόνης από το Labster, το οποίο προσομοιώνει πείραμα για τη διατήρηση της ενέργειας.

Ένα δεύτερο, πολύ ευρέως χρησιμοποιούμενο λογισμικό TN για τη δημιουργία πειραμάτων Φυσικής στην τάξη είναι το Magic School Science-Lab_Generator (www.magicschool.ai/tools/science-lab-generator).



Εικόνα 5. Στιγμιότυπο οθόνης από προσομοίωση του περιβάλλοντος TN Labster, η οποία προσομοιώνει πειράματα για τη διατήρηση της ενέργειας.

Εδώ, το περιβάλλον TN αλληλεπιδρά πιο πολύ με τον διδάσκοντα, δηλαδή ο/η εκπαιδευτικός κάνει μία σειρά από επιλογές μέσα από ένα μενού: σε τι βαθμίδα απευθύνονται τα πειράματα Φυσικής που θέλει να κάνει, ποια ενότητα θέλει να διδάξει, ποιο το υπόβαθρο των μαθητών, γενικά ποιο είναι το πειραματικό πλαίσιο και τέλος ποιοι είναι οι διδακτικοί του στόχοι στο πείραμα και το περιβάλλον TN του παράγει - σε πλήρη περιγραφή ένα ή περισσότερα πειράματα με τις προδιαγραφές αυτές, καθώς και διαμορφωτική αξιολόγηση πάνω σε αυτά.

Generate an engaging science lab based on topics and standards of your choice.

Grade level:

6th grade

Science Lab Description:

Ways of Heat Transfer

Additional Context:

My students are at the very beginning of their study of heat, so please provide as much background information as possible in the lesson.

Standards Set to Align to:

NGSS

Generate

Εικόνα 6. Οι επιλογές που κάνει ο εκπαιδευτικός για το περιβάλλον TN Magic-School-Science-Lab-Generator, ώστε να παραχθεί ένα πείραμα για τους τρόπους διάδοσης της Θερμότητας

Για παράδειγμα, στην Εικόνα 6, ο εκπαιδευτικός κάνει επιλογές και περιγραφές που αφορούν πειράματα για τους τρόπους διάδοσης θερμότητας, σε επίπεδο βαθμίδας 6 (ΣΤ΄ Δημοτικού). Αντίστοιχα στην Εικόνα 7, φαίνεται το πείραμα που παράγει και περιγράφει το περιβάλλον TN “Magic School - Science Lab Generator” και στην Εικόνα 8 οι στόχοι που θέτει (πχ κατά NGSS).

Science Lab: Ways of Heat Transfer

Objective:

In this lab, students will explore the different ways heat can be transferred and understand the concepts of conduction, convection, and radiation.

Materials Needed:

- Metal spoon
- Plastic spoon
- Styrofoam cup
- Water
- Heat source (like a candle or lamp)
- Thermometer

Procedure:

1. Fill one Styrofoam cup and one metal spoon with hot water.
2. Place the metal spoon in the hot water and observe what happens.
3. Place the plastic spoon in the hot water and observe what happens.
4. Hold the metal spoon above the heat source and observe.
5. Hold the plastic spoon above the heat source and observe.

Observations:

- Record your observations of what happened in each step.
- Note any differences you observed between the metal and plastic spoons.

Analysis:

- Based on your observations, explain how heat was transferred in each scenario.
- Identify which method of heat transfer (conduction, convection, radiation) was at play in each case.

Reflection Questions:

1. Why do you think the metal spoon felt hotter than the plastic spoon?
2. How does heat transfer impact our daily lives?
3. Can you think of any real-life examples of conduction, convection, and radiation?

Assessment:

- Write a short paragraph explaining the concept of heat transfer to someone who has never heard of it before.
- Draw and label a diagram showing conduction, convection, and radiation.

NGSS Standards:

Εικόνα 7. Το πείραμα για τους τρόπους διάδοσης της Θερμότητας που παράγει το περιβάλλον TN “Magic-School-Science-Lab-Generator”

- MS-PS3-3: Apply scientific principles to design, construct, and test a device that either minimizes or maximizes thermal energy transfer.
- MS-PS3-4: Plan an investigation to determine the relationships among the energy transferred, the type of matter, the mass, and the change in the average kinetic energy of the particles as measured by the temperature of the sample.

This lab provides a hands-on opportunity for 6th-grade students to explore heat transfer concepts and engage in scientific inquiry. It is designed to build a strong foundation for their understanding of thermal energy and its applications in the real world.

Εικόνα 8. Οι στόχοι και η γενική περιγραφή του πειράματος για τους τρόπους διάδοσης της Θερμότητας που παράγει το περιβάλλον TN “Magic-School-Science-Lab-Generator”

Παρόμοιας λογικής περιβάλλον TN με το “Magic School”, είναι και το “EduAide” (www.eduaide.ai) που έχει “δημιουργούς περιεχομένων μαθήματος” (“content

generators”) και ειδικά ένας από αυτούς, το “Lab + Material List” εμphasίζει σε δημιουργία εργαστηριακών και πειραματικών δραστηριοτήτων.

Άλλα περιβάλλοντα TN, όπως το ιδιαίτερα δημοφιλές στην εκπαίδευση “Wolfram Alpha” (www.wolframalpha.com) είναι πολύ κατάλληλα για επεξεργασία πειραματικών μετρήσεων από τους μαθητές (πχ εύρεση μέσης τιμής, υπολογισμός πηλίκων, ριζών κλπ).

Ευρέως χρησιμοποιούμενο για πειραματικές προσομοιώσεις Φυσικής είναι και το περιβάλλον TN, “Spline” (www.spline.design) στο οποίο χτίζονται εξ’ ολοκλήρου τρισδιάστατες προσομοιώσεις πειραμάτων Φυσικής, με τον χρήστη/μαθητή να κατασκευάζει τα αντικείμενα και τις αλληλεπιδράσεις τους από μενού επιλογών.

Ακόμη όμως και κλασικά περιβάλλοντα TN, όπως το ChatGPT είναι πολύ χρήσιμα για την ανάλυση πειραματικών ευρημάτων και την ανατροφοδότηση των μαθητών. Ενδεικτικά, “δίνοντας στο ChatGPT την παρακάτω ερώτηση:

” I measured the period of a pendulum 4 times. The results are: 2.2 s, 2.3 s, 7.8 s and 2.4 s. What went wrong?”

λαμβάνεται η απάντηση:

“In the measurements of the pendulum's period, one value (7.8 seconds) is significantly different from the others (2.2, 2.3, and 2.4 seconds). This discrepancy indicates that something likely went wrong with the measurement of 7.8 seconds. Here are a few possible reasons for this outlier:

1. **Measurement Error:** There might have been a mistake during the measurement process, such as starting or stopping the timer too early or too late.
2. **Counting Error:** It's possible that the number of oscillations was miscounted. For example, the person measuring might have counted multiple oscillations as one or missed counting some oscillations.
3. **Environmental Factors:** Something in the environment could have temporarily affected the pendulum's motion, such as a gust of wind or an accidental disturbance.
4. **Recording Error:** There could have been an error in recording the data. The actual measured period might have been incorrectly noted down as 7.8 seconds instead of a value close to the other measurements.
5. **Faulty Equipment:** The timer or the apparatus used for measuring might have malfunctioned or been improperly calibrated during that particular measurement.

Given that the other three measurements (2.2, 2.3, and 2.4 seconds) are relatively consistent, it is reasonable to conclude that the 7.8-second measurement is an outlier caused by one of the above errors. Ignoring or repeating the measurement would be a practical approach to ensure accurate results.”

Γίνεται φανερό ότι περιβάλλοντα ΤΝ παρέχουν συχνά γόνιμη ανατροφοδότηση και ανάλυση στην πειραματική πρακτική των μαθητών.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ

Τόσο η Εκπαιδευτική Ρομποτική, όσο και η Τεχνητή Νοημοσύνη εξυπηρετούν - θεωρούμε - συγκεκριμένους διδακτικούς στόχους και παρέχουν συγκεκριμένα μαθησιακά οφέλη, μέσα από την ένταξη τους στην εργαστηριακή διδασκαλία της Φυσικής:

- Ο μαθητής/η μαθήτρια έχει πολύ αυξημένο βαθμό αλληλεπίδρασης με την πειραματική διάταξη. Συχνά συμμετέχει και στον καθεαυτό σχεδιασμό το πειράματος.
- Υπάρχει διαρκής ανατροφοδότηση και βρόχοι δοκιμής-και-λάθους κατά την εμπλοκή με τη διαδικασία.
- Διευκολύνεται η - όσο συχνή επιλεγεί - **καταγραφή (recording)** των μετρήσεων, με ταυτόχρονη ανάλυση και επεξεργασία τους σε πραγματικό χρόνο ή μετά.
- Μπορούν να εντοπιστούν συστηματικά ή τυχαία πειραματικά σφάλματα και να αποπειραθεί επί τόπου ερμηνεία τους.
- Ο μαθητής/μαθήτρια ή φοιτητής/φοιτήτρια μπορεί εύκολα να επιλέγει και να αντικαθιστά τον εξοπλισμό αν κάτι δεν του/της κάνει ή φθάρηκε. Αυτό γίνεται συνήθως με πολύ χαμηλό κόστος ή και σε εικονικό περιβάλλον.

ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

Είναι φανερό ότι, τόσο σε ό,τι αφορά την Εκπαιδευτική Ρομποτική, όσο και σε ό,τι αφορά την Τεχνητή Νοημοσύνη υπάρχουν σαφείς περιορισμοί δεοντολογίας σε ό,τι αφορά τη χρήση τους στην πειραματική διδασκαλία της Φυσικής.

Κατ' αρχήν, είναι βασικό να θυμάται τόσο ο διδάσκων όσο και οι μαθητές ότι κινούμαστε πάντα σε ένα περιβάλλον **διερεύνησης (inquiry)**. Διαφορετικά, και τα δύο εργαλεία αυτά όχι μόνο χάνουν τη δυναμική τους στην πειραματική διδασκαλία, αλλά λειτουργούν κατά αντίστροφο τρόπο, ως εμπόδια στη μάθηση και τη βελτίωση του μαθητή.

Η διδασκαλία πχ της Ρομποτικής με συμπεριφοριστικό τρόπο (“πάρε αυτό το καλώδιο, βάλε το εκεί”, “σύνδεσε το μπουτόν εδώ”, κλπ) μόνο αρνητικές επιπτώσεις μπορεί να έχει στη μάθηση.

Παρομοίως στην ΤΝ, είναι τελείως λάθος να τη χρησιμοποιούμε στην παραγωγή έτοιμων απαντήσεων ή σχεδίων πειραμάτων, αλλά **μόνο** επικουρικά, αφού έχουν προηγηθεί απόπειρες σχεδιασμού, ερμηνείας κλπ., από τα μανθάνοντα υποκείμενα.

Επιπρόσθετα η - αναπόφευκτη - εμπορική χροιά που έχουν και τα δύο αυτά εργαλεία, η ΕΡ και η ΤΝ, καθ' όσον σε μεγάλο βαθμό προωθούνται και από εταιρείες, οφείλει

από το διδάσκοντα να περιορίζεται στο ελάχιστο και να περιορίζεται σε ό,τι επισήμως έρχεται από την εκπαιδευτική δομή στην οποία υπαγόμαστε.

Είναι πολύ σημαντικό, ακόμη, να μην ενθαρρύνεται η ατομική αλληλεπίδραση του μαθητή με τη διάταξη της ΕΡ ή με τον υπολογιστή (στην περίπτωση της ΤΝ), αλλά να παραμένουμε στα πλαίσια της συνεργατικής μάθησης, σε ομάδες με τα γνωστά μαθησιακά και άλλα οφέλη.

Τέλος, δεν θα πρέπει να μας διαφεύγει ότι και τα δύο αυτά σύγχρονα εργαλεία - όπως και κάθε μέσο και πρακτική στην πειραματική διδασκαλία ης Φυσικής - οφείλουν να είναι ανοικτά σε όλες τις κοινωνικές, φυλετικές και άλλες ομάδες μαθητών και να ενθαρρύνουμε όλους και όλες να εμπλέκονται ισχυρά με αυτά, χωρίς αποκλεισμούς φυλής, φύλου, κοινωνικής τάξης, εθνικότητας, κοινωνικής ομάδας, θρησκευματος, αναπηρίας κλπ.

ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΩΝ ΔΥΟ ΜΕΣΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Αποτελεί σταθερή πεποίθησή μας ότι η κλασική, hands-on, εμπλοκή με πειράματα Φυσικής αποτελεί την καλύτερη διδακτική πρακτική και θα ήταν επιθυμητό να μην εγκαταλειφθεί ποτέ, να την προάγουμε δε, ως διδάσκοντες, σε κάθε ευκαιρία (πειράματα επίδειξης, μετωπικά, νοητικά κλπ.).

Από την άλλη - εκτιμούμε - δεν είναι καλό να αγνοηθεί η δυναμική αυτών των δύο καινούργιων εργαλείων, της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής και της Τεχνητής Νοημοσύνης (που κάποτε αλληλο- επικαλύπτονται κιόλας στην Εκπαιδευτική Πράξη), όπως και οι μεγάλες προοπτικές που δίνουν - αν γίνει κατάλληλη χρήση τους - για το μέλλον της Εκπαίδευσης στη Φυσική.

Σε μία πρώτη ανάγνωση, ανοίγει το πεδίο για την πειραματική εμπλοκή με κλάδους της Φυσικής που ήταν πολύ δύσκολο να έχουμε πειραματισμό ως τώρα (ενδεικτικά: Κβαντομηχανική, Σχετικότητα, Θεωρία Χάους, Ηλεκτρονική σε ό,τι αφορά Δημοτικό και Γυμνάσιο).

Επιπρόσθετα, ο ρόλος του μαθητή ως *σχεδιαστή* του πειράματος μπορεί πλέον μελλοντικά να αναβαθμιστεί πάρα πολύ, καθώς και - με τη συνεχή ανατροφοδότηση που παρέχουν τα εργαλεία αυτά - ο ρόλος του ως συν - διαμορφωτή της πειραματικής διαδικασίας, μαζί με τον διδάσκοντα.

Είναι - πιστεύουμε - εφικτό, μέσα από από τα εργαλεία της ΕΡ και της ΤΝ, να φτάσουμε σε μορφές πειραματισμού στη Φυσική, όπου οι μαθητές γίνονται *κατασκευαστές* και *δημιουργοί* οντοτήτων πλέον. Οντοτήτων όπως “έξυπνες” συσκευές, “εικονικές” (virtual) δημιουργίες και άλλες. Ξεφεύγουμε δηλαδή από τον κλασικό πειραματισμό και πηγαίνουμε προς τον πειραματισμό-κατασκευή και τον πειραματισμό-δημιουργία.

Επίσης τα εργαλεία αυτά - με ηλεκτρονικές δομές όπως τα hubs επί παραδείγματι - δύνανται να οδηγήσουν σε ευρείες, διεθνείς κοινότητες χρηστών, που θα

συνδιαλέγονται και θα δημιουργούν πάνω σε νέα εργαλεία και πρακτικές για την εκπαιδευτική Φυσική και την πειραματική Εκπαιδευτική Φυσική.

Ο χρόνος, φυσικά, και ο τρόπος χρήσης των εργαλείων αυτών, θα δείξει αν αυτές οι προοπτικές έχουν βάση και θα υλοποιηθούν ή αν τα εργαλεία αυτά θα τύχουν κακής χρήσης ή θα υποβαθμιστούν. Εμείς, ως άνθρωποι της εκπαίδευσης, οφείλουμε να είμαστε αισιόδοξοι και δημιουργικοί.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Callaghan, N. I., Khaira, S., Ouyang, A., Cadavid, J. L., Chang, H. H., Co, I. L., ... & Kilkenny, D. M. (2021). Discovery: virtual implementation of inquiry-based remote learning for secondary STEM students during the COVID-19 pandemic. *Biomedical engineering education*, 1, 87-94.
- Esportuno, F., & Gerardo, B. (2014). Influence of robotics-aided lessons on students' physics achievement. *WVSU Research Journal*, 3(1), σελ. 1-14.
- Kalelioglu, F., & Sentance, S. (2020). Teaching with physical computing in school: the case of the Micro: bit. *Education and Information Technologies*, 25(4), σελ. 2577-2603.
- Kitronik (2016) Inventor's Kit Experiment 5- Further Help. Ανακτήθηκε από τον ιστότοπο: <https://kitronik.co.uk/blogs/resources/inventors-kit-experiment-5-further-help>, στις 30 Ιουνίου 2024.
- Kotsis, K. T. (2024). Artificial Intelligence helps primary school teachers to plan and execute physics classroom experiments. *EIKI Journal of Effective Teaching Methods*, 2(2).
- Luciano, A., Giacomassi, A., P., Altoé Fusinato, L., Carvalhais Gomes, A., Luciano, Takai, H. (2019) "The educational robotics and Arduino platform: Constructionist learning strategies to the teaching of physics." Στο: *Journal of Physics: Conference Series*, Τόμος 1286, No 1, σελ. 012044. IOP Publishing.
- Mahligawati, F., Allanas, E., Butarbutar, M., H., and Nordin, N., A., N. (2023) "Artificial intelligence in Physics Education: a comprehensive literature review." Στο: *Journal of Physics: Conference Series*, Τόμος 2596, No 1, σελ.. 012080. IOP Publishing, 2023.
- Ospennikova, E., Ershov, M., & Iljin, I. (2015). Educational robotics as an innovative educational technology. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 214, 18-26.
- Petrovič, P. (2021). Spike up prime interest in Physics. Στο: *Robotics in Education: Methodologies and Technologies* (σελ. 146-160). Springer International Publishing.
- Petry, C. A., Pacheco, F. S., Lohmann, D., Correa, G. A., & Moura, P. (2016). Project teaching beyond Physics: Integrating Arduino to the laboratory. Στο: *2016 Technologies Applied to Electronics Teaching (TAEET)* (σελ. 1-6). Εκδόσεις: IEEE.
- 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), σελ. 1-14.
- Ramos, S. (2024) Stay Alerted: Building a Temperature Alarm with Arduino & DHT11. Ανακτήθηκε από τον ιστότοπο: <https://arduointro.com/articles/projects/stay-alerted-building-a-temperature-alarm-with-arduino-dht11>, στις 30 Ιουνίου 2024

- Souza, M. A., & Duarte, J. R. (2015). Low-cost educational robotics applied to physics teaching in Brazil. *Physics Education*, 50(4), σελ. 482.
- Tong, M. S., Zheng, H. Q., & Wan, G. C. (2019). Improvement of Education Method by Using Artificial Intelligence Technology. Στο: *2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Education (TALE)* (σελ. 1-5). IEEE.
- Παρασκευάς, Μ. (2024). Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην Εκπαίδευση. Διάλεξη στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Ανακτήθηκε από το Διαδίκτυο στις 25 Ιουνίου 2024.