

Πειράματα Φυσικής για την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση χρησιμοποιώντας το ρομπότ Edison V2.0

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η προετοιμασία της διδασκαλίας της φυσικής για τους δασκάλους της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης έχει λάβει προσοχή μόνο πρόσφατα. Η έρευνα για την εκπαίδευση των επιστημών παρέχει χρήσιμες κατευθυντήριες γραμμές, που συχνά αγνοούνται. Διάφορα αλληλένδετα ερευνητικά ερωτήματα πρέπει να αντιμετωπιστούν με έρευνα πεδίου. Η διδασκαλία του μαθήματος θα πρέπει να γίνεται στη βάση της έρευνας και να υπερβαίνει τους φραγμούς μίας αμιγώς ακαδημαϊκής προσέγγισης.

Σε αυτή την εργασία θα δούμε τον σχεδιασμό και την εκτέλεση πειραμάτων (ήχου, φωτός και τριβής) με τη βοήθεια ενός εκπαιδευτικού ρομπότ (Edison V2.0), σε τάξεις της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, επιβεβαιώνοντας τελικά την παιδαγωγική θεωρία του Piaget ότι η γνώση για τα παιδιά είναι μία διαδικασία πρακτικής ανακάλυψης και διερεύνησης. Το μάθημα της φυσικής στοχεύει να παρέχει στον μαθητή μια ευρεία κατανόηση των φυσικών φαινομένων που συμβαίνουν γύρω του καθημερινά και να τον εισάγει στην επιστημονική αναζήτηση. Η χρήση πειραμάτων στη διδασκαλία του μαθήματος συμβάλλει στην κατανόηση αυτών των φαινομένων, στην ανάπτυξη δεξιοτήτων και κριτικής σκέψης και έχει πολλά οφέλη για το συναισθηματικό, κοινωνικό και ψυχοκινητικό πεδίο των μαθητών.

Λέξεις-κλειδιά:

Διδακτική Φυσικών Επιστημών, Πείραμα, Ρομποτική, Edison

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το πείραμα στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι μία διδακτική και παιδαγωγική παρέμβαση, η οποία βέβαια ακολουθεί μία συγκεκριμένη θεωρία, αυτή του εποικοδομητισμού, αλλά έχει κάποιες απαιτήσεις: θα πρέπει να είναι απλό και κατανοητό και να ανταποκρίνεται και στις ανάγκες των μαθητών για μάθηση, αλλά και στην καθημερινή τους εμπειρία, η οποία προϋπάρχει. Τα παιδιά καλούνται να πειραματιστούν μαζί και να εξάγουν τα δικά τους συμπεράσματα. Βασικός σκοπός δεν είναι η εκμάθηση και μόνο μίας έννοιας της φυσικής (της βιολογίας, της χημείας κ.λπ.), αλλά η εξοικείωση με το μάθημα των Φυσικών Επιστημών γενικά και η κατανόηση ότι η καθημερινή τους πραγματικότητα συνδέεται αξεδιάλυτα με αυτές τις επιστήμες.

Ο βιωματικός χαρακτήρας της εκτέλεσης των πειραμάτων είναι η βασική τους προϋπόθεση και το απαραίτητο πλαίσιο που θα εγγυηθεί τη διδακτική αποτελεσματικότητα της εισαγωγής των πειραμάτων στην εκπαιδευτική διαδικασία- ειδικά, μάλιστα, όταν έχουμε να κάνουμε με παιδιά της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, δηλαδή με παιδιά μικρών ηλικιών. Η συζήτηση που θα οδηγήσει στην εξαγωγή των συμπερασμάτων, είναι μία διαδικασία στη σχολική τάξη, η οποία δεν θα πρέπει ούτε να παραθεωρείται και ούτε να υποβαθμίζεται. Τα πειράματα δεν θα πρέπει να είναι πειράματα επίδειξης, όσο κι αν είναι πολύ σημαντικό να προκαλούν το ενδιαφέρον και την προσοχή των μαθητών.

Σε κάθε περίπτωση, η ενασχόληση με το πείραμα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση είναι ένα βασικό ζητούμενο, το οποίο συνδυάζεται, όχι μόνο με την κατανόηση της θεωρίας, αλλά και με την ανάπτυξη των τεχνικών δεξιοτήτων που είναι απαραίτητες στους μαθητές όπως είναι η ορθή χρήση και αξιοποίηση των συσκευών και η κατανόηση και εκτέλεση των οδηγιών. Είναι πολύ καλό και εποικοδομητικό να διαπιστώνει ο εκπαιδευτικός πόσο εύκολα τελικά μπορούν τα παιδιά να ασκούν την παρατήρηση και να εξάγουν συμπεράσματα από απλές

πειραματικές διαδικασίες. Η μάθηση αμέσως γίνεται αποτελεσματική, ενδιαφέρουσα και παιγνιώδης.

Τα πειράματα με καθημερινά υλικά είναι σημαντικά, γιατί ακριβώς δεν είναι ξεκομμένα από την καθημερινή ζωή και οδηγούν σε μία ακόμα μεγαλύτερη οικείωση και αποδοχή του κόσμου, με συνέπειες που είναι κοινωνικές και περιβαλλοντικές.

Σε αυτή την εργασία έγινε μία προσπάθεια εφαρμογής πειραμάτων στο πλαίσιο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, που οδήγησε σε πολύ θετικά συμπεράσματα για τη διάνοιξη μίας νέας εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΜΕΡΟΣ Α. ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Κεφάλαιο 1. Νέες τεχνολογίες και εκπαίδευση

- 1.1. Νέες τεχνολογίες και παραγωγή
- 1.2. Η αποδοχή των νέων τεχνολογιών από τους μαθητές
- 1.3. Εφαρμογές των νέων τεχνολογιών στη σχολική τάξη
- 1.4. Η ρομποτική στην εκπαιδευτική διαδικασία
- 1.5. Η ρομποτική και το μάθημα της Φυσικής

Κεφάλαιο 2. Το Πείραμα

- 2.1. Γενικά
- 2.2 Η εξέλιξη του πειράματος στην επιστήμη της Φυσικής
 - 2.2.1 Το πείραμα στην Αρχαία Ελλάδα
 - 2.2.2 Το πείραμα στον Διαφωτισμό
 - 2.2.3 Το πείραμα στον 19ο-20ο αιώνα

Κεφάλαιο 3. Το πείραμα στην διδασκαλία της φυσικής επιστήμης

3.1 Η έννοια της φυσικής επιστήμης

3.2 Η διδασκαλία της φυσικής επιστήμης

3.2.1 Στόχοι της διδασκαλίας στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

3.2.2 Στόχοι της διδασκαλίας της φυσικής επιστήμης

3.2.3 Το περιεχόμενο της φυσικής στην Ε' και ΣΤ' Δημοτικού

3.2.4 Ρόλος της Πρακτικής Εργασίας στη Διδασκαλία της Φυσικής Επιστήμης στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση

3.2.5 Το Πείραμα μέσα από τις εκπαιδευτικές προσεγγίσεις

3.2.6 Ο ρόλος του διδάσκοντα στην πειραματική διαδικασία

3.2.7 Η σημασία της χρήσης απλών μέσων για τα πειράματα

Κεφάλαιο 4. Το πείραμα της τριβής και της διάδοσης του ήχου στο δημοτικό σχολείο

4.1 Πείραμα Τριβής

4.2. Εισαγωγή στη Διδασκαλία της Τριβής

4.3 Πείραμα Διάδοσης Ήχου

ΜΕΡΟΣ Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ (ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΟ ΡΟΜΠΟΤ EDISON V2.0)

Κεφάλαιο 1. Πειράματα ήχου

Πείραμα 1ο: Ανάκλαση του Ήχου

Πείραμα 2ο: Απορρόφηση του Ήχου: Εκδοχή 1η

Πείραμα 3ο: Απορρόφηση του Ήχου: Εκδοχή 2η

Πείραμα 4ο: Απορρόφηση του Ήχου: Εκδοχή 3η

Κεφάλαιο 2. Πειράματα τριβής και βάρους

Πείραμα 1ο: Τριβή και Βάρος: Edison vs Edison

Πείραμα 2ο: Τριβή και Βάρος: Edison vs Βιβλία

Πείραμα 3ο: Τριβή και Είδος Επιφάνειας: Edison vs Edison

Πείραμα 4ο: Τριβή και Είδος Επιφάνειας: Edison vs Βιβλία

Πείραμα 5ο: Τριβή και Εμβαδόν Επιφάνειας Αντικειμένου

Κεφάλαιο 3. Πειράματα Φωτός

Πείραμα 1ο: Ανάκλαση Φωτός

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας θα είναι η εφαρμογή ή ενσωμάτωση της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση και πώς αυτή μπορεί να επιτευχθεί. Όταν μιλάμε για ρομπότ μιλάμε για τεχνολογικές κατασκευές, οι οποίες κινητοποιούν το ενδιαφέρον των μαθητών για μάθηση και, ως εκ τούτου, σε παιδαγωγικό επίπεδο βασίζονται στη θεωρία του «κατασκευαστικού εποικοδομητισμού» (constructionism), ο οποίος πρεσβεύει ότι οι ίδιοι οι μαθητές θα πρέπει να είναι οι «κατασκευαστές» της γνώσης και όχι απλά και μόνο οι παθητικοί της αποδέκτες. Τα προβλήματα επιλύονται μέσω της διαχείρισης και του ελέγχου πραγματικών ή ιδεατών αντικειμένων και η κοινωνικοποίηση των παιδιών μέσω της συνεργασίας και της ανάπτυξης των δεξιοτήτων (Δογούλη & Φαγαντίδης, 2013).

Σε αυτό το πλαίσιο αναφοράς η παραδοσιακή διδασκαλία των φυσικών επιστημών υπερβαίνεται. Μέσω του πειραματισμού θα πρέπει να επαναξιολογούνται οι μαθησιακοί στόχοι. Με την ανάπτυξη των νέων τεχνολογιών καθίσταται δυνατή πλέον η ανάπτυξη και η πρόσβαση σε πειράματα εξ αποστάσεως (Μήτσου κ.α., 2013). Ο πειραματισμός στη μορφή των εργαστηρίων μπορεί να περιλαμβάνει όλες τις διαστάσεις της μάθησης στις φυσικές επιστήμες, δηλαδή την απόκτηση εμπειριών για τα φυσικά φαινόμενα, την καλλιέργεια της νοητικής ανάπτυξης για την επίλυση προβλημάτων, την καλλιέργεια επιστημονικών-πρακτικών δεξιοτήτων συλλογισμού με στόχο την καθημερινή επίλυση προβλημάτων και την παροχή κινήτρων στους μαθητές για τη μαθησιακή διαδικασία, και τη συσχέτιση της εννοιολογικής γνώσης με τις πρακτικές δραστηριότητες. Άξονας της εκπαιδευτικής διαδικασίας είναι αυτό που ονομάζεται «learning by doing», μία διαδικασία στην οποία η επιστημονική «διερώτηση» (inquiry) γίνεται πρότυπο διδασκαλίας και μάθησης (Ολυμπίου, 2012).

Πράγματι, στη διδασκαλία και στην επιστήμη ενυπάρχει μία «κυκλική» σχέση αλληλεξάρτησης ανάμεσα στα εμπειρικά- πειραματικά δεδομένα και τις

επιστημονικές θεωρίες. Το σχήμα της πειραματικής εκπαιδευτικής διαδικασίας περιλαμβάνει την πρόβλεψη για το αποτέλεσμα του πειράματος, την εκτέλεση του πειράματος και τη διδασκαλία εννοιών και νόμων (Βελέντζας & Χαλκιά, 2013).

Το βασικό είναι ότι μέσω των πειραμάτων τα παιδιά βοηθούνται στο να αξιοποιήσουν τη χρήση των οργάνων των εργαστηρίων και στο να εξασκηθούν στη συναρμολόγηση των διαφόρων εξαρτημάτων. Ταυτόχρονα, τους παρέχεται η δυνατότητα να εκφράσουν τη δημιουργικότητά τους και να έρχονται σε επαφή με το φυσικό περιβάλλον και τα φυσικά φαινόμενα. Οι ιδιοκατασκευές έχουν επίσης το πλεονέκτημα ότι μπορούν τα παιδιά να κάνουν χρήση απλών και φθηνών υλικών και να συμμετέχουν στην πειραματική διαδικασία- ακόμα και οι πιο αδύνατοι εκ των μαθητών (Τσιχουρίδης κ.α., 2013).

Στόχος της εργασίας αυτής είναι να αποδειχθεί ότι ο σχεδιασμός και η κατασκευή απλών πειραματικών συσκευών μπορεί να προάγει το μάθημα της φυσικής στην εκπαιδευτική διαδικασία της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Πώς μπορούμε να το πετύχουμε αυτό; Πολύ απλά, θέτοντας το ερώτημα:

- πώς μπορούν να εφαρμοστούν τα πειράματα φυσικής στην εκπαίδευση των παιδιών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, μέσω συγκεκριμένων παραδειγμάτων;

Για να απαντήσουμε σε αυτό το ερευνητικό ερώτημα, έπρεπε να ακολουθηθεί μία ερευνητική μέθοδος, η οποία θα ήταν τόσο θεωρητική όσο και πρακτική (πειραματική). Στο 1^ο μέρος της εργασίας, λοιπόν, αντικείμενο της διερεύνησης ήταν η παρουσία των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση και η σχέση της διδασκαλίας του μαθήματος της φυσικής με αυτές τις νέες τεχνολογίες. Αναπόφευκτα ο ορίζοντας της έρευνας είναι διευρυμένος και εξετάζεται το σύνολο των εφαρμογών των νέων τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία, που δεν είναι άσχετη με τη θέση τους στην καθημερινότητα και την παραγωγή. Στη συνέχεια, παραμένοντας στο 1^ο μέρος, θα δούμε εν συντομία και σημειωτικά την παρουσία και τη λειτουργία του πειράματος, τόσο στην επιστήμη, όσο και στο μάθημα της φυσικής, και φυσικά τη σημασία του για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Στο 2ο μέρος της εργασίας, θα παραθέσουμε συγκεκριμένα πειράματα, τα οποία έχουν να κάνουν με τον ήχο, την τριβή και το βάρος, και με το φως, έννοιες της φυσικής που θα πρέπει να γίνουν κατανοητές από τα παιδιά του δημοτικού σχολείου. Ποια ήταν η δομή των πειραμάτων, ούτως ώστε να υπάρχει κατάληξη σε συγκεκριμένα συμπεράσματα; Καταρχήν, επισημαίνεται η θεματική ενότητα της διδασκαλίας, στην οποία θα ανήκει το κάθε εφαρμοσμένο πείραμα. Θα δηλώσουμε τον στόχο, θα παρουσιάσουμε τα υλικά και το λογισμικό, ενώ θα ακολουθήσει η προετοιμασία και η εκτέλεση με τις παρατηρήσεις, για να καταλήξουμε σε συγκεκριμένα και εποικοδομητικά συμπεράσματα.

Είναι δεδομένο ότι υφίσταται η ανάγκη στην ελληνική πρωτοβάθμια εκπαίδευση για τη διενέργεια πολλών και διαφορετικών πειραμάτων, με στόχο την προαγωγή της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Κατά συνέπεια, το ενδιαφέρον όσο και οι περιορισμοί της συγκεκριμένης έρευνας είναι ότι δεν υπήρξε ο χρόνος για μια επέκταση ή για μία περισσότερη εξειδίκευση των παρόντων πειραμάτων. Μία επέκταση είναι απαραίτητη και θα γίνει στο μέλλον.

ΜΕΡΟΣ Α. ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Κεφάλαιο 1. Νέες τεχνολογίες και εκπαίδευση

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δούμε πόσο και σε ποιο βαθμό συνδέονται οι νέες τεχνολογίες με την εκπαιδευτική διαδικασία. Οι ραγδαίες εξελίξεις στην τεχνολογία και οι εξελισσόμενες απαιτήσεις εργασίας αναδιαμορφώνουν θεμελιωδώς το εκπαιδευτικό πρόγραμμα σπουδών. Οι αναδυόμενες τεχνολογίες (emerging technologies) έχουν διανύσει πολύ δρόμο για να φέρουν τα αποτελέσματά τους σε κάθε τομέα της κοινωνίας, συμπεριλαμβανομένης της εκπαίδευσης, όπου βλέπουμε την αυγή μιας νέας εποχής.

Η εκπαιδευτική ρομποτική (Educational Robotics) είναι ένα μοναδικό εργαλείο μάθησης που δημιουργεί ένα μαθησιακό περιβάλλον που προσελκύει και διατηρεί το ενδιαφέρον των μαθητών, οι οποίοι παρακινούνται με πρακτική και διασκεδαστική μάθηση. Αρκετές θεωρίες υποστηρίζουν την εκπαιδευτική ρομποτική ως μια σημαντική μέθοδο για τη μάθηση του 21ου αιώνα. Η πιο ουσιαστική θεωρία που αντιστοιχεί στην ER είναι η θεωρία του κονστρουκτιβισμού του Jean Piaget, ενός σημαίνοντος αναπτυξιακού ψυχολόγου. Ο Piaget πιστεύει ότι οι μαθητές κατασκευάζουν νέες γνώσεις από τις εμπειρίες τους, μέσω διαδικασιών διαμονής και αφομοίωσης ή «μάθησης ενώ χτίζουν». Ενώ μια άλλη στενά συνδεδεμένη θεωρία, ο κονστρουκτιβισμός από τον Seymour Papert που συμπληρώνει τη θεωρία του Piaget ότι η μάθηση συμφωνεί σε ένα πλαίσιο όπου ο μαθητής εμπλέκεται συνειδητά στην κατασκευή μιας δημόσιας οντότητας. Οι διάφορες θεωρίες του κονστρουκτιβισμού τονίζουν ότι η μάθηση συμβαίνει πιο αποτελεσματικά όταν εμπλέκεται λιγότερη θεωρητική διδασκαλία, αλλά περισσότερη εξερεύνηση που καθοδηγείται από τα παιδιά (Santos & Castro, 2019).

Οι εκπαιδευτικοί σε όλο τον κόσμο έχουν αρχίσει να δημιουργούν ιδέες και να αναπτύσσουν δραστηριότητες για να ενσωματώσουν τη ρομποτική στη διδασκαλία διαφόρων μαθημάτων που περιλαμβάνονται στους τομείς της επιστήμης, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών ή STEM

Μια ποικιλία νέων τεχνολογιών, από διαδραστικές προσομοιώσεις και εικονικές αίθουσες διδασκαλίας έως συστήματα διδασκαλίας βασισμένα σε τεχνητή νοημοσύνη (AI), φέρνουν επανάσταση στις παιδαγωγικές προσεγγίσεις. Αυτό έχει

αλλάξει σημαντικά και έχει αναπόφευκτα μεταβάλλει και τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές ασχολούνται με το εκπαιδευτικό περιεχόμενο. Η δυναμική σύγκλιση των προηγμένων τεχνολογιών στη σύγχρονη εποχή απαιτεί επίσης την κατανόησή μας στη διασταύρωση του παιδαγωγικού περιεχομένου και των μεθόδων διδασκαλίας και της σχέσης του με παράγοντες ακαδημαϊκής απόδοσης που σχετίζονται με τη συμμετοχή των μαθητών. Τα περιβάλλοντα μάθησης που βασίζονται στην τεχνολογία είναι πιο κοινά, παρέχοντας διάφορα εργαλεία και πλατφόρμες για διαδικασίες διδασκαλίας/μάθησης. Η αξιολόγηση των αναδυόμενων τεχνολογιών θα πρέπει να επικεντρωθεί όχι μόνο στον τρόπο με τον οποίο μπορούν να επηρεάσουν, αλλά και στην καλλιέργεια της προσαρμοστικότητας και των δεξιοτήτων δια βίου μάθησης σε έναν κόσμο όπου η ψηφιακή δυναμική αλλάζει συνεχώς.

1.1. Νέες τεχνολογίες και παραγωγή

Τα χαρακτηριστικά των νέων τεχνολογιών είναι και αυτά που μεταβάλλουν και το περιβάλλον της χρήσης τους. Αυτό δεν είναι άσχετο με την ίδια την εκπαιδευτική διαδικασία.

Οι νέες τεχνολογίες παρέχουν τη δυνατότητα στην παραγωγή να προχωρήσει με νέους, ραγδαίους ρυθμούς, στηριζόμενη στις δυνατότητες συντονισμού, διαχείρισης και ελέγχου, τις οποίες προσφέρουν ο συνδυασμός της πληροφορικής με τον αυτοματισμό. Η αυτοματοποιημένη παραγωγή, η οποία χρησιμοποιεί τις νέες τεχνολογίες και την πληροφορική γενικότερα (ηλεκτρονικοί υπολογιστές), δίνει τη δυνατότητα για ευελιξία. Οι νέες τεχνολογίες προσφέρουν πολλές δυνατότητες (Γεωργακοπούλου, 1996, 25-26), όπως παραγωγής προϊόντων, τα οποία είναι διαφορετικά μεταξύ τους. Η κάθε παραγωγική μονάδα, ως εξειδικευμένη στην παραγωγή ενός προϊόντος μπορεί, κάνοντας χρήση της κοινής τεχνολογικής υποδομής, την οποία χρησιμοποιεί, να παράγει μία ποικιλία προϊόντων τα οποία στην ουσία αποτελούν συναρμολόγηση τυποποιημένων κοινών εξαρτημάτων και πρώτων υλών (τεχνική ευελιξία προϊόντος).

Επίσης, η επιχείρηση μπορεί να αναπροσαρμόζει τάχιστα την παραγωγική διαδικασία της, ώστε να προσαρμόζεται γρήγορα σε τυχόν αλλαγές στη ζήτηση, η

οποία παρατηρείται στην αγορά. Με τις νέες τεχνολογίες, κάποια χαρακτηριστικά των προϊόντων μπορούν με πολύ γρήγορους ρυθμούς να τροποποιηθούν, προσφέροντας έτσι καλύτερη προσαρμογή της επιχείρησης στη διαρκώς εξελισσόμενη ζήτηση για νέα και βελτιωμένα προϊόντα (ευελιξία γκάμας). Αντίστοιχες δυνατότητες ευελιξίας παρέχονται σε σχέση και με τη δομή της επιχείρησης, που μπορεί να αναπροσαρμόζεται και να αναδιαμορφώνεται εύκολα. Η οργάνωση της επιχείρησης, η ίδια η δομή της, δεν αποτελεί με τη διαμεσολάβηση των νέων τεχνολογιών μία στατική οντότητα, η οποία λειτουργεί ανεξάρτητα από τις ανάγκες της αγοράς. Η ίδια πλέον η οργάνωση της επιχείρησης αποτελεί μία δυναμική κατάσταση, η οποία μπορεί να τροποποιηθεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις της αγοράς, προσφέροντας τη δυνατότητα για εκμετάλλευση κάθε ευκαιρίας. Η νέα δομή της επιχείρησης συγκροτείται από επιμέρους τμήματα και υπηρεσίες, οι οποίες μπορούν ανά πάσα στιγμή να τροποποιηθούν και να προσαρμοστούν στη νέα οικονομική πραγματικότητα. Η ευέλικτη αυτή μορφή οργάνωσης, δίνει τη δυνατότητα εύκολης τροποποίησης συγκεκριμένων δραστηριοτήτων της επιχείρησης ανάλογα με τις ανάγκες που καταργούνται ή δημιουργούνται (ευελιξία στοιχείων). Η παραγωγική μονάδα χρησιμοποιώντας νέες τεχνολογίες και ευέλικτα παραγωγικά συστήματα έχει τη δυνατότητα, επίσης να αλλάζει με ευκολία τους ρυθμούς εξέλιξης της παραγωγής και μετακίνησης του προϊόντος από τη μία βαθμίδα παραγωγής στην επόμενη (ευελιξία κυκλοφορίας). Η διαδικασία παραγωγής του προϊόντος δεν είναι πλέον μία σειριακή διαδικασία, η οποία προσδιορίζεται γραμμικά, αλλά μπορεί να τροποποιηθεί «κατά βούληση». Με τον τρόπο αυτό δίνεται η δυνατότητα για παραγωγή νέων διαφορετικών και διαφοροποιημένων προϊόντων αλλά και για παραγωγή διαφορετικών ποσοτήτων προϊόντων, ανάλογα με τη ζήτηση. Η επιχείρηση έχει τη δυνατότητα να αυξομειώνει την παραγωγή της, προσαρμοζόμενη εύκολα στις απαιτήσεις των πελατών της (ευελιξία όγκου). Τα προηγούμενα χαρακτηριστικά της παραγωγής περιγράφουν τον ευέλικτο χαρακτήρα τον οποίο προσφέρουν στην οργάνωση και λειτουργία της επιχείρησης οι νέες τεχνολογίες. Η δυνατότητα αυτή ευελιξίας των νέων επιχειρήσεων επιτρέπει να διαμορφωθούν δύο επιμέρους κατηγορίες, η στατική και η δυναμική ευελιξία παραγωγής. Η στατική ευέλικτη παραγωγή είναι εκείνη η

οποία προσαρμόζει τη χρήση του παραγωγικού δυναμικού, τις ποσότητες και το είδος των παραγόμενων αγαθών στη ζήτηση. Στο μοντέλο αυτό η επιχείρηση λειτουργεί σε άμεση συμφωνία με τις απαιτήσεις της αγοράς, προσαρμοζόμενη σε αυτή. Με τον τρόπο αυτό τα προϊόντα έρχονται να καλύψουν μία ανάγκη (Γεωργακοπούλου, 1996, 25-27). Η δυναμική ευέλικτη παραγωγή είναι η μορφή οργάνωσης και λειτουργίας της επιχείρησης, η οποία στοχεύει στην γρήγορη αλλαγή της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται, προκειμένου να μειωθεί το κόστος παραγωγής και να αυξηθεί η παραγωγικότητα. Η εξάρτηση αυτής της μορφής ευελιξίας από τις νέες τεχνολογίες είναι άμεση και δυναμική. Με τον τρόπο αυτό διαμορφώνεται μία σχέση εξάρτησης με το προϊόν και την επιχείρηση. Η διαδικασία της παραγωγής εξαρτάται άμεσα από το παραγόμενο προϊόν, το οποίο προσφέρει και το κριτήριο για την αναδιάρθρωση της παραγωγικής δραστηριότητας, με στόχο τη μείωση του κόστους και την αύξηση της παραγωγικότητας. Το χαρακτηριστικότερο παράδειγμα έκφρασης αυτού του μοντέλου είναι το σύστημα “Just in Time” («επάνω στην ώρα») (Sayer, 1986, 30). Σε αυτή τη μορφή οργάνωσης της παραγωγής το προϊόν παράγεται ακριβώς μόλις εκδηλωθεί η ανάγκη, η ζήτηση για αυτό.

1.2. Η αποδοχή των νέων τεχνολογιών από τους μαθητές

Οι νέες τεχνολογίες έχουν ήδη διαμορφώσει μέσω της χρήσης τους ένα ευνοϊκό περιβάλλον αποδοχής, έχουν διαμορφώσει μία- θα έλεγε κανείς- κεκτημένη συνήθεια. Αυτό αποτυπώνεται πολύ έντονα, για παράδειγμα, στα διαδικτυακά περιβάλλοντα μάθησης, όπου οι μαθητές (ως ένα είδος «digital natives») θεωρούνται ότι είναι ήδη συνηθισμένοι και αποδέχονται πλήρως τις κάθε είδους τεχνολογικές καινοτομίες (Γκίκας, κ.α., 2009).

Σύμφωνα με τους Wang, Chen & Anderson, (2014) για να διασφαλίσουμε και να ενισχύσουμε τη σχετική συνεχή μάθηση, είναι σημαντικό να διαφοροποιήσουμε τη σκέψη και τις κοινωνικοποιήσεις μας. Οι μαθητές όχι μόνο παρακινούνται με το νέο μαθησιακό περιβάλλον αλλά εμφανίζονται και ενθουσιασμένοι με τις θετικές αλληλεπιδράσεις. Οι νέες τεχνολογίες και συστήματα είναι χρήσιμες για την υλοποίηση αυτών των στόχων.

Πώς μπορούμε να το δούμε αυτό; Οι παραδοσιακές αίθουσες διδασκαλίας έχουν γίνει πιο δυναμικές και ελκυστικές με τη χρήση τεχνολογιών όπως η επαυξημένη πραγματικότητα (AR), η εικονική πραγματικότητα (VR), η «παιχνιδοποίηση» (gamification) και η μάθηση μέσω κινητού. Αυτές οι τεχνολογίες και τα συστήματα όχι μόνο καλύπτουν διαφορετικά στυλ μάθησης αλλά και εξατομικευμένες προτιμήσεις. Ο Mo (2011) υποστήριξε την ιδέα ότι η χρήση της τεχνολογίας στη διδασκαλία και τη μάθηση ενισχύει σημαντικά το ενδιαφέρον και την εστίαση των μαθητών στην τάξη. Έτσι παρατηρείται μία βελτιωμένη σχολική απόδοση. Υπάρχουν πολλές πλατφόρμες μάθησης που μπορούν να διευκολύνουν τη μάθηση διασφαλίζοντας παράλληλα ότι οι μαθητές συνεργάζονται και συνδέονται στο διαδίκτυο. Μία από αυτές είναι η πλατφόρμα Edmodo. Η Edmodo είναι ένα συγκεκριμένο εργαλείο που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι δάσκαλοι για να ενισχύσουν την επιτυχία και τη συμμετοχή των μαθητών στην τάξη (Clinton & Ronoh, 2024).

Οι Purnawarman, et al. (2016) ορίζουν την Edmodo ως μια τεχνολογική εκπαιδευτική πλατφόρμα που επιτρέπει σε δασκάλους και μαθητές να μοιράζονται περιεχόμενο, να έχουν ζωντανές διαδικτυακές συνομιλίες, να λαμβάνουν διάφορες αξιολογήσεις και να συνδέονται μεταξύ τους. Πράγματι, η Edmodo δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να επιτύχουν τους μαθησιακούς τους στόχους ακόμα και όταν δεν είναι στο σχολείο και τους βοηθά να αισθάνονται συνδεδεμένοι με τους συμμαθητές τους. Σύμφωνα με μια άλλη έρευνα του Al-Said (2015), οι μαθητές επιλέγουν την Edmodo επειδή είναι εύκολο στη χρήση και προάγει την καλύτερη επικοινωνία και μάθηση. Οι αναδυόμενες τεχνολογίες έχουν αξιοσημείωτο αντίκτυπο στη συμμετοχή των μαθητών.

Η ενασχόληση με την εκπαιδευτική ρομποτική, μέσω του προγραμματισμού ενός ρομπότ, μπορεί να δώσει στους μαθητές το πρόσθετο πλεονέκτημα της αλληλεπίδρασης με ένα συγκεκριμένο αντικείμενο στην κατασκευή της γνώσης τους. Σύμφωνα με τις δομιστικές και κονστрукτιβιστικές προσεγγίσεις στη διδασκαλία και τη μάθηση, καθώς και στο σχεδιασμό περιβαλλόντων μάθησης, η εκπαιδευτική ρομποτική φαίνεται να είναι ένα απαραίτητο εργαλείο στα χέρια των

παιδιών, προσφέροντας ενσωματωμένες και τοποθετημένες μαθησιακές εμπειρίες. Οι μαθητές που εργάζονται με την εκπαιδευτική ρομποτική μπορούν να σκέφτονται, να σχεδιάζουν, να δημιουργούν και να χειρίζονται αντικείμενα, ενώ στοχάζονται και συνεργάζονται μεταξύ τους. Η εκπαιδευτική ρομποτική φαίνεται να ενθαρρύνει τους μαθητές να σκέφτονται δημιουργικά, να αναλύουν καταστάσεις και να εφαρμόζουν την κριτική σκέψη και την επίλυση προβλημάτων σε προβλήματα του πραγματικού κόσμου (Ioannou & Makridou, 2018).

Με την αυξανόμενη ανάπτυξη των ρομπότ ως παιχνιδιών, κοινωνικών συντρόφων και δασκάλων που απευθύνονται σε παιδιά ως χρήστες στην αλληλεπίδραση ανθρώπου-ρομπότ (Human-robot interaction, HRI), είναι πολύ σημαντικό να κατανοήσουμε τον τρόπο ή τους τρόπους, με τους οποίους τα παιδιά αντιλαμβάνονται και αξιολογούν τα ρομπότ. Ο προσδιορισμός εάν αυτή η αλληλεπίδραση (HRI) είναι μια ειδική οριακή περίπτωση για παιδιά ή απλώς μέρος υπάρχουσών αλληλεπιδράσεων με μη ζωντανά αντικείμενα επιτρέπει τη χρήση και τη δοκιμή καθιερωμένων αναπτυξιακών-ψυχολογικών μοντέλων και συμπεριφορών των παιδιών. Ένα τέτοιο μοντέλο θεωρεί ότι τα παιδιά αναπτύσσουν αφελείς θεωρίες εμψύχωσης, μεταβαίνοντας από την εξάρτηση από την παρατήρηση της συμπεριφοράς ενός αντικειμένου στη γνώση της βιολογίας του. Μία βιο-εμπνευσμένη ρομποτική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξερεύνηση τέτοιων μοντέλων, μεταβάλλοντας την εμφάνιση και τη συμπεριφορά των ρομπότ για να προσδιορίσει την επιρροή στις αντιλήψεις των παιδιών για τη ζωτικότητα τους. Είναι σημαντικό να εξετάσει την επίδραση στην HRI που έχει η εμφάνιση και η συμπεριφορά των ανθρωποειδών ρομπότ για παιδιά χρήστες, δεδομένου ότι τα μικρά παιδιά χρησιμοποιούν την ανιμιστική τους διαίσθηση για να αποδώσουν νοημοσύνη, βιολογία και στόχους στο αντικείμενο που συναντούν· με την ηλικία, τα παιδιά είναι πιο πιθανό να ταξινομήσουν τις εικόνες των ανθρωποειδών ρομπότ ως εικόνες μηχανών και όχι ζωντανών όντων. Ωστόσο, περαιτέρω εργασίες στην HRI έχουν δείξει πως τα παιδιά της μικρής ηλικίας δεν αξιολογούν έναν ρομποτικό σκύλο ως διαφορετικό από ένα παιχνίδι λούτρινου σκύλου, όσον αφορά τη ζωτικότητα, τη βιολογία και τις ψυχικές καταστάσεις. Εν ολίγοις, οι παράγοντες που επηρεάζουν την αντίληψη των παιδιών για τα

ανθρωποειδή ρομπότ ως πρόσωπα ή μηχανές παραμένουν ακόμη σκοτεινές και θα πρέπει να μελετηθούν (Cameron et al., 2015).

Είναι αυτονόητο ότι η αποδοχή των νέων τεχνολογιών είναι θετική από τους μαθητές όταν αυτή συνδέεται με την εφαρμογή πειραμάτων. Τα πειράματα αυτά μπορεί να είναι με πραγματικά αντικείμενα ή εικονικά. Τα πραγματικά πειράματα έχουν να κάνουν με τον χειρισμό και την κίνηση ή την τακτοποίηση πραγματικών αντικειμένων ή συσκευών, ενώ τα εικονικά πειράματα είναι αυτά που κυρίως σχετίζονται με την εικονική πραγματικότητα- δηλαδή ένα πεδίο έρευνας που είναι το κατεξοχήν πεδίο των νέων τεχνολογιών. Αυτό το περιβάλλον δεν είναι πραγματικό, αλλά προσομοιώνει όψεις και πλευρές της πραγματικότητας (Ευαγγέλου & Κώσης, 2018). Ο λόγος, λοιπόν, για ευνοϊκά και ελκυστικά περιβάλλοντα μάθησης για τους μαθητές.

1.3. Εφαρμογές των νέων τεχνολογιών στη σχολική τάξη

Οι αναδυόμενες ή νέες τεχνολογίες εφαρμόζονται με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους στη σχολική τάξη και αυτές οι εφαρμογές μεταβάλλουν και τους στόχους-σκοπούς της εκπαιδευτικής διαδικασίας, αλλά και τα αποτελέσματά της.

Οι τεχνολογίες εικονικής πραγματικότητας και επαυξημένης πραγματικότητας προσφέρουν στους μαθητές εμπειρίες βαθιάς έλξης, μεταφέροντάς τους σε προσομοιωμένους κόσμους και προσθέτοντας ψηφιακές πληροφορίες στο πραγματικό τους περιβάλλον. Μια έρευνα που διεξήχθη από τους Dalgarno & Lee (2020), έδειξε ότι αυτές οι τεχνολογίες επιτρέπουν στους μαθητές να εργάζονται με τρισδιάστατα μοντέλα, να επισκέπτονται εικονικά μέρη και να συμμετέχουν σε πρακτικές δραστηριότητες που μιμούνται πραγματικές καταστάσεις. Για παράδειγμα, στην ιατρική εκπαίδευση, η εικονική πραγματικότητα επιτρέπει στους μαθητές να εκτελούν προσομοιωμένες χειρουργικές επεμβάσεις χωρίς κανέναν κίνδυνο, βελτιώνοντας τις ικανότητές τους και την αυτοπεποίθησή τους. Ομοίως, οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας προσθέτουν ψηφιακές σημειώσεις και λεπτομέρειες σε πραγματικά αντικείμενα, κάνοντας τη μάθηση πιο διαδραστική και ενδιαφέρουσα (Dalgarno & Lee, 2020).

Τα εργαλεία εικονικής πραγματικότητας παρέχουν στους μαθητές διαδραστικές και πρακτικές εμπειρίες μάθησης που τους εμπλέκουν σε πρακτική εξερεύνηση και προσομοιώσεις πραγματικής ζωής. Οι εικονικές εφαρμογές επιτρέπουν στους μαθητές να ασχοληθούν με ρεαλιστικές ρυθμίσεις και να πραγματοποιήσουν εικονικά πειράματα.

Η παιχνιδοποίηση (gamification) περιλαμβάνει την προσθήκη λειτουργιών που μοιάζουν με παιχνίδι σε εκπαιδευτικές ρυθμίσεις, με σκοπό να κάνουν τη μάθηση πιο διασκεδαστική και συναρπαστική για τους μαθητές. Χρησιμοποιεί πράγματα όπως πόντους, σήματα και βαθμολογικούς πίνακες για να μετατρέψει τη μάθηση σε παιχνίδι. Αυτή η προσέγγιση βοηθά τους μαθητές να αισθάνονται την αίσθηση της ολοκλήρωσης και τους κρατά το ενδιαφέρον για τις σπουδές τους (Deterding et al., 2011). Για παράδειγμα, οι εφαρμογές που διδάσκουν γλώσσες χρησιμοποιούν gamification, αφήνοντας τους μαθητές να ανέβουν επίπεδο και να κερδίζουν ανταμοιβές, κάτι που τους ενθαρρύνει να συνεχίσουν να εξασκούν τις λέξεις και τη γραμματική.

Ελάχιστες αμφιβολίες υπάρχουν σήμερα σχετικά με την ανάγκη εισαγωγής της υπολογιστικής σκέψης (CT) και της ενεργούς έκθεσης στις ψηφιακές τεχνολογίες στο σχολικό πρόγραμμα. Υπολογιστική σκέψη σημαίνει να μπορείς να προσεγγίζεις και να λύνεις προβλήματα αποτελεσματικά με βάση τις αρχές και τις μεθόδους της επιστήμης των υπολογιστών. Πιο συγκεκριμένα, η υπολογιστική σκέψη συνίσταται σε ένα σύνολο δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων που περιλαμβάνει την ικανότητα: 1) της ανάλυσης στον χώρο του προβλήματος, 2) της μείωσης της δυσκολίας του προβλήματος (π.χ. με την τμηματοποίησή του σε μικρότερες μονάδες), 3) της ανάπτυξης ενός αλγόριθμου ή σχεδίου (μια ακολουθία βημάτων ή οδηγιών) για την επίλυση του, και 4) της επαλήθευσης για την επίτευξη του στόχου. Τέτοιες εντολές μπορούν να εκτελεστούν από έναν υπολογιστή, αλλά δεν περιλαμβάνουν απαραίτητα τη χρήση υπολογιστών. Για το λόγο αυτό, οι δεξιότητες αυτές θεωρείται ότι μεταφέρονται σε καθημερινές καταστάσεις επίλυσης προβλημάτων. Επιπλέον, επηρεάζοντας την επίλυση προβλημάτων, θα πρέπει

επίσης να επηρεάσουν εκείνες τις γνωστικές δεξιότητες που συνήθως εμπλέκονται στην επίλυση προβλημάτων (Arfé et al., 2020).

Η υπολογιστική σκέψη δεν εμφανίζεται φυσικά, από μόνη της, αλλά απαιτεί εκπαίδευση. Η υπολογιστική σκέψη δεν εμφανίζεται μόνο στις επιστήμες των υπολογιστών, αλλά σε πολλές τάξεις K-12, σε συγκεκριμένες τάξεις του δημοτικού, συμπεριλαμβανομένων μαθημάτων όπως τα μαθηματικά, τα βιολογικά και οι φυσικές επιστήμες και κοινωνικές και ανθρωπιστικές επιστήμες. Θεωρείται ότι εάν περιλαμβάνονται η εκπαιδευτική κατάρτιση και οι πρακτικές στα πρώτα χρόνια της εκπαίδευσης, όταν τα παιδιά φτάσουν στην υπολογιστική σκέψη του γυμνασίου γίνεται η δεύτερη φύση για αυτούς. Επομένως, η υπολογιστική σκέψη θα πρέπει να ενσωματώνεται όσο πιο νωρίς στα παιδιά και με συχνούς τρόπους. Επιπλέον, στη θεμελιώδη εργασία της, η Wing (2006) αποκάλεσε την υπολογιστική σκέψη ως μια βασική ικανότητα για τα παιδιά απαραίτητη στην ανάγνωση, τη γραφή και την αριθμητική που πρέπει να προστεθούν στην αναλυτική ικανότητα των παιδιών.

Αν και σπάνιες, έχουν γίνει κάποιες μελέτες που διερευνούν την υπολογιστική σκέψη στο δημοτικό σχολείο. Αυτές οι μελέτες έχουν υποστηρίξει την προετοιμασία των δασκάλων και την ενσωμάτωση της υπολογιστικής σκέψης σε στοιχειώδη μαθήματα όπως τα μαθηματικά, και η μηχανική.

Μια ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας για την εκπαίδευση STEM τονίζει ότι οι μαθητές είναι πιο πιθανό να συμμετέχουν σε δραστηριότητες STEM εάν έχουν δασκάλους που να παρέχουν ενεργές δραστηριότητες STEM στην τάξη. Η ρομποτική έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα ελκυστικό εργαλείο για την παρακίνηση των μαθητών να συμμετάσχουν σε τέτοιες δραστηριότητες. Ταυτόχρονα, έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο για να εμπλακεί και να τονώσει το ενδιαφέρον των δασκάλων για τη μάθηση και τη διδασκαλία STEM. Η εκπαιδευτική εξέλιξη που βασίζεται στη ρομποτική μπορεί να βοηθήσει τους δασκάλους να αναπτύξουν δεξιότητες στο σχεδιασμό, την κατασκευή και τον προγραμματισμό, αλλά και να συντελέσουν στην ανάπτυξη της κατανόησης του τρόπου με τον οποίο προσεγγίζει ο κατασκευαστής τη μάθηση· είναι αυτή η μάθηση που βοηθά στην επίλυση προβλημάτων (Chalmers, 2017).

Με βάση τη φιλοσοφία του κονστρουκτιβισμού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν χειροπιαστά εργαλεία για να «σκεφτούμε» προκειμένου να εξερευνήσουμε τις έννοιες STEM. Οι πρακτικές εφαρμογές των εννοιών STEM βοηθούν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, όπως τα αντικείμενα [ρομπότ] κατασκευάστηκαν για να εξερευνήσουν και να πειραματιστούν με ιδέες (Mikropoulos & Bellou, 2013). Οι δάσκαλοι μπορούν πλέον να χρησιμοποιούν δραστηριότητες ρομποτικής για να ενσωματώσουν το STEM και δεξιότητες του 21ου αιώνα, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργικότητας, της συνεργασίας, της κριτικής σκέψης, και της υπολογιστικής σκέψης (Atmatzidou & Demitriadis, 2016).

Η επαγγελματική ανάπτυξη αναγνωρίζεται ως ζωτικής σημασίας στοιχείο για να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να ενσωματώσουν τις έννοιες STEM και να βελτιώσουν την ποιότητα της διδασκαλίας και της μάθησης, μέσω προγραμμάτων ρομποτικής εκπαίδευσης. Για παράδειγμα, ο στόχος του προγράμματος επαγγελματικής εξέλιξης των Bers, Seddighin & Sullivan (2013), ήταν να αυξήσει τις γνώσεις των εκπαιδευτικών σχετικά με τη ρομποτική, τη μηχανική και τον προγραμματισμό, καθώς και τις παιδαγωγικές για τη διδασκαλία με τη ρομποτική στις τάξεις της προσχολικής ηλικίας. Η μελέτη τους διαπίστωσε ότι οι δάσκαλοι χρειάζονται υποστήριξη με τις τεχνικές πτυχές της εργασίας με ρομπότ. Το έργο: «Η εκπαίδευση του δασκάλου στις παιδαγωγικές μεθόδους της ρομποτικής εκπαίδευσης» (The teacher Education on Robotics-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods- TERECoP» (2006-2009), τόνισε ότι οι εκπαιδευτικοί είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχή εφαρμογή της ρομποτικής στις τάξεις. Το έργο TERECoP ανέπτυξε ένα πρόγραμμα εργαστηρίου χρησιμοποιώντας μία κατασκευαστική προσέγγιση όπου οι δάσκαλοι κατασκεύαζαν προγραμματιζόμενα ρομπότ.

1.4. Η ρομποτική στην εκπαιδευτική διαδικασία

Σήμερα, η χρήση της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής (ER) στις δραστηριότητες STEM αυξάνεται σε πολλά εκπαιδευτικά ιδρύματα σε όλο τον κόσμο. Ο λόγος για τη διεπιστημονική προσέγγιση της επιστήμης, τεχνολογίας, μηχανικής και μαθηματικών στην εκπαίδευση που συνδυάζει τους παραπάνω τομείς για να

παρέχει συνολική ανάπτυξη στους μαθητές. Πραγματικά, υλοποιούνται πολλές και σημαντικές παρεμβάσεις, από το νηπιαγωγείο έως το λύκειο, και αναδεικνύουν τα πιθανά οφέλη τους. Στο πλαίσιο αυτό, η Εκπαιδευτική Ρομποτική αποτελεί μέρος των εκπαιδευτικών προγραμμάτων σπουδών που υποστηρίζουν την ανάπτυξη των μαθητών σε πολλούς τομείς, καθώς αυτού του είδους οι εξειδικευμένες παρεμβάσεις στοχεύουν στην προώθηση γνώσεων, δεξιοτήτων και στάσεων.

Η ανθρωποκεντρική ρομποτική (HCR) περιλαμβάνει την ανάπτυξη ρομποτικών τεχνολογιών και εφαρμογών για καθημερινή χρήση, ενώ τα ρομπότ τηλεπαρουσίας επιτρέπουν την επικοινωνία, τη λειτουργία και την εξερεύνηση σε τεράστιες αποστάσεις, καθιστώντας την τεχνολογία πολύ σχετική με τον σημερινό κόσμο (Schaal, 2007). Σχετικές παρεμβάσεις στοχεύουν να κεντρίσουν το ενδιαφέρον των νέων και να τους παρέχουν τα εργαλεία και την τεχνογνωσία για την ανάπτυξη ρομποτικών τεχνολογιών, που να ανταποκρίνονται στις ανάγκες των ανθρώπων. Τα τελευταία χρόνια, η ρομποτική έχει γίνει ένα δημοφιλές όχημα για την εισαγωγή μαθητών K-12 (Stubbs & Yanco 2009) στις αρχές της επιστήμης των υπολογιστών και άλλων πεδίων STEM.

Η παροχή στους μαθητές ευκαιριών για μάθηση μέσω πρακτικών ρομποτικών εφαρμογών ήταν ένας αποτελεσματικός τρόπος για να εμπλακούν διάφορες ομάδες μαθητών με την τεχνολογία, συμπεριλαμβανομένων των κοριτσιών (Hamner et al., 2008). Ειδικά οι ανθρωποκεντρικές εφαρμογές θα πρέπει να παρακινούν και να επιτρέπουν σε περισσότερους μαθητές να κατανοήσουν τις περιπλοκές των επιστημονικών αρχών και του τεχνολογικού σχεδιασμού και να κατανοήσουν πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να «συμβάλλουν στην κοινωνία και την ανθρώπινη ευημερία». Η ανθρωποκεντρική ρομποτική παρέχει ένα πλαίσιο που υπογραμμίζει τη συνάφεια του κοινωνικού πλαισίου και των ανθρώπινων αναγκών για αυξημένα κίνητρα στο STEM μεταξύ όλων των μαθητών, ειδικά των κοριτσιών που αρχίζουν να χάνουν το ενδιαφέρον τους για το STEM κατά τη διάρκεια του γυμνασίου (Tan et al., 2013). Η ανοιχτή και αυτοκαθορισμένη φύση των εργασιών στις οποίες εργάζονται οι μαθητές μπορεί

επίσης να φιλοξενήσει διαφορετικά εγγενή κίνητρα και μαθησιακές προτιμήσεις των συμμετεχόντων μαθητών.

Εμπλέκοντας τα παιδιά του σχολείου σε πρακτικές δραστηριότητες, η εκπαιδευτική ρομποτική μπορεί να τα βοηθήσει να μάθουν και να ασχοληθούν με τη λογική των σύγχρονων gadget με τα οποία έρχονται σε επαφή σε καθημερινή βάση. Η εισαγωγή των παιδιών στη λογική της επιστήμης και της μηχανικής των υπολογιστών μέσω εκπαιδευτικού υλικού ρομποτικής έχει τη δυνατότητα να επεκτείνει τις εκπαιδευτικές επιλογές τους. Μερικοί από τους παράγοντες που επηρεάζουν την ευρέως διαδεδομένη χρήση συσκευών ρομποτικής σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα περιλαμβάνουν την προσιτή τιμή, τις αισθητηριακές μεθόδους, την επεξεργαστική ισχύ, τον αρθρωτό σχεδιασμό, την υποστήριξη λογισμικού και την πρακτική χρησιμότητα (Ahmed & La, 2019). Ωστόσο, τα ρομποτικά kits και οι σχετικές πλατφόρμες από μόνες τους δεν είναι επαρκή για τη διευκόλυνση της μάθησης και της εκπαίδευσης στα σχετικά με το STEM μαθήματα.

Ο ρόλος των ρομπότ στην εκπαίδευση έχει ταξινομηθεί από τους Mubin et al. [3] στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες: τα ρομπότ ως δάσκαλοι, τα ρομπότ ως εργαλεία και τα ρομπότ ως συνομήλικοι/σύντροφοι, όπου και κάθε πτυχή βοηθά στη μάθηση παιδιών από διαφορετικές προοπτικές αλληλεπίδρασης. Μερικές από τις άλλες μελέτες έχουν προσπαθήσει να εξερευνήσουν το μοντέλο της «μάθησης μέσω της διδασκαλίας» και των ρομπότ φροντίδας (συμμετοχή σε συμπεριφορά φροντίδας προς τα ρομπότ, τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα μαθησιακά κέρδη) εντός του τομέα της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής στον οποίο βελτιώνονται τα παιδιά, διδάσκοντας τα ίδια τα ρομπότ και εκτελώντας μία συγκεκριμένη δραστηριότητα (π.χ. εκμάθηση κινητικών δεξιοτήτων εκτελώντας συγκεκριμένες δράσεις) (Johal et al., 2016). Σε σύγκριση με άλλες εκπαιδευτικές τεχνολογίες (π.χ. εικονικοί πράκτορες, επί της οθόνης εφαρμογές, κ.λπ.), τα φυσικά ενσωματωμένα ρομπότ έχουν τη δυνατότητα προώθησης της συμμόρφωσης προς τη διατήρηση μακροχρόνιων σχέσεων, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη μάθηση, καθώς και βελτίωση της αυτοεκτίμησης των μαθητών και της ενσυναισθητικής

ανατροφοδότησης. Προκειμένου να προωθηθεί μακροπρόθεσμα αυτή η σχέση και να υπάρχει «δέσμευση» από τους μαθητές, τα ρομπότ σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα θα πρέπει να είναι ικανά για αποτελεσματική επικοινωνία καθώς και για τη λήψη της επικοινωνίας, μέσω λεκτικών και μη λεκτικών ενδείξεων που αφορούν τις χειρονομίες των χεριών, τα νεύματα του κεφαλιού, βλέμμα ματιών και στάσεις σώματος (Cameron et al., 2015). Προκειμένου να βελτιωθούν τα μαθησιακά αποτελέσματα των παιδιών, οι μαθησιακές δραστηριότητες και η συμπεριφορά του ρομπότ πρέπει να τηρούν το δεδομένο κοινωνικο-πολιτιστικό πλαίσιο, διότι η παιδική αντίληψη και οι ερμηνείες εξαρτώνται από την κοινωνική αποδοχή της λεκτικής και μη λεκτικής συμπεριφοράς των ρομπότ (Sabanoğlu, 2010).

Με τη βοήθεια ρομπότ, είναι δυνατό να διδάσκονται στα παιδιά θέματα STEM με αναπτυξιακά κατάλληλο τρόπο, ενώ χρησιμοποιούν και αναπτύσσουν τεχνολογία. Όταν η ρομποτική χρησιμοποιείται στην τάξη, προωθεί τη διεπιστημονική έρευνα και τις προσωπικές συνδέσεις, ενώ παρέχει επίσης στους μαθητές την ευκαιρία να ασχοληθούν και να δημιουργήσουν νέες τεχνολογίες. Τα παιδιά μπορούν να ασχοληθούν με μια ευρεία ποικιλία τεχνικών οργάνων και υλικών μέσω της ρομποτικής και του προγραμματισμού υπολογιστών. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει αισθητήρες και φώτα, καθώς και τεχνικές μηχανικού σχεδιασμού και εξαρτημάτων των ρομπότ.

Με την ενσωμάτωση των ρομπότ στη σχολική και την προσχολική εκπαίδευση, τα παιδιά μπορεί να μάθουν να είναι ενεργοί παραγωγοί και κατασκευαστές τεχνολογίας, παρά απλοί παθητικοί καταναλωτές. Μέσω αυτής της δημιουργικής διαδικασίας, τα παιδιά μπορούν να κατανοήσουν βαθύτερα τα τεχνολογικά θεμέλια και τη φαινομενική μαγεία του ηλεκτρονικά εμπλουτισμένου κόσμου. Έτσι, τα παιδιά θα διερευνήσουν, θα αναλύσουν και θα επεξεργαστούν διαφορετικά στοιχεία του «ηλεκτρονικού περιβάλλοντος» στην καθημερινή τους ζωή και στο εκπαιδευτικό τους πλαίσιο (Alam, 2022).

1.5. Η ρομποτική και το μάθημα της Φυσικής

Η εκπαίδευση της φυσικής αντιμετωπίζει μοναδικές προκλήσεις λόγω της αφηρημένης φύσης των εννοιών, της ανάγκης για ακριβό εργαστηριακό εξοπλισμό και των δυσκολιών στην προσομοίωση ορισμένων πειραματικών συνθηκών. Τα φορητά εργαλεία εκμάθησης και οι τεχνολογίες επαυξημένης πραγματικότητας (AR) προσφέρουν ελπιδοφόρες λύσεις σε αυτές τις προκλήσεις στην εκπαίδευση του μαθήματος. Η επαυξημένη πραγματικότητα και οι τεχνολογίες ανίχνευσης κίνησης μπορούν να βελτιώσουν τις μαθησιακές στάσεις και τα αποτελέσματα των μαθητών στη φυσική, όπως καταδεικνύεται σε μια μελέτη για τη διδασκαλία των μαγνητικών πεδίων σε μαθητές. Οι φορητές συσκευές και οι εφαρμογές μπορούν να παρέχουν καινοτόμους τρόπους για τη βελτίωση της εκμάθησης των φυσικών επιστημών, επιτρέποντας στους μαθητές να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες, να κατανοούν και να δημιουργούν προϊόντα με πλούσιες οπτικές αναπαραστάσεις. Είναι αυτά τα εργαλεία που μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να αποκτήσουν πειθαρχικούς γραμματισμούς μοναδικούς για την επιστήμη, ιδιαίτερα όταν καθοδηγούνται από ειδικευμένους δασκάλους που μπορούν να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητες των εφαρμογών για κινητά (mobile phones) για μάθηση.

Τα κινητά εργαλεία εκμάθησης προσφέρουν επίσης ευέλικτα και διαδραστικά περιβάλλοντα που αντιμετωπίζουν τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι παραδοσιακές μέθοδοι διδασκαλίας της φυσικής. Για παράδειγμα, οι συμβατικές προσεγγίσεις στην τάξη μπορεί να δυσκολεύονται να μεταφέρουν αποτελεσματικά αφηρημένες έννοιες, αλλά οι κινητές πλατφόρμες όπως οι προσομοιώσεις PhET και τα εικονικά εργαστήρια παρέχουν διαδραστικά μοντέλα που κάνουν αυτές τις ιδέες πιο απτές και ευκολότερες στην κατανόηση (Anselmo et al., 2024).

Όταν η ρομποτική άρχισε να αναπτύσσεται για πρώτη φορά, ήταν κυρίως ακόμη στενά συνδεδεμένη με την ανάπτυξη χειριστών όπως ήταν οι μηχανικοί βραχίονες με αγκώνες, αρθρώσεις, λαβές ή κάποια άλλα εργαλεία. Με τον καιρό η ρομποτική αναπτύχθηκε σε πολύ υψηλό επίπεδο. Αφού επιτεύχθηκε η κινητικότητα των ρομπότ, προέκυψαν και διάφορες άλλες ιδέες: ρομπότ που να κολυμπούν σαν ψάρια ή να πετούν όπως οι μύγες. Λόγω της απλότητας της κατασκευής και του σχεδιασμού, τα τροχοφόρα ρομπότ έχουν γίνει τα πιο δημοφιλή, αλλά κατά

κάποιον τρόπο περιορίζονται από τον τύπο του εδάφους επί του οποίου που μπορούν να μετακινηθούν. Οι πρόοδοι που έχουν σημειωθεί στον τομέα της Τεχνητής Νοημοσύνης έχουν να προσφέρουν πολλά. Όπως κάθε τεχνολογία, έτσι και η ρομποτική και η Τεχνητή Νοημοσύνη έχουν τις θετικές και τις αρνητικές τους πλευρές. Η διαφορά είναι μόνο στο σημείο παρατήρησης - τι είναι χρήσιμο για το άτομο και τι είναι αρνητικό. Οι εφαρμογές της ρομποτικής στην εκπαίδευση, μπορούν να περιλαμβάνουν πολλά πράγματα. Καταρχήν, την υποστήριξη και την ανάπτυξη δεξιοτήτων: η ρομποτική βελτιώνει τις δεξιότητες των μαθητών, ενισχύοντας τις γνώσεις τους μέσω του σχεδιασμού, της κατασκευής, της συναρμολόγησης και της λειτουργίας του ρομπότ. Οι μαθητές μπορούν να αλληλεπιδρούν με μηχανικές και ηλεκτρικές διαδικασίες, που μπορούν να κάνουν τη μάθηση να είναι πιο διασκεδαστική και ελκυστική. Είναι μία λύση για όσους μαθητές δεν μπορούν να παρακολουθήσουν σχολείο. Συνάμα, δίνει στους μαθητές πρόσβαση σε πληροφορίες που τις χρειάζονται και τους είναι αναγκαίες. Ο προγραμματισμός του/των ρομπότ επιτρέπει στους μαθητές να αναγνωρίσουν τα δικά τους συμφέροντα και τις μαθησιακές ανάγκες. Αυτά περιλαμβάνουν τη μηχανική, την επιστήμη, την τεχνολογία και τον προγραμματισμό. Κυρίως, όμως στο επίπεδο της δημιουργικότητας, καθώς η ρομποτική είναι μια καινοτόμος επιστήμη που συνδυάζει τη μηχανική και τη δημιουργικότητα. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στους συμμετέχοντες να μαθαίνουν καλύτερα (Celarevic & Mrakic, 2023).

Τα παιδιά αποκτούν διεπιστημονικές δεξιότητες και γνώσεις μέσω της μελέτης των συστατικών, της εξέτασης και του χειρισμού τους και της εφαρμογής μαθηματικών εννοιών στις σπουδές τους. Παρά ταύτα, η εφαρμογή της ρομποτικής στην εκπαιδευτική διαδικασία σε μαθήματα, όπως είναι για παράδειγμα, το μάθημα της φυσικής, αναπόφευκτα περιλαμβάνει κάποιες ιδιαιτερότητες. Στην περίπτωση της έρευνας των Williams et al. (2008), για μία κατασκευή εκμάθησης φυσικής μέσω ρομπότ, φάνηκε πως οι μαθητές γενικά έδειχναν λιγότερο ενδιαφέρον για τα μαθήματα και τα σεμινάρια σε σύγκριση με εργασίες κατασκευής και προγραμματισμού ρομποτικής. Το αποτέλεσμα θα ήταν πολύ πιο εποικοδομητικό, εάν οι δραστηριότητες συνδυάζαν τη γνώση με πιο άμεσο τρόπο. Για παράδειγμα,

η δραστηριότητα του ρομποτικού ποντικιού είχε σκοπό να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν πώς λειτουργεί ένας αισθητήρας αφής, αλλά ορισμένοι μαθητές δεν ενδιαφέρθηκαν. Η όλη δραστηριότητα θα είχε μεγαλύτερη σημασία αν παρουσιαζόταν όταν οι μαθητές είχαν την ανάγκη να χρησιμοποιήσουν αισθητήρες αφής στα ρομπότ τους. Ο αντίκτυπος της καλοκαιρινής κατασκήνωσης (camp) της ρομποτικής στη γνώση του περιεχομένου της φυσικής μπορεί να υπερβαίνει αυτό που αντικατοπτρίζεται στην αξιολόγηση της γνώσης περιεχομένου. Παρακολουθώντας τους μαθητές βοηθά στη συνειδητοποίηση της πολύτιμης εμπειρίας- και όχι τόσο του περιεχομένου ενός μαθήματος. Οι μαθητές που εργάζονται σήμερα μπορεί να μην έχουν καταλάβει ή να μην θυμούνται τους τύπους ή τις θεωρίες της φυσικής που συζητήθηκαν, αλλά θα δημιουργήσουν μια ανάμνηση της εμπειρίας τους. Αργότερα, όταν αυτοί οι μαθητές θα είναι σε ένα μάθημα φυσικής ή φυσικών επιστημών, μπορούν να ταιριάξουν αυτό που μαθαίνουν στην τάξη με τις αποκτηθείσες εμπειρίες τους από τους ρομποτικούς εκπαιδευτικούς πειραματισμούς. Ένα άλλο ενδιαφέρον εύρημα που σχετίζεται με την απόκτηση περιεχομένου είναι ότι μαθητές που θα θεωρούνταν ως μαθητές με χαμηλές επιδόσεις σε κανονικές τάξεις, βελτιώθηκαν επίσης στην αξιολόγηση γνώσεων περιεχομένου φυσικής. Αν και δεν ασχολούνταν τόσο με τις δραστηριότητες όσο άλλοι μαθητές, μπορεί να αποκτήσουν μία εικόνα της φυσικής, μέσα από παρατηρήσεις με άλλα παιδιά, ομαδικές συζητήσεις, απολογισμούς, μαθήματα και σεμινάρια, καθώς και με δραστηριότητες προσαρμοσμένες στις ιδιαίτερες ανάγκες τους. Για παράδειγμα, οι δραστηριότητες ρομποτικής φάνηκαν να είναι πολύ προκλητικές για έναν παιδί που είχε Ελλειμματική Προσοχή Υπερκινητική Διαταραχή (ΔΕΠΥ)- το παιδί αυτό παρακινήθηκε να πειραματιστεί με τον δικό του τρόπο και σύμφωνα με τις ανάγκες του.

Η φυσική ως κλάδος θεωρείται μοναδικά χρήσιμη από τους υποστηρικτές της, στη βάση του ότι (1) είναι μία θεμελιακή επιστήμη για τους περισσότερους άλλους κλάδους STEM και τομείς εφαρμοσμένης μηχανικής και τεχνολογίας για την αντιμετώπιση σημαντικών κοινωνικών θεμάτων όπως η ενέργεια και η νανοτεχνολογία, και (2) για την ανάπτυξη της επιστημονικής σκέψης και των

ικανοτήτων επίλυσης προβλημάτων. Παρά ταύτα, η φυσική παλεύει με ζητήματα όπως η αντίληψη ότι είσαι ελιτίστικη και είναι δύσκολο να κατανοηθεί. Κατά συνέπεια, παρατηρούνται φαινόμενα μη συμμετοχής των παιδιών στο συγκεκριμένο μάθημα. Η φυσική αντιμετωπίζει πολλές και επίμονες προκλήσεις. Η διδασκαλία είναι σε μεγάλο βαθμό ακόμη πολύ παραδοσιακή και το αντικείμενο του προγράμματος σπουδών και οι σχετικές δεξιότητες συχνά δεν έχουν ενημερωθεί για πολλές δεκαετίες και επομένως δεν συνδέονται με συναρπαστικές τρέχουσες τάσεις και φαινόμενα. Ως αποτέλεσμα, οι προκλήσεις παραμένουν επίμονες και οι προηγούμενες προσπάθειες μεγάλης κλίμακας στην εκπαίδευση στη φυσική έχουν αποτύχει σε μεγάλο βαθμό. Οι Ellermeyer & Tran (2019) υποστηρίζουν ότι, παρόλο που η χρήση της τεχνολογίας στη διδασκαλία είναι παρούσα εδώ και αρκετό καιρό, η υιοθέτηση και η χρήση στη φυσική εκπαίδευση παραμένει περιορισμένη.

Έχουν προκύψει διάφοροι τύποι εκπαιδευτικών ρομπότ, τα οποία ποικίλλουν ως προς τη μορφή, τον εξοπλισμό, τα συστήματα λογισμικού και τα προϊόντα συμπεριφοράς τους. Τα εκπαιδευτικά ρομπότ ταξινομούνται σε δύο κύριες κατηγορίες: χρήση ρομπότ όπως οι χελώνες (turtles robots)¹ και κατασκευή ρομπότ όπως τα ρομπότ LEGO. Ωστόσο, χρησιμοποιούνται στο εκπαιδευτικό πλαίσιο με βάση την έρευνα των Papert, Vygotsky και Jean Piaget για τη δημιουργία ουσιαστικών εμπειριών μάθησης. Οι Catlin & Balmires (2010) έδωσαν κατευθυντήριες γραμμές για τις Εκπαιδευτικές Ρομποτικές Εφαρμογές (ERA) που λένε στους σχεδιαστές και τους δασκάλους πώς να χρησιμοποιούν τα ρομπότ στην τάξη. Η βιβλιογραφία για τα εκπαιδευτικά ρομπότ επισημαίνει πολυάριθμα οφέλη από τη χρήση τους στις διαδικασίες μάθησης και διδασκαλίας. Παρέχουν ένα ενεργό περιβάλλον που διευκολύνει τη μάθηση κάνοντας την πράξη, παρέχει ένα διασκεδαστικό και συναρπαστικό περιβάλλον μάθησης, ευκαιρίες για χρήση επιστημονικών δεξιοτήτων και γνώσεων με ουσιαστικό τρόπο και ενισχύει το

¹ Οι «χελώνες» είναι μια κατηγορία εκπαιδευτικών ρομπότ που σχεδιάστηκαν αρχικά στα τέλη της δεκαετίας του 1940 και χρησιμοποιήθηκαν στην επιστήμη των υπολογιστών και στην εκπαίδευση μηχανολόγων μηχανικών.

κίνητρο για μάθηση, τη φαντασία, τα επιτεύγματα και την απόκτηση επιστημονικών εννοιών. αναπτύσσει ψηφιακές ικανότητες και κατανόηση των θεμάτων STEM.

Όσον αφορά τη μελέτη των ρομπότ για την εκμάθηση των εννοιών της φυσικής, μια βιβλιογραφική ανασκόπηση εκπαιδευτικών στρατηγικών για την προώθηση της εννοιολογικής αλλαγής στη σκέψη των μαθητών σχετικά με τη δύναμη και την κίνηση στη φυσική έγινε από τους Tomara et al. (2017).

Ωστόσο, καμία από τις περιγραφόμενες προσεγγίσεις δεν περιλάμβανε τη χρήση κινητού ρομπότ. Από την άλλη πλευρά, όταν τα ρομπότ χρησιμοποιήθηκαν για εκπαιδευτικές δραστηριότητες που σχετίζονται με έννοιες της φυσικής, δεν αναφέρθηκαν ολοκληρωμένα, συστηματικά και ποσοτικά αποτελέσματα, βασισμένα σε ενοποιημένα και επικυρωμένα μέτρα απόδοσης. Για παράδειγμα, οι Church et al. (2010) περιέγραψαν την επιτυχημένη χρήση του kit ρομπότ Lego® Mindstorms® στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων βασισμένων στη ρομποτική για τη διδασκαλία μαθημάτων φυσικής γυμνασίου: παρατήρησαν μεγάλη συμμετοχή των μαθητών. Ο Alimisis (2012) τόνισε τον ρόλο της κονστρουκτιβιστικής παιδαγωγικής κατά τη χρήση της ρομποτικής για τη διδασκαλία των εννοιών της κινηματικής στη φυσική. Οι Mitnik et al. (2008) παρουσίασαν την εφαρμογή ρομποτικών τεχνολογιών για τη διδασκαλία αποστάσεων, γωνιών, κινηματικής, κατασκευής γραφημάτων και ερμηνείας. Χρησιμοποίησαν ad-hoc ερωτηματολόγια για να αξιολογήσουν τη γνώση του περιεχομένου της φυσικής.

Η έρευνα των Ferrarelli & Iocchi (2021), παρουσίασε και μέτρησε το μαθησιακό κέρδος και την αποτελεσματικότητα μιας νέας εκπαιδευτικής μεθοδολογίας όπου οι έννοιες της Νευτώνειας φυσικής ενισχύονται μέσω του προγραμματισμού ενός κινητού ρομπότ. Το συνολικό αποτέλεσμα, που αναλύθηκε διεξοδικά από διαφορετικές οπτικές γωνίες (ανάλυση δείγματος, κ.α.) και με διαφορετικά μέτρα (κανονικοποιημένη αλλαγή, κ.α.), επιβεβαίωσε ότι ο προγραμματισμός κινητών ρομπότ είναι μια πολύτιμη εμπειρία για την ενδυνάμωση των εννοιών της φυσικής. Οι μαθητές μπορούν να αλλάξουν αποτελεσματικά το Νευτώνειο νοητικό τους μοντέλο με μια δραστηριότητα εκπαιδευτικής ρομποτικής που δεν περιέχει συγκεκριμένα μαθήματα φυσικής. Από αυτά τα αποτελέσματα, είναι εύκολο να

προβλεφθεί ότι η σωστή ενσωμάτωση της εκπαιδευτικής ρομποτικής με συγκεκριμένα μαθήματα θα αύξανε ακόμη περισσότερο τις μαθησιακές επιδόσεις. Ο προγραμματισμός ενός κινητού ρομπότ για την εκτέλεση πειραμάτων φυσικής ενδυνάμωσε τη γνώση των εννοιών της Νευτώνειας φυσικής, με απόδοση τουλάχιστον τόσο καλή όσο τα παραδοσιακά μαθήματα, αλλά σε μικρότερο χρονικό πλαίσιο. Οι προστιθέμενες αξίες σε σχέση με τα παραδοσιακά μαθήματα αφορούν τις κοινωνικές συμπεριφορές (ομαδική εργασία), την απόκτηση νέων δεξιοτήτων και ικανοτήτων (ρομποτική, κωδικοποίηση, φυσική, τεχνολογία) και ενασχόληση με τον τρισδιάστατο φυσικό κόσμο.

Η χρήση της τεχνολογίας εξ αποστάσεως ήταν και το αντικείμενο της έρευνας των Matos & Zannin (2021). Η χρήση της τεχνολογίας – συμπεριλαμβανομένων των κινητών τηλεφώνων, στις τάξεις είναι μια αυξανόμενη και πολλά υποσχόμενη τάση. Στην συγκεκριμένη έρευνα, οι μαθητές (της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, στη Βραζιλία) συναρμολογούν ένα αυτοκίνητο Arduino ελεγχόμενο από απόσταση μέσω μιας εφαρμογής για κινητά και το χρησιμοποιούν για να μελετήσουν τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα, των δυνάμεων της δράσης-αντίδρασης. Ο δάσκαλος χρησιμοποίησε μια προσέγγιση βασισμένη στην έρευνα για να παρακινήσει τους μαθητές να δοκιμάσουν την ικανότητα ρυμούλκησης του αυτοκινήτου. Οι μαθητές συνέδεσαν το αυτοκίνητο σε διαφορετικά βάρη και χρησιμοποίησαν μια δομή τροχαλίων για τη διερεύνηση της συμπεριφοράς των σταθερών και των κινητών τροχαλίων, καθώς και των δυνάμεων που εμπλέκονται. Στόχος της δραστηριότητας είναι να παρακινήσει τους μαθητές να σπουδάσουν τη φυσική και να διευκολύνει τη μάθηση. Οι μαθητές συνέδεσαν σωστά τα παραδείγματα της πραγματικής ζωής με τα πειράματα. Αnéφεραν σκοινί για άπλωμα, αστικές κατασκευές, μηχανήματα προπόνησης με βάρη, γερανοί, παραθυρόφυλλα, ανελκυστήρες, κλπ. Οι περισσότεροι από αυτούς ήταν επίσης σε θέση να αναγνωρίσουν και να εξηγήσουν σωστά τα αποτελέσματα της χρήσης κάθε τροχαλίας, κινητής και σταθερής. Στις περισσότερες περιπτώσεις, εφάρμοσαν σωστά αυτή τη γνώση για να εξηγήσουν πως μπορεί να αυξηθεί η ικανότητα ρυμούλκησης του συστήματος.

Το EUROPA (EdUcational Ros rObot PIAtform) είναι ένα δίτροχο, φθινό ρομπότ διαφορετικής κίνησης με χειριστή. Είναι επαρκώς κλιμακωτό και ευέλικτο ώστε να ταιριάζει σε διαφορετικά εκπαιδευτικά επίπεδα και διαφορετικά προγράμματα σπουδών. Επιτρέπει τον προγραμματισμό με εισαγωγικά ή πιο προηγμένα εργαλεία, ανάλογα με το μορφωτικό επίπεδο. Το EUROPA ακολουθεί το πρότυπο ανοιχτού υλικού και χρησιμοποιεί λογισμικό ανοιχτού κώδικα. Το ρομπότ μπορεί να κατασκευαστεί από τους ίδιους τους μαθητές, κάτω από τις κατάλληλες οδηγίες από τους δασκάλους τους, παρέχοντας την ευκαιρία για πρακτική εμπειρία με τις αρχές του ηλεκτρισμού, της ηλεκτρονικής και της μηχανικής. Αν και το ρομπότ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανική και Μαθηματικά (STEM), μπορεί επίσης να αναβαθμιστεί με αισθητήρες όπως ένα LIDAR, για να επιτρέψει πιο προηγμένα μαθήματα και έρευνα στη ρομποτική. Το EUROPA βασίζεται στο ROS (Robot Operating System), το οποίο παρέχει διαλειτουργικότητα και επεκτασιμότητα. Τα αποτελέσματα της χρήσης φάνηκαν ξεκάθαρα από την έρευνα των Karalekas et al., 2020), καθώς αποδείχθηκε ότι πλατφόρμα χαμηλού κόστους που βασίζεται σε ROS μπορεί να υποστηρίξει προηγμένα έργα, όπως μηχανική όραση, η νοημοσύνη μηχανών, ο εντοπισμός και η χαρτογράφηση. Μπορεί να καλύψει μια σειρά εφαρμογών, από βασική εκπαιδευτική ρομποτική έως προηγμένες εφαρμογές, όπως η όραση και η χαρτογράφηση.

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι οι αφηρημένες έννοιες μπορεί να είναι δύσκολο για τα παιδιά να μάθουν. Σε αντίθεση με συγκεκριμένα αντικείμενα που μπορούν να αγγίξουν, να δουν, να μυρίσουν ή να ακούσουν, οι αφηρημένες έννοιες είναι οντότητες χωρίς φυσική ουσία στον πραγματικό κόσμο. Ωστόσο, οι επιστήμονες της γνωστικής σημασιολογίας θεωρούν ότι οι νοητικές αναπαραστάσεις αφηρημένων εννοιών έχουν πάντα τις ρίζες τους σε αισθητικοκινητικές εμπειρίες και συνήθως κατανοούνται, μέσω της εννοιολογικής μεταφοράς, με όρους πιο συγκεκριμένων εννοιών. Οι αφηρημένες έννοιες βασίζονται σε σύνθετες προσομοιώσεις συνδυασμένων φυσικών και ενδοσκοπικών γεγονότων. Από αυτή την άποψη, ο σχηματισμός και η κατανόηση των αφηρημένων εννοιών βασίζεται στις αλληλεπιδράσεις μας με τον φυσικό κόσμο.

Το 2013, οι Αμερικανοί ερευνητές Sullivan, Kazakoff & Bers σχεδίασαν μια πειραματική συσκευή για να μπορέσουν οι μαθητές να αποκτήσουν γνώση των αλγοριθμικών εννοιών που είναι χρήσιμες στην επιστήμη των υπολογιστών. Για να γίνει αυτό, ζήτησαν από 37 πεντάχρονους μαθητές να κατασκευάσουν και στη συνέχεια να καθορίσουν τη συμπεριφορά ενός ρομπότ χρησιμοποιώντας προγραμματιζόμενα τούβλα. Πέντε συνεδρίες 2 ωρών την ημέρα πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια μιας εβδομάδας. Στόχος της δραστηριότητας που ανακοινώθηκε στους μαθητές ήταν η κατασκευή ενός ρομπότ που θα διευκολύνει την ανακύκλωση απορριμμάτων. Ο προγραμματισμός έγινε σε CHERP, μια απτή γλώσσα προγραμματισμού, καθώς επιτρέπει στους μαθητές να κωδικοποιούν τις κινήσεις και άλλες ενέργειες των ρομπότ συνδέοντας κύβους στους οποίους εμφανίζονται σύμβολα που αντιπροσωπεύουν τις οδηγίες προγραμματισμού. Οι μαθητές μπορούσαν έτσι να χειριστούν φυσικά και εύκολα τα στοιχεία κωδικοποίησης και να τα ευθυγραμμίσουν οπτικά σύμφωνα με το σκεπτικό τους. Στη συνέχεια, η συμπεριφορά του ρομπότ παρέχει άμεση ανατροφοδότηση στην πραγματική ζωή σχετικά με τη λειτουργία του αλγορίθμου που δημιουργήθηκε με αυτόν τον τρόπο. Ωστόσο, η χειραγώγηση δεν αποτρέπει την εμφάνιση απογοητεύσεων στη δραστηριότητα. Για να αντιμετωπιστούν αυτά, οι ερευνητές οδηγούν τις συνεδρίες μέσω μιας επαναληπτικής διαδικασίας εντοπισμού προβλημάτων, ιδεών, ανάπτυξης, δοκιμής και ανταλλαγής λύσεων. Αυτή η διαδικασία εισήχθη κατά την πρώτη συνεδρία μέσω παιχνιδιών, συμπεριλαμβανομένων των δομικών τούβλων. Η ρομποτική εισήχθη μόνο στις επόμενες συνεδρίες κατά τις οποίες οι μαθητές μάθαιναν τι είναι ρομπότ και κατασκεύασαν ένα με τη μορφή οχήματος (συνεδρίες 2 και 3). Στη συνέχεια το προσάρμοσαν στην επιθυμητή λειτουργία, που εδώ είναι η ανακύκλωση (συνεδρία 4). Τέλος, έγινε η σχετική παρουσίαση της δουλειάς τους από καθεμία από τις 11 ομάδες σε μαθητές άλλου σχολείου (συνεδρία 5). 8 από τους 37 μαθητές που συμμετείχαν και οι 3 καθηγητές τους πήραν συνέντευξη στην αρχή και στο τέλος του πειράματος από τους ερευνητές. Οι μαθητές έλαβαν συνέντευξη κατά τη διάρκεια προφορικών συνεντεύξεων ενώ οι δάσκαλοι έπρεπε να απαντήσουν ανώνυμα σε γραπτά ερωτηματολόγια. Οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν

αναλύθηκαν σε συνδυασμό με τις παρατηρήσεις των συνεδριών. Η ανατροφοδότηση έδειξε ότι οι μαθητές έχουν αναπτύξει γνώσεις προγραμματισμού. Επίσης, βελτίωσαν την κατανόησή τους για το επάγγελμα του μηχανικού και τη ρομποτική, εφαρμόζοντας παράλληλα, και χωρίς να ορίζονται ρητά, μαθηματικές δεξιότητες (μέτρηση μετατοπίσεων, αναγνώριση γεωμετρικών σχημάτων κ.λπ.) (Mandin, 2016).

Κεφάλαιο 2. Το Πείραμα

2.1. Γενικά

Το πείραμα αποτελεί την βάση των φυσικών επιστημών καθώς ήταν το έναυσμα για την κατανόηση του φυσικού κόσμου. Πολλοί επιστήμονες εκφράζουν την άποψη ότι η σημασία της πειραματικής διαδικασίας, ως κινητήριας δύναμης για να εξάψει την περιέργεια των παιδιών και να παρακινήσει την ενασχόλησή τους με την φυσική, είναι μεγάλη. Το πείραμα αποτελεί τον πιο εύκολο και απτό τρόπο παρατήρησης του κόσμου αλλά και επιβεβαίωσης πιθανών εικασιών που έχει κανείς για αυτόν. Έτσι η πειραματική μέθοδος επηρεάζει την φυσική επιστήμη στα εξής επίπεδα:

- Επιβεβαίωση ή απόρριψη μιας υπόθεσης ή θεωρίας σχετικά με τον φυσικό κόσμο. Μια από τις πιο γνωστές και σημαντικές θεωρίες της φυσικής που επιβεβαιώθηκε μέσω πειράματος είναι η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας του Albert Einstein. Αυτή η θεωρία, που δημοσιεύτηκε το 1915, περιγράφει τη βαρύτητα ως μια καμπύλωση του χωροχρόνου που προκαλείται από την παρουσία μάζας και ενέργειας. Το πρώτο πείραμα που επιβεβαίωσε την Γενική Θεωρία της Σχετικότητας ήταν η παρατήρηση της εκτροπής του φωτός από αστέρια κατά τη διάρκεια μιας ολικής έκλειψης Ηλίου το 1919. Ο αστρονόμος Arthur Eddington και η ομάδα του παρατήρησαν ότι το φως από μακρινούς αστέρες εκτρέπεται καθώς περνάει κοντά στον Ήλιο, λόγω της καμπύλωσης του χωροχρόνου που προκαλεί η βαρύτητα του Ηλίου. Η παρατηρούμενη εκτροπή ήταν σε συμφωνία με τις προβλέψεις της θεωρίας του Einstein. (Dyson et al., 1920, 1-3).

- Αναζήτηση νέων φαινομένων που προβλέφθηκαν θεωρητικά. Το μποζόνιο του Higgs προβλέφθηκε τη δεκαετία του 1960 από τους Peter Higgs, François Englert και άλλους, ως μέρος του Μηχανισμού Higgs, που εξηγεί πώς τα σωματίδια αποκτούν μάζα. Το 2012, οι επιστήμονες στον Μεγάλο Επιταχυντή Αδρονίων (LHC) του CERN ανακοίνωσαν την ανακάλυψη του μποζονίου του Higgs, επιβεβαιώνοντας έτσι την ύπαρξή του. (Atlas Collaboration, 2012, 1-2).
- Δημιουργία νέων υλικών ή αντικειμένων. Το Γραφένιο ανακαλύφθηκε το 2004 από τους Andre Geim και Konstantin Novoselov στο Πανεπιστήμιο του Μάντσεστερ, χρησιμοποιώντας μια απλή μέθοδο αποκόλλησης με κολλητική ταινία (Scotch tape method). Είναι ένα δισδιάστατο υλικό με εξαιρετική ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα, υψηλή μηχανική αντοχή και ευελιξία. Έχει εφαρμογή σε ηλεκτρονικές συσκευές, επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, υπερπυκνωτές και βιοϊατρικές εφαρμογές. (Geim & Novoselov, 2007, 1-2).

Το πρότυπο (μοντέλο) πείραμα αποτελεί την πιο διαδεδομένη μορφή πειράματος στις φυσικές επιστήμες. Μέσω του πρότυπου πειράματος, οι φυσικές συνθήκες εφαρμόζονται σε κλίμακα στο εργαστήριο και τα αποτελέσματα εξάγονται και προσαρμόζονται λαμβάνοντας υπόψη την εκάστοτε κλίμακα. Για την ερμηνεία και τη μελέτη της φύσης του φωτός, ο Νεύτωνας χρησιμοποίησε την αναλογία του ήχου, τον οποίο θεωρούσε ότι ήταν παρόμοιας φύσης με το φως (Κώτσης, 2005, 102).

2.2 Η εξέλιξη του πειράματος στην επιστήμη της Φυσικής

2.2.1 Το πείραμα στην Αρχαία Ελλάδα

Η απαρχή της επιστημονικής σκέψης και πρακτικής ήταν ως γνωστό η Αρχαία Ελλάδα, ως εκ τούτου εκείνη η περίοδος αποτέλεσε και την απαρχή της πειραματικής μεθόδου. Η έννοια του πειράματος στην Αρχαία Ελλάδα ήταν αρκετά διαφορετική από τη σύγχρονη επιστημονική μέθοδο, καθώς οι αρχαίοι Έλληνες βασίζονταν κυρίως στην παρατήρηση, τη λογική συλλογιστική και τη φιλοσοφική έρευνα, παρά σε συστηματικό πειραματισμό. Ωστόσο, οι συνεισφορές τους έθεσαν

τα θεμέλια για την ανάπτυξη της πειραματικής επιστήμης. Παρακάτω παρουσιάζεται μια ανάλυση του ρόλου του πειραματισμού στην αρχαία ελληνική φυσική:

Φιλοσοφική Προσέγγιση στη Φυσική:

- Η αρχαία ελληνική «φυσική» (από την ελληνική λέξη *physis*, που σημαίνει "φύση") ήταν βαθιά ριζωμένη στη φιλοσοφία και όχι στην εμπειρική επιστήμη.
- Σκεπτόμενοι όπως ο Αριστοτέλης, ο Πλάτων και ο Πυθαγόρας προσπάθησαν να εξηγήσουν τα φυσικά φαινόμενα μέσω της λογικής συλλογιστικής και των αφηρημένων αρχών, συχνά χωρίς να πραγματοποιούν ελεγχόμενα πειράματα. Για παράδειγμα, οι θεωρίες του Αριστοτέλη για την κίνηση (π.χ. ότι τα βαρύτερα αντικείμενα πέφτουν γρηγορότερα από τα ελαφρύτερα) βασίζονταν στην παρατήρηση και τη λογική, όχι στον πειραματισμό. (Bodnar, 2006, 2-4).

Περιορισμένος Πειραματισμός:

- Ενώ οι αρχαίοι Έλληνες δεν πειραματίζονταν συστηματικά με τη σύγχρονη έννοια, υπάρχουν μερικές αξιοσημείωτες εξαιρέσεις:
 - Αρχιμήδης (287–212 π.Χ.): Γνωστός για τους πρακτικούς πειραματισμούς του, όπως η στιγμή της "Εύρηκα!", όταν ανακάλυψε την αρχή της άνωσης ενώ ελέγχει την καθαρότητα ενός χρυσού στεφάνου.
 - Ερατοσθένης (276–194 π.Χ.): Πραγματοποίησε μια παρατήρηση που μοιάζει με πείραμα για να μετρήσει την περιφέρεια της Γης χρησιμοποιώντας τις σκιές που έριχνε ο Ήλιος σε διαφορετικές τοποθεσίες. (Haurie & Hung, 1977, 329).
 - Ήρων ο Αλεξανδρεύς (10–70 μ.Χ.): Σχεδίασε μηχανικές συσκευές και πειράματα, όπως τον αιόλιπυλο (ένα πρωτόγονο ατμοκίνητο μηχάνημα), που επέδειξαν τη μετατροπή της θερμότητας σε κίνηση.

Μαθηματική Μοντελοποίηση:

- Οι Έλληνες διακρίθηκαν στη μαθηματική μοντελοποίηση των φυσικών φαινομένων, κάτι που μπορεί να θεωρηθεί ως πρόδρομος του πειραματικού πειραματισμού.
- Ο Πυθαγόρας και οι ακόλουθοί του μελέτησαν τις μαθηματικές σχέσεις στη μουσική και τις αρμονικές, συνδέοντας τις φυσικές δονήσεις με μαθηματικές αναλογίες.
- Ο Ευκλείδης και ο Πτολεμαίος χρησιμοποίησαν γεωμετρία και μαθηματικά για να μοντελοποιήσουν την κίνηση των ουράνιων σωμάτων, θέτοντας τα θεμέλια για μεταγενέστερα αστρονομικά πειράματα.

Η παρατήρηση πάνω από τον πειραματισμό:

- Οι Έλληνες έδωσαν μεγάλη έμφαση στην παρατήρηση των φυσικών φαινομένων, όπως η κίνηση των αστεριών, η συμπεριφορά των ζώων και οι ιδιότητες των υλικών.
- Για παράδειγμα, οι παρατηρήσεις του Αριστοτέλη για τη φύση (π.χ., η ανάπτυξη των φυτών, η συμπεριφορά των ζώων) ήταν λεπτομερείς και συστηματικές, αλλά δεν διέθεταν τις ελεγχόμενες συνθήκες των σύγχρονων πειραμάτων.

Περιορισμοί και Κληρονομιά:

- Οι αρχαίοι Έλληνες δεν ανέπτυξαν μια συστηματική πειραματική μέθοδο όπως αυτή που διατυπώθηκε αργότερα κατά τη διάρκεια της Επιστημονικής Επανάστασης (π.χ., από τον Γαλιλαίο και τον Νεύτωνα).
- Η εξάρτησή τους από τη φιλοσοφική συλλογιστική οδήγησε μερικές φορές σε λανθασμένες εκτιμήσεις (π.χ., η θεωρία της κίνησης του Αριστοτέλη), οι οποίες αργότερα διαψεύστηκαν μέσω πειραμάτων.
- Ωστόσο, η έμφασή τους στη λογική συλλογιστική, τη μαθηματική μοντελοποίηση και την παρατήρηση έθεσε τα θεμέλια για την ανάπτυξη της πειραματικής επιστήμης

Ενώ οι αρχαίοι Έλληνες δεν πειραματίζονταν με τη σύγχρονη έννοια, οι συνεισφορές τους στην παρατήρηση, τη μαθηματική μοντελοποίηση και τη λογική συλλογιστική ήταν καθοριστικές για την ανάπτυξη της φυσικής. Το έργο τους έθεσε τα θεμέλια για τις πειραματικές μεθόδους που αναπτύχθηκαν κατά την Επιστημονική Επανάσταση, όπου προσωπικότητες όπως ο Γαλιλαίος και ο Νεύτωνας συνδύασαν την παρατήρηση, τον πειραματισμό και τη μαθηματική ανάλυση για να προωθήσουν την κατανόησή μας για τον φυσικό κόσμο. Η κληρονομιά των αρχαίων Ελλήνων έγκειται στην ικανότητά τους να θέτουν θεμελιώδη ερωτήματα για τη φύση και να αναζητούν λογικές εξηγήσεις, ακόμα κι αν δεν δοκίμαζαν πάντα τις θεωρίες τους πειραματικά.

2.2.2 Το πείραμα στον Διαφωτισμό

Η περίοδος του 17ου – 18ου αιώνα χαρακτηρίζεται από τα μεγάλα άλματα που έκανε ο άνθρωπος τόσο σε νοητικό και πνευματικό όσο και σε κοινωνικό και θρησκευτικό επίπεδο. Η περίοδος του Διαφωτισμού στην Ευρώπη χαρακτηρίζεται από την διαρκή αμφισβήτηση των παραδοσιακών κανόνων της κοινωνίας (θρησκεία και αριστοτέλεια φιλοσοφία) και την αναζήτηση της αλήθειας για τον φυσικό κόσμο μέσω της επιστημονικής μεθόδου. Η ερμηνεία του κόσμου ξεφεύγει από την φιλοσοφική θεώρηση των αρχαίων Ελλήνων και διακατέχεται από την πειραματική μέθοδο, με κύριους εκφραστές της τον Galileo Galilei, τον Francis Bacon, τον Isaac Newton, τον Antoine Lavoisier και άλλους. Παρακάτω παρουσιάζεται η επιρροή των εκφραστών αυτής της εποχής στους εκάστοτε κλάδους της επιστήμης:

Η Εμφάνιση της Πειραματικής Μεθόδου:

- Φράνσις Μπέικον (Francis Bacon): Ο Μπέικον, με το έργο του *Novum Organum* (1620), πρότεινε μια νέα μέθοδο επιστημονικής έρευνας που βασίζεται στην παρατήρηση, τον πειραματισμό και την επαγωγική συλλογιστική. Υποστήριξε ότι οι επιστήμονες πρέπει να συλλέγουν δεδομένα μέσω πειραμάτων και να εξαγουν γενικούς νόμους από αυτά (Klein, 2004).

- Γαλιλαίος Γαλιλέι (Galileo Galilei): Ο Γαλιλαίος θεωρείται ο πατέρας της σύγχρονης πειραματικής επιστήμης. Χρησιμοποίησε πειράματα για να μελετήσει την κίνηση, όπως το περίφημο πείραμα της κλίσης για να μετρήσει την επιτάχυνση των σωμάτων. Επίσης, χρησιμοποίησε το τηλεσκόπιο για να παρατηρήσει τους δορυφόρους του Δία και τις φάσεις της Αφροδίτης, επιβεβαιώνοντας την ηλιοκεντρική θεωρία του Κοπέρνικου (Machamer, 2005).

Η Συνεισφορά του Ισαάκ Νεύτωνα:

- Ισαάκ Νεύτων (Isaac Newton): Ο Νεύτων ανέπτυξε τους Νόμους της Κίνησης και τη Νόμο της Παγκόσμιας Έλξης, βασιζόμενος σε πειράματα και μαθηματική ανάλυση. Στο έργο του *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (1687), περιέγραψε πειράματα με πρίσματα για να μελετήσει τη φύση του φωτός και να αναπτύξει τη θεωρία της χρωματικής διασποράς (Smith, 2007).

Η Ανάπτυξη της Χημείας ως Πειραματικής Επιστήμης:

- Ρόμπερτ Μπόιλ (Robert Boyle): Ο Μπόιλ, με το έργο του *The Sceptical Chymist* (1661), εισήγαγε την πειραματική μέθοδο στη χημεία. Πραγματοποίησε πειράματα με αέρια και διατύπωσε τον Νόμο του Μπόιλ, που συνδέει την πίεση και τον όγκο ενός αερίου (MacIntosh, 2002).
- Αντουάν Λαβουαζιέ (Antoine Lavoisier): Ο Λαβουαζιέ, γνωστός ως ο "πατέρας της σύγχρονης χημείας", χρησιμοποίησε ακριβή πειράματα για να μελετήσει τις χημικές αντιδράσεις. Απέδειξε τη διατήρηση της μάζας και αναγνώρισε το οξυγόνο ως στοιχείο (Donovan, 1998).

Η Επιστημονική Επανάσταση στη Βιολογία:

- Γουίλιαμ Χάρβεϊ (William Harvey): Ο Χάρβεϊ, με πειράματα σε ζώα, απέδειξε ότι η κυκλοφορία του αίματος είναι κλειστή και ελεγχόμενη από την καρδιά. Το έργο του *De Motu Cordis* (1628) αποτέλεσε μια επανάσταση στη φυσιολογία (Gregory, 1998).

- Αντόνι φαν Λέβενχοκ (Antonie van Leeuwenhoek): Χρησιμοποιώντας μικροσκόπια που κατασκεύασε ο ίδιος, ο Λέβενχοκ πραγματοποίησε τις πρώτες παρατηρήσεις μικροοργανισμών, ανοίγοντας τον δρόμο για τη μικροβιολογία.

Η Οργάνωση της Επιστημονικής Κοινότητας:

- Ιδρύσεις Επιστημονικών Ακαδημιών: Κατά τον 17ο αιώνα, ιδρύθηκαν επιστημονικές κοινότητες όπως η Βασιλική Εταιρεία του Λονδίνου (1660) και η Γαλλική Ακαδημία Επιστημών (1666). Αυτές οι οργανώσεις ενθάρρυναν τη συνεργασία και τη δημοσίευση πειραματικών αποτελεσμάτων.
- Επιστημονικά Περιοδικά: Η δημιουργία επιστημονικών περιοδικών, όπως τα Philosophical Transactions of the Royal Society (1665), επέτρεψε στους επιστήμονες να μοιράζονται τα πειραματικά τους ευρήματα και να κτίζουν πάνω στην εργασία των άλλων.

Η Επίδραση της Φιλοσοφίας:

- Ρενέ Ντεκάρτ (René Descartes): Ο Ντεκάρτ, με το έργο του Discourse on the Method (1637), υποστήριξε ότι η επιστήμη πρέπει να βασίζεται σε σαφείς και διακριτές ιδέες, ενθαρρύνοντας τη χρήση της μαθηματικής ανάλυσης στα πειράματα (Hatfield, 2008).

Η εξέλιξη της πειραματικής διαδικασίας κατά τον 17ο και 18ο αιώνα έθεσε τα θεμέλια για τη σύγχρονη επιστήμη. Οι επιστήμονες άρχισαν να χρησιμοποιούν συστηματικά πειράματα για να ελέγχουν θεωρίες, να ανακαλύπτουν νέους νόμους και να αναπτύσσουν νέες τεχνολογίες. Αυτή η μεταμόρφωση οδήγησε στην Επιστημονική Επανάσταση, η οποία άλλαξε ριζικά τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε τον φυσικό κόσμο.

2.2.3 Το πείραμα στον 19ο-20ο αιώνα

Η εξέλιξη του πειραματισμού στον 19ο και 20ό αιώνα χαρακτηρίστηκε από τεράστια προόδους στη θεωρητική κατανόηση και την τεχνολογική καινοτομία.

19ος Αιώνας: Θεμελίωση της Σύγχρονης Πειραματικής Επιστήμης:

- Πείραμα του Young (1801) – Διπλή Σχισμή για την απόδειξη της κυματικής φύσης του φωτός. Το πείραμα έγινε μέσω διέλευση φωτός μέσα από δύο σχισμές και παρατήρηση προκύπτουσας συμβολής (Young, 1804).
- Πείραμα του Faraday (1831) – Ηλεκτρομαγνητική Επαγωγή. Στόχος ήταν η ανακάλυψη της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής και το πείραμα έλαβε χώρα με μετακίνηση μαγνήτη μέσα σε πηνίο και παρατήρηση επαγόμενου ρεύματος (Faraday, 1837).
- Πείραμα Michelson-Morley (1887) – Απουσία Αιθέρα. Στόχος ήταν η ανίχνευση της κίνησης της Γης ως προς τον "αιθέρα". Έγινε χρήση μετρητή συμβολής (interferometer) για να μετρήσει την ταχύτητα του φωτός σε διαφορετικές κατευθύνσεις (Michelson & Morley, 1887).

20ός Αιώνας: Κβαντική Μηχανική & Σύγχρονη Φυσική:

- Πείραμα Rutherford (1911) – Ανακάλυψη του Ατομικού Πυρήνα. Στόχος ήταν η κατανόηση της δομής του ατόμου, μια αναζήτηση που ξεκίνησε από τους Αρχαίους Έλληνες και ταλάνιζε την ανθρωπότητα τόσο επιστημονικά όσο και θεολογικά/ερμηνευτικά. Το ερώτημα της φύσης και της διάτμησης της ύλης έθεσε τα θεμέλια της σύγχρονης φυσικής και των νέων εφευρέσεων που αυτή έφερε (π.χ. ατομική βόμβα ή χρήση πυρηνικής ενέργειας). Το πείραμα επετεύχθει με τον βομβαρδισμό χρυσού φύλλου με σωματίδια άλφα (Rutherford, 1911).
- Πείραμα Stern-Gerlach (1922) – Κβαντική Σπιν. Στο πλαίσιο της σύγχρονης φυσικής στόχος του παρόντος πειράματος ήταν η απόδειξη της κβαντοποίησης της στροφορμής. Για την πραγματοποίηση της διαδικασίας αυτής έγινε διάκριση ατόμων ασημιού σε μη ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο. Ανάλογα με τον προσανατολισμό των ατόμων και την περιστροφή τους, ερμηνεύτηκε το σπιν, δηλαδή η ιδιοπεριστροφή τους (Stern & Gerlach, 1922).
- Πείραμα του Hubble (1929) – Διαστολή του Σύμπαντος. Ακόμα ένα σημαντικό πείραμα της σύγχρονης φυσικής είναι η ερμηνεία του σύμπαντος, των ιδιοτήτων του, του μεγέθους και του παρελθόντος του.

Γνωρίζοντας ότι το σύμπαν διαστέλλεται, ερμηνεύουμε την ύπαρξη χρονικής στιγμής κατά την οποία όλη η ύλη του σύμπαντος ήταν συσσωρευμένη σε ένα πολύ μικρό σημείο του χώρου, το οποίο εξερράγη (Big Bang Theory). Στόχος της πειραματικής διαδικασίας ήταν η μέτρηση της μετατόπισης προς το ερυθρό (redshift) σε γαλαξίες. Η διαδικασία έγινε απλοϊκά με παρατήρηση με το τηλεσκόπιο Hooker (Hubble, 1929).

- Πείραμα της Διπλής Σχισμής με Ηλεκτρόνια (1961) – Κβαντική Συμπεριφορά. Στόχος του πειράματος ήταν η απόδειξη της κυματοσωματιδιακής δυικότητας. Η μελέτη του φωτός ξεκίνησε και πάλι από την αρχαιότητα, όταν το φως παραλληλιζόταν με το νερό αλλά και με τον ήχο μεταγενέστερα. Η σύγχρονη φυσική αναγνωρίζει την διττή φύση του φωτός και κομβικό ρόλο για αυτό έπαιξε η πειραματική διαδικασία, η οποία περιλάμβανε την κάθοδο των ηλεκτρονίων σε διπλή σχισμή (Jönsson, 1961).

Πειράματα Υψηλής Ενέργειας & Σύγχρονοι Επιταχυντές

- Ανακάλυψη του Κουάρκ (1968) – Πείραμα SLAC. Μέσω αυτού του πειράματος επανεξετάστηκαν τα δομικά στοιχεία της ύλης. Στόχος εν γένει ήταν η ανίχνευση υποατομικών σωματιδίων μέσω της σκέδασης ηλεκτρονίων-πρωτονίων υψηλής ενέργειας (Friedman & Kendall, 1968).

Συμπερασματικά, ο 19ος και 20ός αιώνας μεταμόρφωσαν τον πειραματισμό με την εισαγωγή ακριβών μεθόδων μέτρησης, νέων θεωριών (κβαντική, σχετικότητα) και τεχνολογικών καινοτομιών (επιταχυντές, λέιζερ). Τα πειράματα αυτά έθεσαν τις βάσεις για τη σύγχρονη επιστήμη. Η κύρια διαφορά της πειραματικής διαδικασίας ανά τους αιώνες είναι η αύξηση της ακρίβειας των υπολογισμών και η εμπειριστατωμένη εξαγωγή συμπερασμάτων. Η εξέλιξη των φυσικών επιστημών έγκειται στο γεγονός ότι από την απλή παρατήρηση και φιλοσοφική ερμηνεία των αρχαίων Ελλήνων, η ανθρωπότητα πέρασε στα απλοϊκά πειράματα κίνησης του διαφωτισμού και από εκεί στις βάσεις της σύγχρονης φυσικής του 20ου αιώνα. Στις μέρες μας χρησιμοποιείται και βελτιώνεται η ακρίβεια στους υπολογισμούς και τα συμπεράσματα που υιοθετήθηκε τον προηγούμενο αιώνα και πλέον γίνεται λόγος

για την σύγχρονη φυσική επιστήμη των τρομακτικών επιδόσεων που γνωρίζουμε σήμερα.

Κεφάλαιο 3. Το πείραμα στην διδασκαλία της φυσικής επιστήμης

3.1 Η έννοια της φυσικής επιστήμης

Η εντατική προσπάθεια του ανθρώπου να γνωρίσει και να ερμηνεύσει τον φυσικό κόσμο που τον περιβάλλει τον έφερε αντιμέτωπο με τις χαώδεις συνθήκες που τον διέπουν. Αρχικά, το άτομο δεν είχε άλλο μέσο παρά την παρατήρηση των φυσικών φαινομένων και πολλές φορές την δαιμονοποίησή τους (π.χ. η θεοποίηση στοιχείων της φύσης αλλά και η ύπαρξη οιωνών και προλήψεων). Κύριος, λοιπόν, στόχος για τον άνθρωπο ήταν η ερμηνεία του φυσικού κόσμου να προσομοιωθεί ώστε να γίνει κατανοητή από το μυαλό του.

Σε αυτό το πλαίσιο κινείται η επιστήμη και η αέναη διαδικασία της ερμηνείας του σύμπαντος. Έτσι, γίνεται εκτεταμένη χρήση της λογικής γλώσσας των μαθηματικών, τα οποία αποτελούν την προσομοίωση της πραγματικότητας στο μυαλό του ανθρώπου (Στυλιανού, 2023, 10-11). Παρόλο που τα μαθηματικά αποτελούν τον τρόπο έκφρασης της φυσικής επιστήμης, η ίδια η επιστήμη δεν ταυτίζεται με αυτά καθώς βασίζεται στην παρατήρηση, την υπόθεση και την πειραματική διαδικασία επιβεβαίωσης ή απόρριψης. Στην σύγχρονη κοινωνία η φυσική και η ερμηνεία που δίνουν οι νόμοι της για τον κόσμο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην καθημερινότητα του ανθρώπου, διότι πλέον τα εργαλεία που αυτή παρέχει χρησιμοποιούνται από τον άνθρωπο ευρέως για κάθε του δραστηριότητα.

3.2 Η διδασκαλία της φυσικής επιστήμης

Στην Ελλάδα η εκπαίδευση διαχρονικά έχει άρρηκτη σχέση με τις εξετάσεις και τους διαγωνισμούς στους οποίους καλούνται να επιτύχουν οι μαθητές. Αυτός είναι και ο λόγος της ταύτισης της φυσικής επιστήμης αλλά και της χημείας με μαθηματικούς τύπους και εξισώσεις, γεγονός που απέτρεπε το ενδιαφέρον των μαθητών στα αντικείμενα αυτά (Αγαθαγγελίδης, 2020, 7). Σήμερα, η κατάσταση

τείνει να αλλάξει μέσω της ένταξης πειραμάτων και ομαδικών εργασιών στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα κυρίως της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης.

3.2.1 Στόχοι της διδασκαλίας στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Οι στόχοι της διδασκαλίας της φυσικής εμπεριέχονται στους στόχους που θέτει το εκπαιδευτικό σύστημα για τους μαθητές του ή αλλιώς τους εν δυνάμει πολίτες που διαμορφώνει. Παρακάτω αναλύονται οι βασικοί άξονες του εκπαιδευτικού συστήματος.

Καλλιέργεια Κριτικής Σκέψης και Δημιουργικότητας:

Ο στόχος εστιάζει στην ανάπτυξη ικανοτήτων ανάλυσης, αξιολόγησης και καινοτομίας, ώστε οι μαθητές να μπορούν να αντιμετωπίζουν πολύπλοκα προβλήματα με επιστημονική σκέψη (Paul & Elder, 2006, 34-35). Πέρα από την αντιμετώπιση προβλημάτων, βασική ανάγκη είναι και η δημιουργική σκέψη που συμβάλει στην έκφραση του ατόμου καλλιτεχνικά ή κοινωνικά.

Κοινωνική Ενσωμάτωση και Ισότητα:

Πρωθεί την πρόσβαση σε ποιοτική εκπαίδευση για όλες τις κοινωνικές ομάδες, μειώνοντας τις ανισότητες και ενισχύοντας τη συνοχή. Θεωρητικά η εκπαίδευση στον Δυτικό Κόσμο είναι από τους λίγους τομείς της κοινωνίας που τα άτομα έχουν ίση πρόσβαση και αντικειμενική ανέλιξη ανάλογα με την προσπάθεια του καθενός.

Ανάπτυξη Δεξιοτήτων για την Αγορά Εργασίας:

Εξειδικεύεται στην απόκτηση τεχνικών γνώσεων και μεταφερόμενων δεξιοτήτων (π.χ. συνεργασία, ψηφιακός γραμματισμός, εξειδίκευση επιστημονικού ή τεχνικού αντικειμένου) για την προσαρμογή στις απαιτήσεις της σύγχρονης οικονομίας.

Ψηφιακή Παιδεία:

Ετοιμάζει τους μαθητές να χρησιμοποιούν τεχνολογίες υπεύθυνα και δημιουργικά, ενσωματώνοντας τις Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας (Τ.Π.Ε.) στη μάθηση (Selwyn, 2016, 46-47). Ειδικά όσον αφορά της θετικές επιστήμες, η ένταξη

των νέων τεχνολογιών και η χρήση τους για την οπτικοποίηση φαινομένων και πειραμάτων αποτελεί βασικό στοιχείο της σύγχρονης εκπαιδευτικής διαδικασίας.

Βιωσιμότητα και Περιβαλλοντική Ευαισθητοποίηση:

Ενθαρρύνει την κατανόηση των περιβαλλοντικών προκλήσεων και τη δράση για τη βιώσιμη ανάπτυξη (Sterling, 2001,16-17). Στις μέρες μας η περιβαλλοντική παιδεία διαμορφώνει λειτουργικούς και ολοκληρωμένους πολίτες, καθώς βιώνουμε μια εποχή σημαντικής ρύπανσης και οικολογικής καταστροφής του πλανήτη.

Συναισθηματική Ευημερία:

Ενισχύει την αυτογνωσία, την ανθεκτικότητα και τις κοινωνικές σχέσεις, προωθώντας ολοκληρωμένη ανάπτυξη (Durlak et al., 2011, 411-412). Το πλαίσιο της διαμόρφωσης ολοκληρωμένων ατόμων μέσω της εκπαίδευσης προβλέπει και την διαμόρφωση του ψυχικού τους κόσμου στο σύγχρονο στρεσογόνο αστικοποιημένο περιβάλλον.

Κάθε στόχος αντανakλά τις δυναμικές ανάγκες της σύγχρονης κοινωνίας και της γνώσης, συνδυάζοντας ακαδημαϊκή εξοικείωση με πρακτικές και ηθικές διαστάσεις.

3.2.2 Στόχοι της διδασκαλίας της φυσικής επιστήμης

Συγκεκριμένα οι στόχοι της διδασκαλίας της φυσικής επιστήμης στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση αναλύονται παρακάτω.

Καλλιέργεια Επιστημονικής Σκέψης και Φυσικής Κατανόησης:

Ο κύριος στόχος είναι να αναπτυχθεί η ικανότητα των μαθητών να παρατηρούν, ερωτούν και διερευνούν φυσικά φαινόμενα, χρησιμοποιώντας την επιστημονική μέθοδο (με βάση πειράματα απλών υλικών ή παρατήρηση και ερμηνεία φυσικών φαινομένων). (Harlen, 2015, 45-47).

Ενθάρρυνση της Φυσικής Περιέργειας:

Ο κύριος στόχος είναι εδώ να εμπνεύσει την έμφυτη περιέργεια για τα φυσικά φαινόμενα (π.χ. βαρύτητα, μαγνητισμός) μέσα από δραστηριότητες που προκαλούν ερωτήματα. (Harlen, 2015, 47-48).

Διασύνδεση της Φυσικής με Καθημερινή Ζωή:

Στόχος είναι να δειχθεί πως οι φυσικές αρχές εφαρμόζονται σε καθημερινά πλαίσια (π.χ. μηχανές, καιρός). Αυτό βοηθάει στην καλύτερη κατανόηση της καθημερινότητας αλλά και την ομαλή ένταξη του ατόμου στην κοινωνία χωρίς αποκλεισμούς και διακρίσεις. (Eshach, 2006, 150-151).

Ανάπτυξη Δεξιοτήτων Συνεργασίας:

Στόχος η προώθηση της ομαδικής εργασίας σε πειραματικές δραστηριότητες (π.χ. κατασκευές, μετρήσεις). Οι θετικές επιστήμες ανέκαθεν βασίζονταν πάνω στην συλλογική μελέτη και τις πολλαπλές απόψεις των εμπλεκόμενων, έτσι αποτελούν ιδανικό έδαφος ανάπτυξης συνεργατικών δεξιοτήτων και ομαδικής δουλειάς.

Εισαγωγή σε Βασικές Φυσικές Έννοιες:

Αποσκοπεί στην επίτευξη της κατανόησης βασικών εννοιών (π.χ. δύναμη, ενέργεια) με απλά, ηλικιακά κατάλληλα πειράματα. Αυτές οι βασικές έννοιες θα βοηθήσουν τον μαθητή να κατανοήσει τον φυσικό κόσμο αλλά θα θέσουν και τις βάσεις για μια πιθανή μελλοντική ενασχόλησή του σε επιστημονικό επίπεδο με το αντικείμενο αυτό. (Allen, 2014, 30-31).

Ψηφιακή Επιστήμη και Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ):

Με τη χρήση ψηφιακών εργαλείων (π.χ. simulations, AI και διαδραστικών βιβλίων) αποσκοπείται η απεικόνιση των φυσικών φαινομένων. Μέσω της διαδικασίας αυτής κινητοποιείται η δημιουργικότητα, η φαντασία και η περιέργεια του μαθητή με αποτέλεσμα να οξύνεται το ενδιαφέρον του για την επιστήμη της φυσικής. (Fokides, 2020, 4-6).

Περιβαλλοντική Ευαισθητοποίηση:

Θα πρέπει οι φυσικές επιστήμες να συνδέονται με τη βιωσιμότητα (π.χ. ανανεώσιμες πηγές ενέργειας). Ο στόχος αυτός προαναφέρθηκε στους γενικούς στόχους της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, όμως σχετίζεται άμεσα με την κατανόηση και την βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών, αντικείμενα συνδεδεμένα με την φυσική επιστήμη.

Συμπερασματικά, η διδασκαλία της φυσικής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση στοχεύει στην επιστημονική γραμματοσύνη, την κριτική σκέψη και τη δημιουργική εμπλοκή με τον φυσικό κόσμο, ενσωματώνοντας καινοτομία και κοινωνικές αξίες.

3.2.3 Το περιεχόμενο της φυσικής στην Ε' και ΣΤ' Δημοτικού

Στην Ελλάδα, τα εγχειρίδια Φυσικής για τις τάξεις Ε' και ΣΤ' Δημοτικού περιέχουν τις παρακάτω ενότητες (Ζαρκανέλα, 2016):

Φυσικά Φαινόμενα και Επιστημονική Μέθοδος:

- Πειράματα: Απλά πειράματα με υλικά της καθημερινότητας (π.χ. μαγνήτες, νερό, φως).
- Στόχος: Κατανόηση της επιστημονικής μεθόδου (παρατήρηση, υπόθεση, πείραμα).

Η Ενέργεια και Μορφές της:

- Θέματα:
 - ☐ Κινητική και δυναμική ενέργεια (π.χ. κινούμενα αντικείμενα).
 - ☐ Ανανεώσιμες και μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
- Δραστηριότητες: Κατασκευή απλών μοντέλων (π.χ. ανεμογεννήτρια).

Ηλεκτρισμός και Μαγνητισμός:

- Βασικές Αρχές:
 - ☐ Απλά ηλεκτρικά κυκλώματα (μπαταρία, λαμπάκι).
 - ☐ Ιδιότητες μαγνητών (π.χ. πόλοι, έλξη/απώθηση).

Φως και Ήχος:

- Θέματα:
 - ☐ Ανάκλαση/Διάθλαση φωτός (π.χ. κάτοπτρα, πρίσματα).
 - ☐ Πώς διαδίδεται ο ήχος (π.χ. δονήσεις, μέσα διάδοσης).

Δομή της Ύλης:

- Εισαγωγικές Έννοιες:
 - ☐ Στερεά, υγρά, αέρια.
 - ☐ Απλές αλλαγές φάσης (π.χ. τήξη, εξάτμιση).

Βιωσιμότητα και Περιβάλλον:

- Σύνδεση Φυσικής-Περιβάλλοντος:
 - ☐ Ενεργειακή εξοικονόμηση.
 - ☐ Κλιματική αλλαγή (βασικές αρχές).

Όπως διαφαίνεται από την ανάλυση περιεχομένου του βιβλίου επιτυγχάνεται ο συνδυασμός θεωρίας με πρακτικές δραστηριότητες εστιάζοντας στην καθημερινή εφαρμογή των φυσικών φαινομένων. Δεν περιλαμβάνει μαθηματικές εξισώσεις, αλλά ποιοτικές εξηγήσεις και εικαστικά στοιχεία. Με τον τρόπο αυτό η επιστήμη της φυσικής γίνεται πιο προσιτή και απτή για τα παιδιά της ηλικίας αυτής.

3.2.4 Ρόλος της Πρακτικής Εργασίας στη Διδασκαλία της Φυσικής Επιστήμης στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση

Η διδασκαλία της Φυσικής Επιστήμης στο δημοτικό σχολείο υιοθετεί μια διαθεματική και βιωματική προσέγγιση, όπου η πρακτική εργασία λειτουργεί ως θεμελιώδης πυλώνας. Βασισμένη στις αρχές της ανακαλυπτικής μάθησης και του κατασκευαστικού μοντέλου (constructivism), η πρακτική εργασία μετατρέπει αφηρημένες έννοιες σε απτές εμπειρίες, ενισχύοντας τη γνωστική, κοινωνική και συναισθηματική ανάπτυξη των μαθητών (Piajet, 1950).

Ενεργός Εμπλοκή και Επιστημονική Σκέψη:

Οι μαθητές αλληλεπιδρούν άμεσα με φυσικά φαινόμενα μέσω πειραμάτων, όπως η μελέτη μαγνητικών δυνάμεων ή η διερεύνηση της διάθλασης του φωτός με πρίσματα. Σύμφωνα με τον Piaget, αυτή η χειραψία με αντικείμενα (concrete operational stage) ενισχύει τη λογική σκέψη και την κατανόηση αιτιακών σχέσεων. Παράλληλα, η προβληματοποίηση (π.χ., "Γιατί επιπλέουν τα αντικείμενα;") και η διαδικασία της υπόθεσης-πειράματος-συμπεράσματος καλλιεργούν την κριτική σκέψη (Piaget, 1950).

Ομαδική Συνεργασία και Επικοινωνία:

Η οργάνωση των μαθητών σε μικρές ομάδες για την εκτέλεση πειραμάτων (π.χ., κατασκευή απλών κυκλωμάτων) προάγει τη κοινωνική αλληλεπίδραση και τις δεξιότητες επικοινωνίας. Ο Vygotsky υπογραμμίζει ότι η μάθηση ενισχύεται μέσα σε ένα κοινωνικό πλαίσιο, όπου οι μαθητές μαθαίνουν μέσω της συζήτησης και της ανταλλαγής ιδεών (zone of proximal development) (Vygotsky, 1978).

Ψηφιακός και Επιστημονικός Γραμματισμός:

Η χρήση ψηφιακών εργαλείων (π.χ., simulations, αισθητήρων θερμοκρασίας) εισάγει τους μαθητές σε βασικές αρχές τεχνολογικού γραμματισμού, ενώ η καταγραφή και ανάλυση δεδομένων (π.χ., γραφικές παραστάσεις μετρήσεων) αναπτύσσει μαθηματικές δεξιότητες (Harlen, 2013).

Σύνδεση Θεωρίας και Πράξης:

Πειράματα όπως η κατασκευή ανεμογεννητριών ή η μελέτη της ενεργειακής κατανάλωσης στο σπίτι δείχνουν τη σχέση της Φυσικής με την καθημερινή ζωή. Αυτή η σύνδεση ενισχύει το ενδιαφέρον και την κίνηση για μάθηση, σύμφωνα με τη θεωρία της αυτοπροσδιορισμού (Deci & Ryan, 2000).

Συναισθηματική και Γνωστική Αυτονομία.

Η επιτυχής ολοκλήρωση πειραματικών δραστηριοτήτων (π.χ., μετρήσεις με θερμόμετρο) ενισχύει την αυτοπεποίθηση και την αίσθηση ικανότητας των μαθητών. Επιπλέον, η δραστηριότητα της γραπτής έκθεσης αποτελεσμάτων (π.χ.,

εργαστηριακό φύλλο) βοηθά στην εμπέδωση της γνώσης και στην ανάπτυξη επιστημονικής γραφής (Deci & Ryan, 2000).

Επομένως μια πρακτική εργασία για να χαρακτηριστεί ως επιτυχημένη πρέπει να πληροί τις παρακάτω προϋποθέσεις (Ng & Nguyen, 2006).

- Εκμάθηση των μαθητών να χειρίζονται και να κατανοούν την λειτουργία των εκάστοτε εργαλείων και γενικότερα του εξοπλισμού του πειράματος. Το περιβάλλον της διαδικασίας αυτής δύναται να είναι ομαδικό και να προσομοιάζει της επιστημονικής έρευνας που λαμβάνει χώρα σε ένα εργαστήριο.
- Τα αποτελέσματα και οι στόχοι της πειραματικής διαδικασίας χρήζουν μεγάλης σημασίας για τους μαθητές, καθώς πρέπει να μάθουν να διαχωρίζουν την θεωρία με την ίδια την πειραματική διαδικασία και τα αποτελέσματα που αυτή δίνει. Το πείραμα δεν υφίσταται δίχως θεωρία και ερμηνεία των αποτελεσμάτων του στην έρευνα.
- Το πείραμα να έχει οργανωθεί σωστά, ώστε τα στάδιά του να είναι κατανοητά από τους μαθητές και ο σκοπός τους να είναι ξεκάθαρος.
- Παροχή κατάλληλου χρόνου για την εκτέλεση του πειράματος, ώστε να γίνει αυτό κατανοητό από τους μαθητές αλλά και ο κάθε μαθητής να έχει τον χρόνο να εκτελέσει μέρος της διαδικασίας.

Οι λόγοι αξιοποίησης της πρακτικής εργασίας στο σχολείο και στο μάθημα των φυσικών επιστημών όπως αυτοί αναφέρονται από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς είναι οι εξής (SCORE, 2008):

- Η ενθάρρυνση των μαθητών για παρατηρήσεις φυσικών φαινομένων και επιστημονικές περιγραφές με ακρίβεια.
- Η ενδυνάμωση και διατήρηση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τον φυσικό κόσμο.
- Η προώθηση της λογικής και συλλογιστικής μεθόδου σκέψης. Βασικό ζητούμενο για την επαφή των μαθητών με τον τρόπο σκέψης και λειτουργίας της επιστημονικής έρευνας.

- Η εμφάνιση των φαινομένων με αληθοφανή τρόπο. Το πείραμα αποτελεί προσομοίωση της αλήθειας ή μιας θεωρίας του φυσικού κόσμου, η οποία επαληθεύεται ή απορρίπτεται.

Η πρακτική εργασία στη Φυσική Επιστήμη δεν αποσκοπεί μόνο στη μεταβίβαση γνώσεων, αλλά και στη δημιουργία ενεργών μαθητών-ερευνητών. Με βάση τις σύγχρονες παιδαγωγικές θεωρίες, η διδασκαλία μέσω πειραμάτων, ομαδικής εργασίας και τεχνολογικών εργαλείων καλλιεργεί τις δεξιότητες του 21ου αιώνα, προετοιμάζοντας τους μαθητές να ανταποκρίνονται σε ένα πολύπλοκο, επιστημονικά οργανωμένο κόσμο. Ένας κόσμος, ο οποίος έχει προοδεύσει τεχνολογικά και κοινωνικά χάρις στην πειραματική διαδικασία και έχει πλέον τα μέσα να την μεταδώσει πιο κατανοητή και εύπεπτη στις επόμενες γενιές. Τα μέσα αυτά είναι οι νέες τεχνολογίες, οι οποίες αποτελούν εργαλείο κομβικής σημασίας για την ένταξη περισσότερων πειραμάτων στο σχολικό περιβάλλον και ως εκ τούτου την ευκολότερη κατανόηση των φυσικών φαινομένων από τους μαθητές.

3.2.5 Το Πείραμα μέσα από τις εκπαιδευτικές προσεγγίσεις

Ο ρόλος του πειράματος στις τρεις κύριες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις- την παραδοσιακή, την ανακαλυπτική και την εποικοδομητική- έχει ορισμένες διαφορές αλλά προέρχεται από κοινή βάση. Παρακάτω παρουσιάζεται συνοπτικά ο ρόλος του πειράματος σε κάθε μία από αυτές, σύμφωνα με τη μελέτη τους (Koronen & Mäntylä, 2006):

Παραδοσιακή Προσέγγιση (Transmission Model):

- Ρόλος Πειράματος:
 - **Επιδεικτικό εργαλείο:** Το πείραμα χρησιμοποιείται για να επιβεβαιώσει θεωρίες ή νόμους που έχουν ήδη διδαχθεί θεωρητικά.
 - **Δομημένη διαδικασία:** Ο δάσκαλος καθοδηγεί βήμα-βήμα τους μαθητές, χωρίς να αφήνει χώρο για εξερεύνηση.
 - **Στόχος:** Εμπέδωση γνώσεων μέσω επανάληψης και παρατήρησης.

Παράδειγμα: Διαδραστική επίδειξη του νόμου του Ohm με προκαθορισμένα βήματα, όπου οι μαθητές μετρούν ρεύμα και τάση χωρίς να ελέγχουν μεταβλητές.

Η προσέγγιση αυτή περιορίζει τη δημιουργικότητα και δεν αναπτύσσει κριτική σκέψη, αφού οι μαθητές ακολουθούν τυφλά οδηγίες χωρίς να κατανοούν τη διαδικασία και χωρίς να την κάνουν «κτήμα» τους.

Ανακαλυπτική Προσέγγιση (Discovery Learning):

- Ρόλος Πειράματος:
 - Εργαλείο εξερεύνησης: Οι μαθητές ανακαλύπτουν έννοιες μέσω πειραμάτων, χωρίς προηγούμενη θεωρητική καθοδήγηση.
 - Ανοιχτή διαδικασία: Ο δάσκαλος δίνει το ζητούμενο (π.χ., «Διερευνήστε πώς η κλίση επηρεάζει την ταχύτητα ενός αντικειμένου»), αλλά όχι τη μέθοδο.
 - Στόχος: Ανάπτυξη ερευνητικών δεξιοτήτων (παρατήρηση, υπόθεση, συμπέρασμα).

Παράδειγμα: Πείραμα με κεκλιμένο επίπεδο, όπου οι μαθητές μεταβάλλουν ανεξάρτητα τη γωνία και μετρούν την ταχύτητα ενός κυλίνδρου.

Η παρούσα μέθοδος μπορεί να οδηγήσει σε παρερμηνείες αν οι μαθητές δεν έχουν επαρκές γνωστικό πλαίσιο. Επίσης, απαιτεί πολύ χρόνο και συχνά δυσχεραίνει την οργάνωση της τάξης.

Εποικοδομητική Προσέγγιση (Constructivist Approach):

- Ρόλος Πειράματος:
 - Εργαλείο κατανόησης: Το πείραμα συνδέεται με προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών και εξελίσσεται μέσα σε προβληματικά σενάρια.
 - Διαλεκτική διαδικασία: Ο δάσκαλος εισάγει το πρόβλημα (π.χ., «Γιατί μεγαλύτεροι τροχοί κινούνται πιο γρήγορα;»), οι μαθητές προτείνουν υποθέσεις και το πείραμα χρησιμοποιείται για να τις ελέγξουν.
 - Στόχος: Διερεύνηση και επαναπροσδιορισμός των ιδεών τους.

Παράδειγμα: Μελέτη της μηχανικής ενέργειας με πειράματα που συνδέουν την κινητική ενέργεια με τη μάζα και την ταχύτητα, όπου οι μαθητές συζητούν και διορθώνουν λανθασμένες αντιλήψεις (π.χ., «βαρύτερα αντικείμενα πέφτουν γρηγορότερα»).

Η προσέγγιση αυτή απαιτεί έμπειρους εκπαιδευτικούς που μπορούν να διαχειριστούν τις απροσδόκητες ερωτήσεις των μαθητών. Ωστόσο, είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος για βαθιά μάθηση.

3.2.6 Ο ρόλος του διδάσκοντα στην πειραματική διαδικασία

Παρακάτω γίνεται ανάλυση του ρόλου που δύναται να διατελέσει ο εκπαιδευτικός κατά την διάρκεια μιας πειραματικής διαδικασίας (Κώτσης, 2005):

1. Ως Διαμεσολαβητής (Mediator) και Ερμηνευτής: Στόχος του είναι να συνδέσει τις αισθητηριακές εμπειρίες των μαθητών (π.χ., παρατηρήσεις από πειράματα) με τις επιστημονικές έννοιες. Ο δάσκαλος πρέπει να αναγνωρίζει ότι οι μαθητές ερμηνεύουν τα φαινόμενα διαφορετικά λόγω προϋπαρχουσών, αισθητηριακών αντιλήψεων (π.χ., «ο Ήλιος κινείται γύρω από τη Γη»). Θα πρέπει να γίνεται χρήση συζητήσεων και ερωτήσεων κρίσης για να αποκαλυφθούν και να διορθωθούν αυτές τις αντιλήψεις.

Παράδειγμα: Αν οι μαθητές πιστεύουν ότι «όλα τα μέταλλα ελκύονται από μαγνήτες», ο δάσκαλος μπορεί να σχεδιάσει ένα πείραμα με αλουμίνιο και χαλκό, ζητώντας από τους μαθητές να εξηγήσουν τις διαφορές.

2. Ως Σχεδιαστής Εμπειριών Μάθησης: Στόχο του διδάσκοντα αποτελεί η δημιουργία πειραματικών δραστηριοτήτων που προκαλούν γνωστική σύγκρουση και ωθούν τους μαθητές να αναθεωρήσουν τις ιδέες τους. Στην πράξη, το πείραμα δεν πρέπει να είναι απλή επίδειξη, αλλά μια προβληματική κατάσταση (π.χ., «Γιατί ένα κουτί με νερό βυθίζεται, ενώ ένα πλοίο όχι;»). Ακόμα, μεγάλη σημασία έχει ο συνδυασμός ανοιχτών πειραμάτων όπου οι μαθητές ελέγχουν μεταβλητές με καθοδηγούμενη συζήτηση. Βασική αρχή της διδασκαλίας της πρακτικής εργασίας είναι ότι οι επιστημονικές έννοιες είναι αντι-αισθητηριακές (counter-intuitive) και απαιτούν ενεργή συμμετοχή για να αφομοιωθούν (επικοδομητική προσέγγιση).

3. Ως Παρατηρητής και Εκτιμητής: Βασικός του στόχος είναι να εντοπίζει ασυμφωνίες μεταξύ των στόχων του μαθήματος και της κατανόησης των μαθητών. Συγκεκριμένα, ο δάσκαλος πρέπει να παρακολουθεί πώς οι μαθητές ερμηνεύουν τις οδηγίες και τα αποτελέσματα (π.χ., μπορεί να πιστεύουν ότι ένα πείραμα «απέτυχε» αν δεν επιβεβαιώσει τις προσωπικές τους υποθέσεις). Επίσης, να χρησιμοποιεί ανατροφοδότηση για να διευκρινίσει σημεία σύγχυσης (π.χ., «Διαφωνείτε με τα αποτελέσματα; Πώς θα τα εξηγούσατε;»).

Παράδειγμα (McRobbie & Roth, 1997): Σε μια τάξη όπου 12 μαθητές μελέτησαν την κίνηση των σωμάτων, ο δάσκαλος υπέθετε ότι όλοι θα έβλεπαν το ίδιο φαινόμενο. Ωστόσο, κάποιοι επέμεναν στις δικές τους ερμηνείες (π.χ., «το βαρύτερο αντικείμενο έπεσε γρηγορότερα»), αγνοώντας τα πειραματικά δεδομένα.

4. Ως Προωθητής της Κοινωνικής Διαπραγμάτευσης: Κύριο στόχο του διδάσκοντα αποτελεί η διευκόλυνση της συλλογικής κατασκευής γνώσης μέσω ομαδικής εργασίας. Ειδικότερα, θα πρέπει να ενθαρρύνει τους μαθητές να συζητούν, να συγκρίνουν δεδομένα και να αμφισβητούν μεταξύ τους. Επιπλέον, να δημιουργεί «ζώνες εγγύς ανάπτυξης» (Vygotsky, 1978), όπου οι πιο γνώστες μαθητές υποστηρίζουν τους λιγότερο γνώστες.

Ορισμένες προκλήσεις και συστάσεις για τους εκπαιδευτικούς αναλύονται παρακάτω:

A. Δυσκολίες που Αντιμετωπίζουν οι Διδάσκοντες

1. Παραδοσιακή Εκπαίδευση: Πολλοί εκπαιδευτικοί έχουν μάθει να βλέπουν τα πειράματα ως επιβεβαιωτικά εργαλεία (παραδοσιακή προσέγγιση), και όχι ως εργαλεία διερεύνησης.
2. Ελλιπής Κατανόηση της εποικοδομητικής προσέγγισης: Δυσκολεύονται να αντιληφθούν ότι οι μαθητές δεν μαθαίνουν μέσω παθητικής παρατήρησης, αλλά μέσω δικής τους νοητικής δραστηριότητας.

B. Συστάσεις για Αλλαγή

- Επιμόρφωση Εκπαιδευτικών:

- Εκπαιδευτικά προγράμματα που τονίζουν τον ρόλο του διδάσκοντα ως «διαμεσολαβητή» και όχι ως «μεταδότη γνώσης».
- Εφαρμογές δραστηριοτήτων μετάβασης (π.χ., από την απλή παρατήρηση στη συζήτηση και την επανερμηνεία).
- Χρήση Ενδεικτικών Πειραμάτων:
 - Πειράματα που προκαλούν γνωστική δυσαρμονία (π.χ., «Γιατί ένα μπαλόνι με ήλιο ανεβαίνει, ενώ με αέρα όχι;») για να ενισχύσουν την κριτική σκέψη.

Συμπερασματικά, ο ιδανικός ρόλος του διδάσκοντα στην πειραματική διαδικασία είναι:

1. Να μην θεωρεί τις «απαντήσεις» των μαθητών ως λάθος, αλλά ως ευκαιρία για διερεύνηση.
2. Να σχεδιάζει δραστηριότητες που βασίζονται στις προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών.
3. Να μετατρέπει το εργαστήριο σε χώρο διαπραγμάτευσης γνώσης, όπου οι μαθητές οικοδομούν ενεργά τις επιστημονικές έννοιες.

Η αλλαγή αυτή απαιτεί ριζική μεταμόρφωση της εκπαιδευτικής πρακτικής, η οποία πρέπει να ξεκινήσει από την ακαδημαϊκή και επαγγελματική επιμόρφωση των εκπαιδευτικών.

3.2.7 Η σημασία της χρήσης απλών μέσων για τα πειράματα

Οι στόχοι των πειραμάτων στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τέσσερις βασικούς άξονες: γνωστικούς, γνωστικής ανάπτυξης, συναισθηματικούς και κοινωνικούς. Αυτοί οι άξονες δεν λειτουργούν ανεξάρτητα, αλλά αλληλοσυμπληρώνονται, συμβάλλοντας στην ολόπλευρη ανάπτυξη των μαθητών.

Οι γνωστικοί στόχοι αφορούν την κατανόηση βασικών επιστημονικών εννοιών και αρχών. Μέσω πειραμάτων, οι μαθητές εξοικειώνονται με φυσικά φαινόμενα, όπως ο μαγνητισμός και η ανάκλαση του φωτός, και κατανοούν αιτιακές σχέσεις, όπως

το γιατί ένα πλοίο επιπλέει. Σύμφωνα με τη θεωρία της ενεργητικής μάθησης (Piaget, Bruner), η συμμετοχή των μαθητών σε πρακτικές δραστηριότητες ενισχύει τη γνώση τους. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το πείραμα με τη στρωματοποίηση υγρών, όπου τα παιδιά παρατηρούν τη διαφορετική πυκνότητα του νερού, του λαδιού και του σιροπιού.

Οι στόχοι γνωστικής ανάπτυξης αφορούν την καλλιέργεια επιστημονικών δεξιοτήτων και κριτικής σκέψης. Μέσα από τη διαδικασία της επιστημονικής μεθόδου – παρατήρηση, υπόθεση, πείραμα, συμπέρασμα – οι μαθητές μαθαίνουν να ερευνούν και να εξάγουν συμπεράσματα. Η εποικοδομητική προσέγγιση της μάθησης (Vygotsky) υπογραμμίζει τη σημασία της αλληλεπίδρασης και της ενεργής συμμετοχής. Ένα παράδειγμα εφαρμογής είναι η κατασκευή γεφυρών από χαρτόνι, μέσα από την οποία τα παιδιά αναπτύσσουν τη χωρική τους σκέψη και κατανοούν την αντοχή των υλικών.

Οι συναισθηματικοί στόχοι επικεντρώνονται στην ενίσχυση της αυτοπεποίθησης και της εγγενούς κινητοποίησης των μαθητών. Μέσα από επιτυχημένες εμπειρίες, τα παιδιά μειώνουν το άγχος τους απέναντι στις θετικές επιστήμες και αναπτύσσουν θετική στάση απέναντι στη μάθηση. Η θεωρία του αυτοπροσδιορισμού (Deci & Ryan) δείχνει ότι η αυτονομία και η αίσθηση επιτυχίας ενισχύουν το ενδιαφέρον των μαθητών. Ένα πείραμα με φυτά, όπου τα παιδιά παρακολουθούν την ανάπτυξή τους, τους δίνει την ευκαιρία να νιώσουν ικανοποίηση μέσα από τη φροντίδα και τη συνέπεια στην παρατήρηση.

Τέλος, οι κοινωνικοί στόχοι αφορούν την ανάπτυξη συνεργασίας και επικοινωνίας. Μέσα από ομαδικά πειράματα, οι μαθητές μαθαίνουν να ανταλλάσσουν ιδέες, να συντονίζονται και να συμβάλλουν συλλογικά στην επίλυση προβλημάτων. Η κοινωνικοκατασκευαστική μάθηση (Vygotsky) υπογραμμίζει τη σημασία της κοινωνικής αλληλεπίδρασης στη γνώση. Ένα παράδειγμα είναι η ομαδική μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου, όπου οι μαθητές μοιράζονται αρμοδιότητες και συλλέγουν δεδομένα από κοινού.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτοί οι στόχοι είναι αλληλένδετοι. Για παράδειγμα, ένα πείραμα για τον μαγνητισμό μπορεί ταυτόχρονα να βοηθήσει

τους μαθητές να κατανοήσουν τις ιδιότητες των μαγνητών (γνωστικός στόχος), να αναπτύξουν την ικανότητα παρατήρησης (γνωστική ανάπτυξη), να συνεργαστούν (κοινωνικός στόχος) και να νιώσουν ικανοποίηση από το αποτέλεσμα (συναισθηματικός στόχος).

Συνοψίζοντας, τα πειράματα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση δεν είναι απλώς διασκεδαστικές δραστηριότητες, αλλά αποτελούν ουσιαστικά εργαλεία για την ολόπλευρη ανάπτυξη του παιδιού. Η επιτυχία τους εξαρτάται από τον προσεκτικό σχεδιασμό και την ικανότητα του εκπαιδευτικού να ενσωματώνει και τους τέσσερις στόχους στη διδακτική πρακτική.

Η χρήση απλών υλικών στα πειράματα Φυσικής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση αποτελεί μια αποτελεσματική και προσιτή μέθοδο διδασκαλίας, που ενισχύει την κατανόηση των φυσικών φαινομένων από τους μαθητές. Η αξιοποίηση τέτοιων υλικών, σε συνδυασμό με την οπτικοποίηση των πειραμάτων, μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την εκπαιδευτική διαδικασία (Ζαρκανέλα, 2016).

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μέσω πειραμάτων αποτελεί βασικό πυλώνα της εκπαιδευτικής διαδικασίας, καθώς επιτρέπει στους μαθητές να κατανοήσουν εμπειρικά τις θεωρητικές έννοιες. Η χρήση απλών, καθημερινών υλικών στα πειράματα αυτά προσφέρει πολλαπλά οφέλη, καθιστώντας την επιστήμη προσιτή και ενδιαφέρουσα για τους μαθητές.

Η αξιοποίηση υλικών καθημερινής χρήσης στα πειράματα Φυσικής παρουσιάζει διάφορα διδακτικά πλεονεκτήματα:

- Προσβασιμότητα και Οικονομία: Τα απλά υλικά είναι εύκολα διαθέσιμα και οικονομικά, επιτρέποντας την εκτέλεση πειραμάτων χωρίς την ανάγκη εξειδικευμένου εργαστηριακού εξοπλισμού. Αυτό διευκολύνει την επανάληψη των πειραμάτων στο σπίτι, ενισχύοντας την αυτονομία και την αυτοπεποίθηση των μαθητών (Κώτσης, 2025, 39-140).
- Σύνδεση με την Καθημερινή Ζωή: Η χρήση γνωστών αντικειμένων βοηθά τους μαθητές να συνδέσουν τις επιστημονικές έννοιες με την καθημερινότητά τους, καθιστώντας τη μάθηση πιο σχετική και κατανοητή (Κώτσης, 2025, 141).

- Ενίσχυση της Δημιουργικότητας και της Κριτικής Σκέψης: Οι μαθητές ενθαρρύνονται να σχεδιάσουν και να εκτελέσουν πειράματα χρησιμοποιώντας απλά υλικά, καλλιεργώντας την ικανότητά τους για επίλυση προβλημάτων και ενίσχυση της δημιουργικότητας.

Ακόμα, η οπτικοποίηση των πειραμάτων μέσω βιντεοσκοπήσεων και άλλων τεχνολογικών μέσων μπορεί να ενισχύσει την κατανόηση των φυσικών φαινομένων. Η καταγραφή των πειραμάτων επιτρέπει την επαναληπτική παρακολούθηση, διευκολύνοντας την κατανόηση πολύπλοκων εννοιών και διαδικασιών. Επιπλέον, η οπτικοποίηση μπορεί να λειτουργήσει ως γέφυρα μεταξύ της θεωρίας και της πρακτικής εφαρμογής, καθιστώντας τη μάθηση πιο ελκυστική και αποτελεσματική (Ζαρκανέλα, 2016, 61-63).

Η ενσωμάτωση πειραμάτων με απλά υλικά στην εκπαιδευτική διαδικασία μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους:

- Πειράματα Επίδειξης από τον Εκπαιδευτικό: Ο εκπαιδευτικός μπορεί να χρησιμοποιήσει απλά υλικά για να επιδείξει φυσικά φαινόμενα στην τάξη, προκαλώντας το ενδιαφέρον και την περιέργεια των μαθητών.
- Ομαδικά Πειράματα: Οι μαθητές μπορούν να εργαστούν σε ομάδες για να σχεδιάσουν και να εκτελέσουν πειράματα, ενισχύοντας τη συνεργασία και την επικοινωνία.
- Ατομικά Πειράματα στο Σπίτι: Η χρήση καθημερινών υλικών επιτρέπει στους μαθητές να επαναλάβουν τα πειράματα στο σπίτι, εμβαθύνοντας την κατανόησή τους και ενισχύοντας την αυτονομία τους.

Παρά τα πλεονεκτήματα, η χρήση απλών υλικών στα πειράματα Φυσικής μπορεί να παρουσιάσει και ορισμένες προκλήσεις:

- Ακρίβεια Μετρήσεων: Τα απλά υλικά ενδέχεται να μην προσφέρουν την ακρίβεια που παρέχει ο εξειδικευμένος εργαστηριακός εξοπλισμός, επηρεάζοντας την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

- Ασφάλεια: Παρόλο που τα καθημερινά υλικά θεωρούνται γενικά ασφαλή, απαιτείται προσοχή και κατάλληλη καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό για την αποφυγή ατυχημάτων.
- Περιορισμοί σε Πολύπλοκα Πειράματα: Ορισμένα φυσικά φαινόμενα μπορεί να είναι δύσκολο να αναπαραχθούν με απλά υλικά, περιορίζοντας το εύρος των πειραμάτων που μπορούν να πραγματοποιηθούν.

Τέλος, η χρήση απλών υλικών στα πειράματα φυσικής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, καθιστώντας την επιστήμη προσιτή, ενδιαφέρουσα και σχετική με την καθημερινή ζωή των μαθητών.

Κεφάλαιο 4. Το πείραμα της τριβής και της διάδοσης του ήχου στο δημοτικό σχολείο

4.1 Πείραμα Τριβής

Οι μαθητές συνήθως δυσκολεύονται να κατανοήσουν την έννοια της τριβής και τα σχετικά φαινόμενα. Στα σχολεία πρωτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και στις εισαγωγικές εξετάσεις των πανεπιστημίων μαθήματα φυσικής, το θέμα αυτό συχνά δεν λαμβάνει την προσοχή που του αξίζει.

Έχει σχεδιαστεί μια διδακτική προσέγγιση για τη διδασκαλία της τριβής μεταξύ στερεών σωμάτων, βασισμένη σε μια παιδαγωγική αναδόμηση της σχετικής φυσικής και στα αποτελέσματα ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών.

Η προσέγγιση ξεκινά με επιδείξεις που αναδεικνύουν διαφορετικούς τύπους τριβής. Στη συνέχεια, εκτελούνται πειράματα που παρακινούν τους μαθητές να εξαγάγουν ποσοτικές σχέσεις υπό τη μορφή φαινομενολογικών νόμων. Επιπλέον, προτείνονται μοντέλα που απεικονίζουν τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στις επιφάνειες των σωμάτων που βρίσκονται σε επαφή, βοηθώντας έτσι τους μαθητές να κατανοήσουν τους μηχανισμούς που παράγουν την τριβή.

4.2. Εισαγωγή στη Διδασκαλία της Τριβής

Η τριβή είναι μια δύναμη που επηρεάζει σχεδόν όλες τις καθημερινές δραστηριότητες, αλλά συχνά παραμένει ανεπαρκώς κατανοητή από τους μαθητές.

Παραδοσιακά, η διδασκαλία της φυσικής παρουσιάζει την τριβή ως μια εμπειρική δύναμη που υπακούει στους νόμους του Amontons και του Coulomb. Ωστόσο, οι νόμοι αυτοί δεν εξηγούν τους μηχανισμούς που προκαλούν την τριβή, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένες αντιλήψεις.

Για να βελτιώσουμε τη διδακτική προσέγγιση, σχεδιάζουμε μια σειρά πειραμάτων που βοηθούν τους μαθητές να διαμορφώσουν μια βαθύτερη κατανόηση του φαινομένου. Η πειραματική περιγραφή είναι ενδεικτική και δεν αναφέρεται σε λεπτομέρειες λειτουργώντας απλά και μόνο ως αναφορά για το συγκεκριμένο αντικείμενο μελέτης (Besson et al., 2007).

Πειράματα και Εκπαιδευτικά Μοντέλα

1. Επιδείξεις διαφορετικών τύπων τριβής:

□ Χρησιμοποιώντας καθημερινά αντικείμενα, όπως βιβλία, χαρτί και γυαλόχαρτο, οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν την επίδραση της τριβής στην κίνηση. Αυτό συμβαίνει κινώντας κάποιο αντικείμενο σε σχέση με την εκάστοτε εξεταζόμενη επιφάνεια.

2. Πειράματα για τον προσδιορισμό της σχέσης μεταξύ δύναμης και τριβής:

□ Οι μαθητές χρησιμοποιούν δυναμόμετρα και επιφάνειες διαφορετικής τραχύτητας για να κατανοήσουν τον ρόλο της μικροδομής των υλικών.

3. Μοντέλα της τριβής σε μικροσκοπικό επίπεδο:

□ Οι μαθητές διερευνούν πώς οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ ατόμων και μορίων συμβάλλουν στην τριβή. Ακόμα, πώς αυτές οι αλληλεπιδράσεις δημιουργούν την διαφορετική τραχύτητα των επιφανειών και τους διαφορετικούς σχηματισμούς του. Η παρούσα μελέτη γίνεται με την χρήση μικροσκοπίου για την ενδελεχή μελέτη των επιφανειών.

Η προσέγγιση που προτείνουμε επιτρέπει στους μαθητές να κατανοήσουν την τριβή όχι μόνο ως μια εμπειρική δύναμη, αλλά και ως ένα φυσικό φαινόμενο με συγκεκριμένους μηχανισμούς. Μέσω των πειραμάτων και των μοντέλων, μπορούν να αναπτύξουν μια πιο ολοκληρωμένη και διαισθητική κατανόηση του θέματος.

4.3 Πείραμα Διάδοσης Ήχου

Ομοίως με το αντίστοιχο αντικείμενο της τριβής, ο ήχος αποτελεί ένα δυσνόητο και περίπλοκο φαινόμενο. Παρόλο που από την γέννησή του ο άνθρωπος είναι σε επαφή με ηχητικά κύματα, η κατανόηση της διάδοσής τους είναι περίπλοκη για τους μαθητές του δημοτικού σχολείου. Αυτός είναι και ο λόγος που τα πειράματα διάδοσης ήχου δύνανται να ακολουθούν τα παρακάτω μοτίβα έτσι ώστε να γίνουν κατανοητά από τους μαθητές.

Για τον σκοπό αυτό, έχει σχεδιαστεί μια διδακτική προσέγγιση που εστιάζει στο φυσικό φαινόμενο της διάδοσης του ήχου, λαμβάνοντας υπόψη τις αντιλήψεις των μαθητών και τα αποτελέσματα ερευνών στη διδακτική της φυσικής. Η προσέγγιση περιλαμβάνει επιδείξεις και πειράματα που βοηθούν τους μαθητές να διαμορφώσουν ποσοτικές σχέσεις και να αντιληφθούν τους μηχανισμούς που διέπουν το φαινόμενο (Γεωργαντά, 2015).

Εισαγωγή στη Διδασκαλία της Διάδοσης του Ήχου

Ο ήχος είναι ένα κύμα που μεταδίδεται μέσω υλικών μέσων, όπως ο αέρας, το νερό και τα στερεά. Παρόλο που οι μαθητές μπορούν εύκολα να αναγνωρίσουν την ύπαρξη του ήχου στην καθημερινή ζωή, η κατανόηση της διάδοσής του συχνά βασίζεται σε απλουστευμένες ή λανθασμένες αντιλήψεις.

Στην παραδοσιακή διδασκαλία, η διάδοση του ήχου περιγράφεται με γενικούς εμπειρικούς νόμους, χωρίς να δίνεται έμφαση στους μικροσκοπικούς μηχανισμούς που τη διέπουν. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, σχεδιάστηκε μια σειρά πειραμάτων που επιτρέπουν στους μαθητές να κατανοήσουν τη σχέση μεταξύ του ήχου και των φυσικών ιδιοτήτων του μέσου μέσα στο οποίο διαδίδεται (Πιλάτου, Χ.Χ.).

Πειράματα και Εκπαιδευτικά Μοντέλα

1. Επιδείξεις διάδοσης ήχου σε διαφορετικά μέσα:

- ☐ Οι μαθητές παρατηρούν τη μετάδοση του ήχου στον αέρα, στο νερό και σε στερεά σώματα χρησιμοποιώντας ηχητικές πηγές, όπως διαπασών και μεγάφωνα.

2. Πειράματα μέτρησης της ταχύτητας του ήχου:

□ Με τη χρήση αισθητήρων ή ηχητικών παλμών, οι μαθητές μπορούν να μετρήσουν την ταχύτητα του ήχου σε διαφορετικά υλικά και να εξάγουν σχέσεις μεταξύ ταχύτητας, πυκνότητας και ελαστικότητας του μέσου.

3. Μοντέλα της διάδοσης ήχου σε μικροσκοπικό επίπεδο:

□ Οι μαθητές διερευνούν πώς τα μόρια ενός υλικού μεταδίδουν την ηχητική ενέργεια μέσω συγκρούσεων και δονήσεων, ενισχύοντας την κατανόηση των μηχανισμών διάδοσης.

Η προτεινόμενη προσέγγιση βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν τον ήχο όχι μόνο ως ένα καθημερινό φαινόμενο, αλλά και ως ένα φυσικό φαινόμενο με συγκεκριμένους μηχανισμούς. Μέσα από πειράματα και μοντέλα, οι μαθητές μπορούν να αποκτήσουν μια πιο ολοκληρωμένη και διαισθητική κατανόηση της διάδοσης του ήχου.

ΜΕΡΟΣ Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ (ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΟ ΡΟΜΠΟΤ EDISON V2.0)

Κεφάλαιο 1. Πειράματα ήχου

Πείραμα 1^ο: Ανάκλαση του Ήχου

Ενότητα:

Φυσικά Ε Δημοτικού – Ήχος: Ανάκλαση και Απορρόφηση του Ήχου.

Στόχος:

Να κατανοήσουν οι μαθητές ότι τα ηχητικά κύματα αλλάζουν κατεύθυνση, δηλαδή ο ήχος ανακλάται, όταν συναντήσει λεία και σκληρή επιφάνεια.

Υλικά:

- 1 φορητό ηχείο
- 1 ρομπότ Edison V2
- 4 μπαταρίες AAA για την τροφοδοσία του ρομπότ
- 1 usb stick στο οποίο έχουμε αποθηκεύσει τον ήχο που θα αναπαράγει το φορητό ηχείο
- Αρχείο ήχου «EXPLODE» (το οποίο επισυνάπτεται)
- Λογισμικό «code_file» με το οποίο έχουμε προγραμματίσει το ρομπότ (το αρχείο «code_file» επισυνάπτεται)
- Αντικείμενο/α, π.χ. πλαστικό δοχείο/τάπερ, τα οποία χρησιμεύουν στην τοποθέτηση του ρομπότ έτσι ώστε να βρίσκεται σχεδόν στο ίδιο ύψος με την πηγή του ήχου
- Επιφάνεια λεία και σκληρή (π.χ. ένα κουτί με γυαλιστερή/σκληρή επιφάνεια όπως αυτό που κρατώ στην εικόνα «Εικόνα 1» και παρουσιάζεται στην αρχή του βίντεο «Ανάκλαση Ήχου»)



Εικόνα 1

Τρόπος λειτουργίας του ηχείου

Το usb stick έχει αποθηκευμένο ένα και μοναδικό αρχείο, το αρχείο ήχου «EXPLODE» το οποίο επισυνάπτεται.

Το ηχείο, όταν πατάμε το κουμπί «αναπαραγωγή» τότε κατ' επανάληψη αναπαράγει το αρχείο ήχου «EXPLODE» που βρίσκεται στο usb stick μέχρις ότου πατήσουμε το κουμπί «παύση αναπαραγωγής».

Λογισμικό του Edison

Το ρομπότ Edison είναι προγραμματισμένο με το λογισμικό «code_file» το οποίο επισυνάπτεται. Όταν πατήσουμε το τρίγωνο κουμπί του ρομπότ τότε το ρομπότ αρχίζει να εκτελεί το λογισμικό αυτό όπου:

- A. Το ρομπότ ανάβει τα 2 φώτα Led του και τα διατηρεί αναμμένα μέχρις ότου να αντιληφθεί κάποιον ήχο (όσο δεν αντιλαμβάνεται κάποιον ήχο τότε απλά περιμένει με αναμμένα τα 2 Led του).
- B. Όταν αντιληφθεί κάποιον ήχο τότε επαναλαμβάνει 3 φορές το παρακάτω σύνολο ενεργειών:
 - Σβήνει τα 2 Led του και τα διατηρεί σβηστά για 1 δευτερόλεπτο
 - Εκπέμπει 1 beep
 - Ανάβει τα 2 Led του τα οποία διατηρεί αναμμένα για 1 δευτερόλεπτο.
- Γ. Τερματίζεται η εκτέλεση του λογισμικού και το ρομπότ μπαίνει σε κατάσταση αναμονής όπου αναβοσβήνει εναλλάξ τα 2 Led του.

Προετοιμασία

Πριν την εκτέλεση του πειράματος:

1. Συνδέουμε το usb στο ηχείο.
2. Ενεργοποιούμε το ηχείο το οποίο είναι σε κατάσταση αναμονής (όταν πατηθεί το κουμπί «αναπαραγωγή» θα αρχίσει να αναπαράγει τον ήχο «EXPLODE»).
3. Ενεργοποιούμε το ρομπότ Edison το οποίο είναι σε κατάσταση αναμονής αναβοσβήνοντας εναλλάξ τα 2 Led του (όταν πατηθεί το τρίγωνο κουμπί στο επάνω μέρος του ρομπότ, τότε θα αρχίσει να εκτελεί το λογισμικό με το οποίο είναι προγραμματισμένο και το περιγράψαμε προηγουμένως).

Εκτέλεση – παρατηρήσεις:

Τοποθετούμε το ηχείο όρθιο, με την έξοδο του ήχου να έχει κατεύθυνση προς τα επάνω, όπως φαίνεται στο βίντεο «Ανάκλαση Ήχου». Τοποθετούμε το πλαστικό δοχείο σε μικρή απόσταση από το ηχείο και επάνω του τοποθετούμε το ρομπότ. Έτσι το ρομπότ βρίσκεται σχεδόν στο ίδιο ύψος με την πηγή του ήχου και σε μικρή απόσταση από αυτήν (δείτε εικόνες «Εικόνα 2», «Εικόνα 3», «Εικόνα 4»).



Πατάμε το τρίγωνο κουμπί του ρομπότ στο επάνω μέρος του ώστε να αρχίσει να εκτελεί το λογισμικό με το οποίο το έχουμε προγραμματίσει. Συνεπώς το ρομπότ ανάβει τα 2 Led του και τα διατηρεί αναμμένα έως ότου να αντιληφθεί κάποιον ήχο.

Κατόπιν πατάμε το κουμπί «αναπαραγωγή» του ηχείου και παρατηρούμε ότι ο ήχος που αναπαράγεται από το ηχείο δεν γίνεται αντιληπτός από το ρομπότ. Αυτό αλλάζει μόλις πλησιάσουμε τη λεία και σκληρή επιφάνεια (το κουτί) επάνω από την έξοδο του ήχου. Ειδικότερα, τη στιγμή που θα πλησιάσουμε το κουτί με τη λεία και σκληρή επιφάνεια επάνω από την έξοδο του ήχου, με κλίση προς το ρομπότ, όπως φαίνεται στο βίντεο «Ανάκλαση Ήχου», τότε παρατηρούμε ότι το ρομπότ αντιλαμβάνεται αμέσως τον ήχο και «αντιδρά», εκτελώντας 3 φορές το σύνολο των ενεργειών που περιγράφεται στην ενότητα «Υλικά – λογισμικό – προετοιμασία: Β».

Συμπεράσματα:

Στην αρχή του πειράματος, χωρίς τη χρήση της λείας και σκληρής επιφάνειας, ο ήχος συνέχιζε την πορεία του προς το επάνω μέρος του δωματίου και συνεπώς το ρομπότ δεν τον αντιλαμβανόταν.

Στη συνέχεια, όταν χρησιμοποιήσαμε τη λεία και σκληρή επιφάνεια, τα ηχητικά κύματα, προσπίπτοντας σε αυτήν, άλλαξαν κατεύθυνση, δηλαδή έγινε ανάκλαση του ήχου, ο οποίος οδηγήθηκε προς το ρομπότ το οποίο τον αντιλήφθηκε.

Άρα ο ήχος ανακλάται από τις λείες και σκληρές επιφάνειες.

Πείραμα 2^ο: Απορρόφηση του Ήχου: Εκδοχή 1^η

Ενότητα:

Φυσικά Ε Δημοτικού – Ήχος: Ανάκλαση και Απορρόφηση του Ήχου.

Στόχος:

Να κατανοήσουν οι μαθητές ότι ο ήχος απορροφάται από τα μαλακά και πορώδη υλικά.

Υλικά:

- 1 φορητό ηχείο
- 1 ρομπότ Edison V2 από το οποίο αφαιρέσαμε τους τροχούς
- 4 μπαταρίες AAA για την τροφοδοσία του ρομπότ
- 1 usb stick στο οποίο έχουμε αποθηκεύσει τον ήχο που θα αναπαράγει το φορητό ηχείο
- Αρχείο ήχου «EXPLODE» (το οποίο επισυνάπτεται)
- Λογισμικό «code_file» με το οποίο έχουμε προγραμματίσει το ρομπότ (το αρχείο «code_file» επισυνάπτεται)
- 1 σφουγγάρι
- 1 κασκόλ
- 1 άδειο κουτί με σκληρές επιφάνειες (το άδειο κουτί έχει περίπου τις ίδιες διαστάσεις με το σφουγγάρι όπως φαίνεται τόσο στο βίντεο «Απορρόφηση Ήχου - χρήση κουτιού» όσο και στις εικόνες «Εικόνα 1», «Εικόνα 2»)



Τρόπος λειτουργίας του ηχείου

Όμοια με το πείραμα «Πείραμα 1^ο: Ανάκλαση του ήχου».

Λογισμικό του Edison

Όμοια με το πείραμα «Πείραμα 1^ο: Ανάκλαση του ήχου».

Προετοιμασία

Πριν την εκτέλεση του πειράματος:

1. Συνδέουμε το usb στο ηχείο.
2. Ενεργοποιούμε το ηχείο το οποίο είναι σε κατάσταση αναμονής (όταν πατηθεί το κουμπί «αναπαραγωγή» θα αρχίσει να αναπαράγει τον ήχο «EXPLODE»).
3. Ενεργοποιούμε το ρομπότ Edison το οποίο είναι σε κατάσταση αναμονής αναβοσβήνοντας εναλλάξ τα 2 Led του (όταν πατηθεί το τρίγωνο κουμπί στο επάνω μέρος του ρομπότ, τότε θα αρχίσει να εκτελεί το λογισμικό με το οποίο είναι προγραμματισμένο και το περιγράψαμε προηγουμένως).
4. Αφαιρούμε τους τροχούς του ρομπότ (Εικόνα 3) έτσι ώστε να εφάπτεται τέλεια με την επάνω πλευρά του ρομπότ όποιο αντικείμενο (με επίπεδη πλευρά) τοποθετήσουμε στο επάνω μέρος του ρομπότ.
5. Διπλώνουμε το κασκόλ.



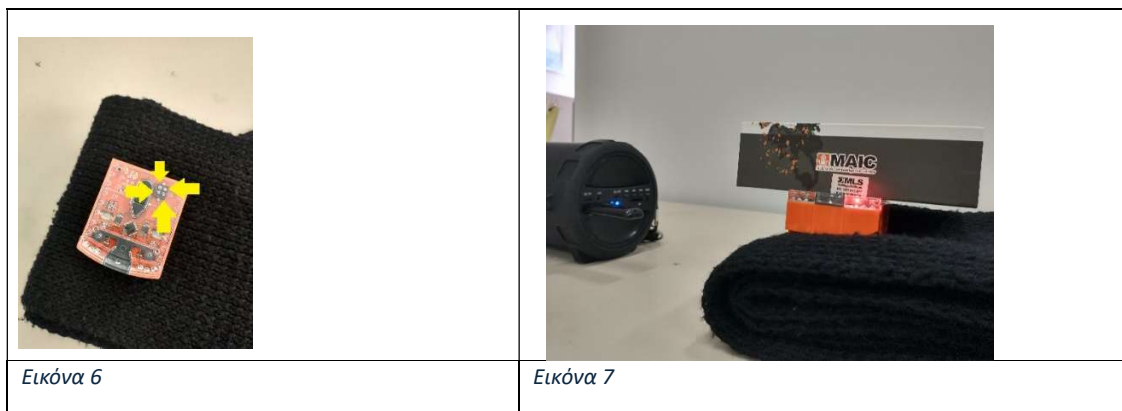
Εκτέλεση – παρατηρήσεις:

Τοποθετούμε το ηχείο οριζόντια σε μια επιφάνεια (π.χ. τραπέζι). Στην ίδια επιφάνεια, μπροστά από την έξοδο του ήχου, τοποθετούμε το διπλωμένο κασκόλ και επάνω στο κασκόλ τοποθετούμε το ρομπότ όπως φαίνεται στο βίντεο «Απορρόφηση Ήχου - χρήση κουτιού» και στις εικόνες «Εικόνα 4», «Εικόνα 5». Τοποθετήσαμε το ρομπότ επάνω στο κασκόλ έτσι ώστε να απομονώσουμε τυχόν δονήσεις-ταλαντώσεις που θα προκληθούν στην επιφάνεια του τραπεζιού από τον ήχο και οι οποίες θα γινόταν αντιληπτές από τον αισθητήρα ήχου του ρομπότ. Έτσι εξασφαλίζουμε ότι αν ο αισθητήρας ήχου αντιληφθεί ήχο, αυτό θα οφείλεται στις ταλαντώσεις του αέρα και όχι στις ταλαντώσεις της επιφάνειας του τραπεζιού.



Πατάμε το τρίγωνο κουμπί του ρομπότ στο επάνω μέρος του ώστε να αρχίσει να εκτελεί το λογισμικό με το οποίο το έχουμε προγραμματίσει. Συνεπώς το ρομπότ ανάβει τα 2 Led του και τα διατηρεί αναμμένα έως ότου να αντιληφθεί κάποιον ήχο.

Έπειτα τοποθετούμε το κουτί με τις σκληρές επιφάνειες στο επάνω μέρος του ρομπότ ώστε να καλύπτει τον αισθητήρα ήχου του ρομπότ ο οποίος βρίσκεται στο επάνω τμήμα του ρομπότ όπως φαίνεται στο βίντεο «Απορρόφηση Ήχου - χρήση κουτιού». Ο αισθητήρας του ρομπότ φαίνεται καθαρά στην εικόνα «Εικόνα 6». Το κουτί καλύπτει πλήρως τον αισθητήρα αφού εφάπτεται με την επάνω επιφάνεια του ρομπότ μιας και αφαιρέσαμε τους τροχούς του ρομπότ (Εικόνα 7).



Κατόπιν πατάμε το κουμπί «αναπαραγωγή» του ηχείου και παρατηρούμε ότι το ρομπότ αντιλαμβάνεται τον ήχο και «αντιδρά» εκτελώντας 3 φορές το σύνολο των ενεργειών που περιγράφεται στην ενότητα «Υλικά – λογισμικό – προετοιμασία: Β».

Έπειτα εκτελούμε το ίδιο ακριβώς πείραμα διατηρώντας τα πάντα σταθερά (ίδια θέση ηχείου, ίδια ένταση του ηχείου, ίδιος ήχος που εκπέμπεται από το ηχείο, ίδια θέση και απόσταση του ρομπότ από το ηχείο, ίδιο λογισμικό που εκτελείται από το ρομπότ) εκτός από το εξής: Θα αφαιρέσουμε το κουτί με τις σκληρές επιφάνειες από το επάνω τμήμα του ρομπότ και στη θέση του θα τοποθετήσουμε αυτή τη φορά ένα πορώδες και μαλακό υλικό, ένα σφουγγάρι (Εικόνα 8). Η πλευρά του σφουγγαριού με την οποία το τοποθετούμε επάνω στο ρομπότ είναι επίπεδη και συνεπώς εφάπτεται με την επάνω πλευρά του ρομπότ και καλύπτει πλήρως τον αισθητήρα ήχου του (δείτε εικόνα «Εικόνα 9»).



Εκτελώντας λοιπόν ξανά το πείραμα με το σφουγγάρι στο επάνω τμήμα του ρομπότ αυτή τη φορά, παρατηρούμε ότι το ρομπότ δεν αντιλαμβάνεται τον ήχο ο οποίος εκπέμπεται από το ηχείο.

Συμπεράσματα:

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι κατά την 2^η εκτέλεση του πειράματος (με το σφουγγάρι να καλύπτει τον αισθητήρα ήχου του ρομπότ), το ρομπότ δεν ανιλήφθηκε τις ταλαντώσεις του ήχου στον αέρα επειδή αυτές απορροφήθηκαν από το σφουγγάρι. Αντίθετα κατά την 1^η εκτέλεση του πειράματος (με το κουτί με τις σκληρές επιφάνειες να καλύπτει τον αισθητήρα ήχου του ρομπότ), το ρομπότ ανιλήφθηκε τις ταλαντώσεις του ήχου στον αέρα οι οποίες δεν απορροφήθηκαν από τις σκληρές επιφάνειες του κουτιού. Με απλά λόγια, το μαλακό και πορώδες υλικό του σφουγγαριού απορρόφησε τον ήχο ενώ το σκληρό υλικό του κουτιού δεν τον απορρόφησε.

Σε περίπτωση που κάποιος υποθέσει ότι ο ήχος που έγινε ανιληπτός κατά την 1^η εκτέλεση του πειράματος (με το κουτί με τις σκληρές επιφάνειες να καλύπτει τον αισθητήρα ήχου του ρομπότ) οφείλεται στις ταλαντώσεις – δονήσεις που προκάλεσε ο ήχος στην επιφάνεια του τραπεζιού και όχι στις ταλαντώσεις που προκάλεσε ο ήχος στον αέρα, τότε αυτή η υπόθεση καταρρίπτεται αφού παρατηρήσουμε το παρακάτω: Αν ο ήχος που έγινε ανιληπτός κατά την 1^η

εκτέλεση του πειράματος οφείλονταν στις ταλαντώσεις – δονήσεις που προκάλεσε ο ήχος στην επιφάνεια του τραπέζιού, τότε, οι ίδιες ταλαντώσεις – δονήσεις θα έπρεπε να γίνουν αντιληπτές από τον αισθητήρα ήχου και κατά τη 2^η εκτέλεση του πειράματος, κάτι που δεν συνέβη. Άρα η υπόθεση αυτή απορρίπτεται. Άρα οι ταλαντώσεις που προκάλεσε ο ήχος στον αέρα είναι αυτές που έγιναν αντιληπτές κατά την 1^η εκτέλεση του πειράματος. Άρα το σκληρό υλικό του κουτιού δεν απορρόφησε τον ήχο (τις ταλαντώσεις του αέρα) για αυτό έγινε αντιληπτός ο ήχος από το ρομπότ. Ενώ κατά την 2^η εκτέλεση του πειράματος ο ήχος απορροφήθηκε από το μαλακό και πορώδες υλικό του σφουγγαριού και δεν έγινε αντιληπτός από το ρομπότ.

Άρα ο ήχος απορροφάται από τα μαλακά και πορώδη υλικά.

Πείραμα 3^ο: Απορρόφηση του Ήχου: Εκδοχή 2^η

Ενότητα:

Φυσικά Ε Δημοτικού – Ήχος: Ανάκλαση και Απορρόφηση του Ήχου.

Στόχος:

Να κατανοήσουν οι μαθητές ότι ο ήχος απορροφάται από τα μαλακά και πορώδη υλικά.

Υλικά:

- 1 φορητό ηχείο
- 1 ρομπότ Edison V2 από το οποίο αφαιρέσαμε τους τροχούς
- 4 μπαταρίες AAA για την τροφοδοσία του ρομπότ
- 1 usb stick στο οποίο έχουμε αποθηκεύσει τον ήχο που θα αναπαράγει το φορητό ηχείο
- Αρχείο ήχου «EXPLODE» (το οποίο επισυνάπτεται)
- Λογισμικό «code_file» με το οποίο έχουμε προγραμματίσει το ρομπότ (το αρχείο «code_file» επισυνάπτεται)
- 1 σφουγγάρι
- 1 κασκόλ

- 1 κομμάτι ξύλου

Τρόπος λειτουργίας του ηχείου

Όμοια με το πείραμα «Πείραμα 1^ο: Ανάκλαση του ήχου».

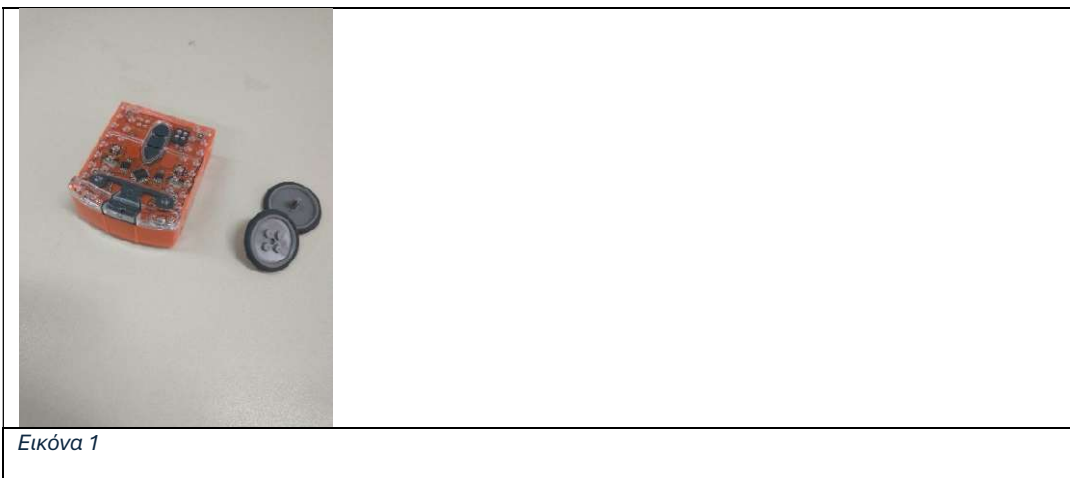
Λογισμικό του Edison

Όμοια με το πείραμα «Πείραμα 1^ο: Ανάκλαση του ήχου».

Προετοιμασία

Πριν την εκτέλεση του πειράματος:

1. Συνδέουμε το usb στο ηχείο.
2. Ενεργοποιούμε το ηχείο το οποίο είναι σε κατάσταση αναμονής (όταν πατηθεί το κουμπί «αναπαραγωγή» θα αρχίσει να αναπαράγει τον ήχο «EXPLODE»).
3. Ενεργοποιούμε το ρομπότ Edison το οποίο είναι σε κατάσταση αναμονής αναβοσβήνοντας εναλλάξ τα 2 Led του (όταν πατηθεί το τρίγωνο κουμπί στο επάνω μέρος του ρομπότ, τότε θα αρχίσει να εκτελεί το λογισμικό με το οποίο είναι προγραμματισμένο και το περιγράψαμε προηγουμένως).
4. Αφαιρούμε τους τροχούς του ρομπότ (Εικόνα 1) έτσι ώστε να εφάπτεται τέλεια με την επάνω πλευρά του ρομπότ όποιο αντικείμενο (με επίπεδη πλευρά) τοποθετήσουμε στο επάνω μέρος του ρομπότ.
5. Διπλώνουμε το κασκόλ.



Εικόνα 1

Εκτέλεση – παρατηρήσεις:

Τοποθετούμε το ηχείο οριζόντια σε μια επιφάνεια (π.χ. τραπέζι). Στην ίδια επιφάνεια, μπροστά από την έξοδο του ήχου, τοποθετούμε το διπλωμένο κασκόλ και επάνω στο κασκόλ τοποθετούμε το ρομπότ όπως φαίνεται στο βίντεο «Απορρόφηση Ήχου - χρήση κομματιού ξύλου» και στις εικόνες «Εικόνα 2», «Εικόνα 3», «Εικόνα 4». Τοποθετήσαμε το ρομπότ επάνω στο κασκόλ έτσι ώστε να απομονώσουμε τυχόν δονήσεις-ταλαντώσεις που θα προκληθούν στην επιφάνεια του τραπεζιού από τον ήχο και οι οποίες θα γινόταν αντιληπτές από τον αισθητήρα ήχου του ρομπότ. Έτσι εξασφαλίζουμε ότι αν ο αισθητήρας ήχου αντιληφθεί ήχο, αυτό θα οφείλεται στις ταλαντώσεις του αέρα και όχι στις ταλαντώσεις της επιφάνειας του τραπεζιού.



Πατάμε το τρίγωνο κουμπί του ρομπότ στο επάνω μέρος του ώστε να αρχίσει να εκτελεί το λογισμικό με το οποίο το έχουμε προγραμματίσει. Συνεπώς το ρομπότ ανάβει τα 2 Led του και τα διατηρεί αναμμένα έως ότου να αντιληφθεί κάποιον ήχο.

Έπειτα τοποθετούμε το κομμάτι ξύλου στο επάνω μέρος του ρομπότ ώστε να καλύπτει τον αισθητήρα ήχου του ρομπότ ο οποίος βρίσκεται στο επάνω τμήμα του ρομπότ όπως φαίνεται στο βίντεο «Απορρόφηση Ήχου - χρήση κομματιού ξύλου» και στην «Εικόνα 5». Ο αισθητήρας του ρομπότ φαίνεται καθαρά στην εικόνα «Εικόνα 6» (<https://www.youtube.com/watch?v=3yvNEAbUeg4> και <https://meetedison.com/edison-robots-sensors/> πηγές: βίντεο από το επίσημο

κανάλι και ιστοσελίδα της κατασκευάστριας εταιρίας του ρομπότ, που δείχνει τη θέση του αισθητήρα). Το κομμάτι ξύλου καλύπτει πλήρως τον αισθητήρα αφού εφάπτεται με την επάνω επιφάνεια του ρομπότ μιας και αφαιρέσαμε τους τροχούς του ρομπότ (Εικόνα 7).



Κατόπιν πατάμε το κουμπί «αναπαραγωγή» του ηχείου και παρατηρούμε ότι το ρομπότ αντιλαμβάνεται τον ήχο και «αντιδρά» εκτελώντας 3 φορές το σύνολο των ενεργειών που περιγράφεται στην ενότητα «Υλικά – λογισμικό – προετοιμασία: Β».

Έπειτα εκτελούμε το ίδιο ακριβώς πείραμα διατηρώντας τα πάντα σταθερά (ίδια θέση ηχείου, ίδια ένταση του ηχείου, ίδιος ήχος που εκπέμπεται από το ηχείο, ίδια θέση και απόσταση του ρομπότ από το ηχείο, ίδιο λογισμικό που εκτελείται από το ρομπότ) εκτός από το εξής: Θα αφαιρέσουμε το κομμάτι ξύλου από το επάνω τμήμα του ρομπότ και στη θέση του θα τοποθετήσουμε αυτή τη φορά ένα πορώδες και μαλακό υλικό, ένα σφουγγάρι (Εικόνα 8). Η πλευρά του σφουγγαριού με την οποία το τοποθετούμε επάνω στο ρομπότ είναι επίπεδη και συνεπώς εφάπτεται με την επάνω πλευρά του ρομπότ και καλύπτει πλήρως τον αισθητήρα ήχου του (δείτε εικόνα «Εικόνα 9»).



Εκτελώντας λοιπόν ξανά το πείραμα με το σφουγγάρι στο επάνω τμήμα του ρομπότ αυτή τη φορά, παρατηρούμε ότι το ρομπότ δεν αντιλαμβάνεται τον ήχο ο οποίος εκπέμπεται από το ηχείο.

Συμπεράσματα:

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι κατά την 2^η εκτέλεση του πειράματος (με το σφουγγάρι να καλύπτει τον αισθητήρα ήχου του ρομπότ), το ρομπότ δεν ανιλήφθηκε τις ταλαντώσεις του ήχου στον αέρα επειδή αυτές απορροφήθηκαν από το σφουγγάρι. Αντίθετα κατά την 1^η εκτέλεση του πειράματος (με το κομμάτι ξύλου να καλύπτει τον αισθητήρα ήχου του ρομπότ), το ρομπότ ανιλήφθηκε τις ταλαντώσεις του ήχου στον αέρα οι οποίες δεν απορροφήθηκαν από τις σκληρές επιφάνειες του ξύλου. Με απλά λόγια, το μαλακό και πορώδες υλικό του σφουγγαριού απορρόφησε τον ήχο ενώ το σκληρό υλικό του ξύλου δεν τον απορρόφησε.

Σε περίπτωση που κάποιος υποθέσει ότι ο ήχος που έγινε αντιληπτός κατά την 1^η εκτέλεση του πειράματος (με το κομμάτι ξύλου να καλύπτει τον αισθητήρα ήχου του ρομπότ) οφείλεται στις ταλαντώσεις – δονήσεις που προκάλεσε ο ήχος στην επιφάνεια του τραπεζιού και όχι στις ταλαντώσεις που προκάλεσε ο ήχος στον αέρα, τότε αυτή η υπόθεση καταρρίπτεται αφού παρατηρήσουμε το παρακάτω: Αν ο ήχος που έγινε αντιληπτός κατά την 1^η εκτέλεση του πειράματος οφείλονταν στις ταλαντώσεις – δονήσεις που προκάλεσε ο ήχος στην επιφάνεια του τραπεζιού, τότε, οι ίδιες ταλαντώσεις – δονήσεις θα έπρεπε να γίνουν αντιληπτές από τον

αισθητήρα ήχου και κατά τη 2^η εκτέλεση του πειράματος, κάτι που δεν συνέβη. Άρα η υπόθεση αυτή απορρίπτεται. Άρα οι ταλαντώσεις που προκάλεσε ο ήχος στον αέρα είναι αυτές που έγιναν αντιληπτές κατά την 1^η εκτέλεση του πειράματος. Άρα το σκληρό υλικό του ξύλου δεν απορρόφησε τον ήχο (τις ταλαντώσεις του αέρα) για αυτό έγινε αντιληπτός ο ήχος από το ρομπότ. Ενώ κατά την 2^η εκτέλεση του πειράματος ο ήχος απορροφήθηκε από το μαλακό και πορώδες υλικό του σφουγγαριού και δεν έγινε αντιληπτός από το ρομπότ.

Άρα ο ήχος απορροφάται από τα μαλακά και πορώδη υλικά.

Πείραμα 4^ο: Απορρόφηση του Ήχου: Εκδοχή 3^η

Ενότητα:

Φυσικά Ε Δημοτικού – Ήχος: Ανάκλαση και Απορρόφηση του Ήχου.

Στόχος:

Να κατανοήσουν οι μαθητές ότι ο ήχος απορροφάται από τα μαλακά και πορώδη υλικά.

Υλικά:

- 1 φορητό ηχείο
- 1 ρομπότ Edison V2
- 4 μπαταρίες AAA για την τροφοδοσία του ρομπότ
- 1 usb stick στο οποίο έχουμε αποθηκεύσει τον ήχο που θα αναπαράγει το φορητό ηχείο
- Αρχείο ήχου «EXPLODE» (το οποίο επισυνάπτεται)
- Λογισμικό «code_file» με το οποίο έχουμε προγραμματίσει το ρομπότ (το αρχείο «code_file» επισυνάπτεται)
- Αντικείμενο/α, π.χ. πλαστικό δοχείο/τάπερ, τα οποία χρησιμεύουν στην τοποθέτηση του ρομπότ έτσι ώστε να βρίσκεται σχεδόν στο ίδιο ύψος με την πηγή του ήχου
- Επιφάνεια λεία και σκληρή (π.χ. ένα κουτί με γυαλιστερή/σκληρή επιφάνεια όπως αυτό που κρατώ στην εικόνα «Εικόνα 1» και παρουσιάζεται στην αρχή

του βίντεο «Απορρόφηση Ήχου – 3η εκδοχή»). Το συγκεκριμένο κουτί αποτελούσε τη συσκευασία μπαταρίας laptop.

- Μαλακό και πορώδες υλικό (σφουγγάρι) το οποίο όπως φαίνεται στο βίντεο «Απορρόφηση Ήχου – 3η εκδοχή» στο σημείο 0:42 – 0:48 και στην εικόνα «Εικόνα 2». Το συγκεκριμένο σφουγγάρι αποτελούσε προστατευτικό υλικό της μπαταρίας laptop της οποίας η συσκευασία ήταν το κουτί που περιγράψαμε ακριβώς πιο πριν.



Τρόπος λειτουργίας του ηχείου

Όμοια με το πείραμα «Πείραμα 1^ο: Ανάκλαση του ήχου».

Λογισμικό του Edison

Όμοια με το πείραμα «Πείραμα 1^ο: Ανάκλαση του ήχου».

Προετοιμασία

Όμοια με το πείραμα «Πείραμα 1^ο: Ανάκλαση του ήχου».

Εκτέλεση – παρατηρήσεις:

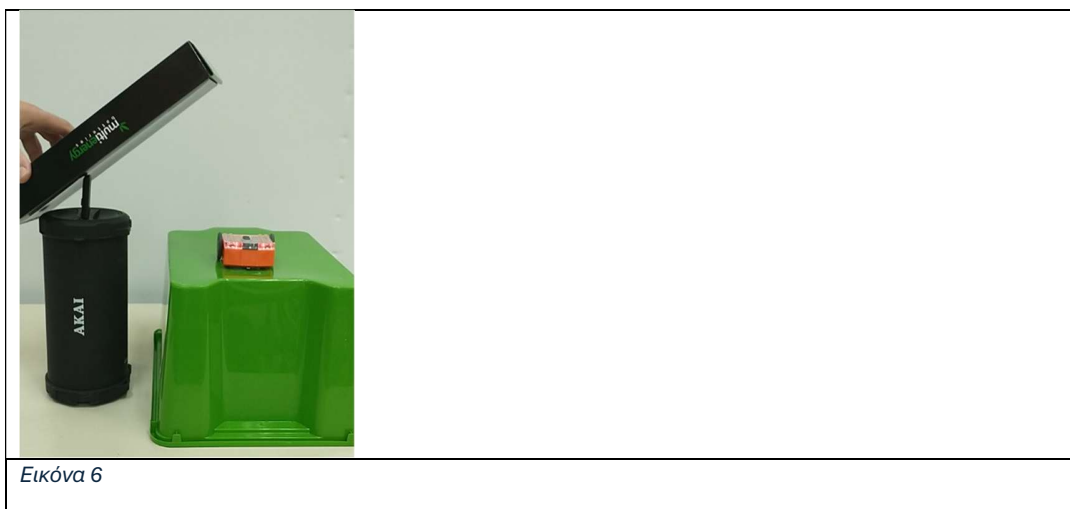
Τοποθετούμε το ηχείο όρθιο, με την έξοδο του ήχου να έχει κατεύθυνση προς τα επάνω, όπως φαίνεται στο βίντεο «Απορρόφηση Ήχου – 3η εκδοχή». Τοποθετούμε

το πλαστικό δοχείο σε μικρή απόσταση από το ηχείο και επάνω του τοποθετούμε το ρομπότ. Έτσι το ρομπότ βρίσκεται σχεδόν στο ίδιο ύψος με την πηγή του ήχου και σε μικρή απόσταση από αυτήν (δείτε εικόνες «Εικόνα 3», «Εικόνα 4», «Εικόνα 5»).

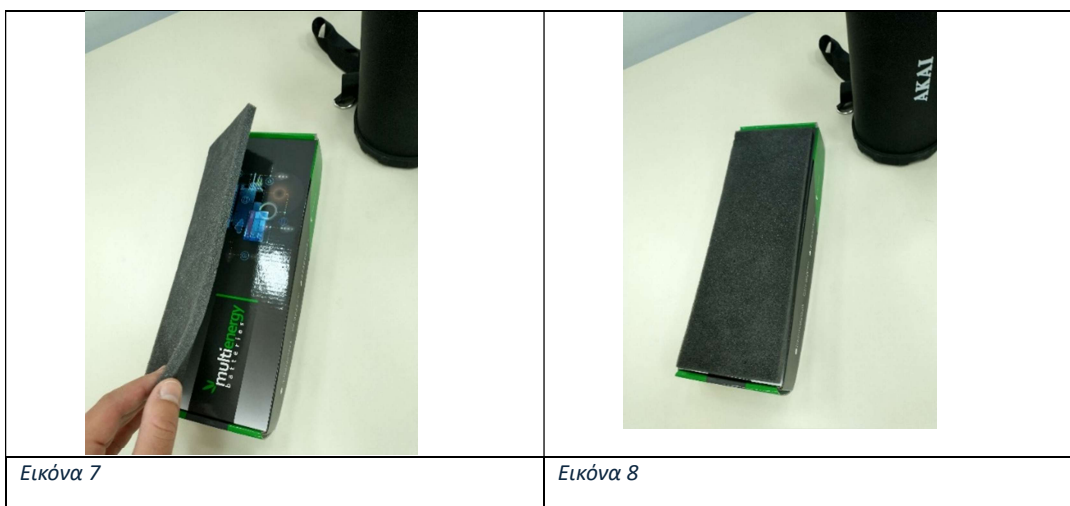


Πατάμε το τρίγωνο κουμπί του ρομπότ στο επάνω μέρος του ώστε να αρχίσει να εκτελεί το λογισμικό με το οποίο το έχουμε προγραμματίσει. Συνεπώς το ρομπότ ανάβει τα 2 Led του και τα διατηρεί αναμμένα έως ότου να αντιληφθεί κάποιον ήχο.

Κατόπιν πατάμε το κουμπί «αναπαραγωγή» του ηχείου και παρατηρούμε ότι ο ήχος που αναπαράγεται από το ηχείο δεν γίνεται αντιληπτός από το ρομπότ. Αυτό αλλάζει μόλις πλησιάσουμε τη λεία και σκληρή επιφάνεια (το κουτί) επάνω από την έξοδο του ήχου. Ειδικότερα, τη στιγμή που θα πλησιάσουμε το κουτί με τη λεία και σκληρή επιφάνεια επάνω από την έξοδο του ήχου, με κλίση προς το ρομπότ, όπως φαίνεται στο βίντεο «Απορρόφηση Ήχου – 3η εκδοχή» και στην «Εικόνα 6» τότε παρατηρούμε ότι το ρομπότ αντιλαμβάνεται αμέσως τον ήχο και αντιδρά» εκτελώντας 3 φορές το σύνολο των ενεργειών που περιγράφεται στην ενότητα «Υλικά – λογισμικό – προετοιμασία: Β».



Έπειτα εκτελούμε το ίδιο ακριβώς πείραμα διατηρώντας τα πάντα σταθερά (ίδια θέση ηχείου, ίδια ένταση του ηχείου, ίδιος ήχος που εκπέμπεται από το ηχείο, ίδια θέση του ρομπότ σε σχέση με το ηχείο, ίδια απόσταση του ρομπότ από το ηχείο, ίδιο λογισμικό που εκτελείται από το ρομπότ) εκτός από το εξής: Στη πλευρά του κουτιού, η οποία θα βρεθεί επάνω από την έξοδο του ήχου καθώς θα πλησιάζουμε το κουτί στο επάνω μέρος του ηχείου, θα έχουμε τοποθετήσει το σφουγγάρι (μαλακό και πορώδες υλικό). Το σφουγγάρι που τοποθετούμε στη πλευρά του κουτιού καλύπτει εξ 'ολοκλήρου την πλευρά αυτή (δείτε «Εικόνα 7», «Εικόνα 8»).



Εκτελώντας λοιπόν ξανά το πείραμα με την πλευρά του κουτιού καλυμμένη με το σφουγγάρι αυτή τη φορά, παρατηρούμε ότι το ρομπότ δεν αντιλαμβάνεται τον ήχο

και δεν «αντιδρά» (δείτε 1:10 – 1:15 στο βίντεο «Απορρόφηση Ήχου – 3η εκδοχή» και «Εικόνα 9»).



Εικόνα 9

Συμπεράσματα:

Στην αρχή του πειράματος, χωρίς τη χρήση της λείας και σκληρής επιφάνειας, ο ήχος συνέχιζε την πορεία του προς το επάνω μέρος του δωματίου και συνεπώς το ρομπότ δεν τον αντιλαμβανόταν.

Στη συνέχεια, όταν πλησιάσαμε το κουτί με τη λεία και σκληρή επιφάνειά του, τα ηχητικά κύματα, προσπίπτοντας σε αυτήν, αλλά άλλαξαν κατεύθυνση (δεν απορροφήθηκαν, αλλά ανακλάστηκαν), και οδηγήθηκαν προς το ρομπότ το οποίο τα αντιλήφθηκε.

Αντίθετα, όταν ξανα-εκτελέσαμε το πείραμα με την πλευρά του κουτιού καλυμμένη με το σφουγγάρι, το ρομπότ δεν αντιλήφθηκε τον ήχο επειδή ο ήχος απορροφήθηκε από το σφουγγάρι με το οποίο ήταν καλυμμένη η πλευρά του κουτιού.

Άρα ο ήχος απορροφάται από τα μαλακά και πορώδη υλικά.

Πείραμα 5^ο: Διάδοση του Ήχου

Ενότητα:

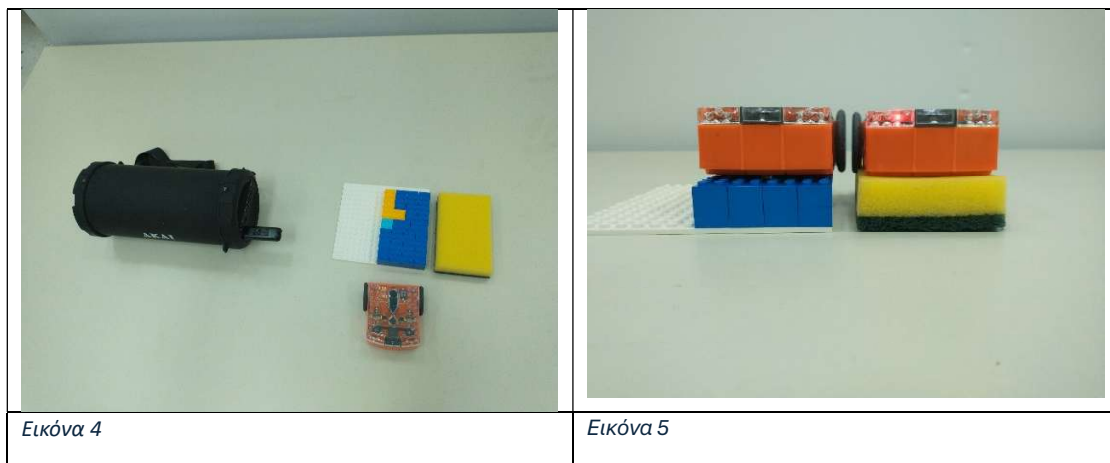
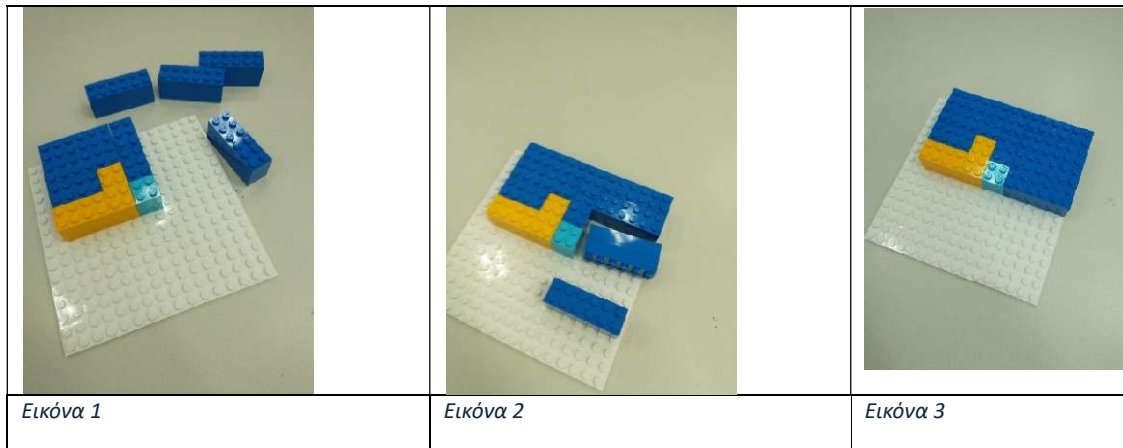
Φυσικά Ε Δημοτικού – Ήχος: Διάδοση του Ήχου.

Στόχος:

Να κατανοήσουν οι μαθητές ότι ο ήχος διαδίδεται ευκολότερα στα στερεά σε σχέση με τα αέρια.

Υλικά:

- 1 φορητό ηχείο
- 1 ρομπότ Edison V2
- 4 μπαταρίες AAA για την τροφοδοσία του ρομπότ
- 1 usb stick στο οποίο έχουμε αποθηκεύσει τον ήχο που θα αναπαράγει το φορητό ηχείο
- Αρχείο ήχου «EXPLODE» (το οποίο επισυνάπτεται)
- Λογισμικό «code_file» με το οποίο έχουμε προγραμματίσει το ρομπότ (το αρχείο «code_file» επισυνάπτεται)
- 1 σφουγγάρι
- Αντικείμενο το οποίο να είναι σκληρό και να έχει τις ίδιες διαστάσεις με το σφουγγάρι. Ειδικότερα, χρησιμοποιήθηκαν τουβλάκια Lego για την κατασκευή του (δείτε «Εικόνα 1», «Εικόνα 2», «Εικόνα 3»). Σημειώνουμε ότι:
 - Η επιφάνεια της κατασκευής Lego επάνω στην οποία θα ακουμπά απευθείας το ρομπότ αποτελείται από τα τουβλάκια με μπλε, κίτρινο και γαλάζιο χρώμα. Η επιφάνεια αυτή έχει το ίδιο εμβαδό με την επιφάνεια του σφουγγαριού (δείτε «Εικόνα 4»).
 - Η λευκή επιφάνεια Lego χρησιμοποιήθηκε για δύο λόγους: Πρώτος λόγος είναι για να συγκρατεί τα τουβλάκια με μπλε, κίτρινο και γαλάζιο χρώμα. Δεύτερος λόγος είναι για να έχει η συνολική κατασκευή ίσο ακριβώς ύψος με το ύψος που έχει το σφουγγάρι (δείτε «Εικόνα 5» όπου και τα δύο ρομπότ βρίσκονται στο ίδιο ύψος)



Τρόπος λειτουργίας του ηχείου

Όμοια με το πείραμα «Πείραμα 1^ο: Ανάκλαση του ήχου».

Λογισμικό του Edison

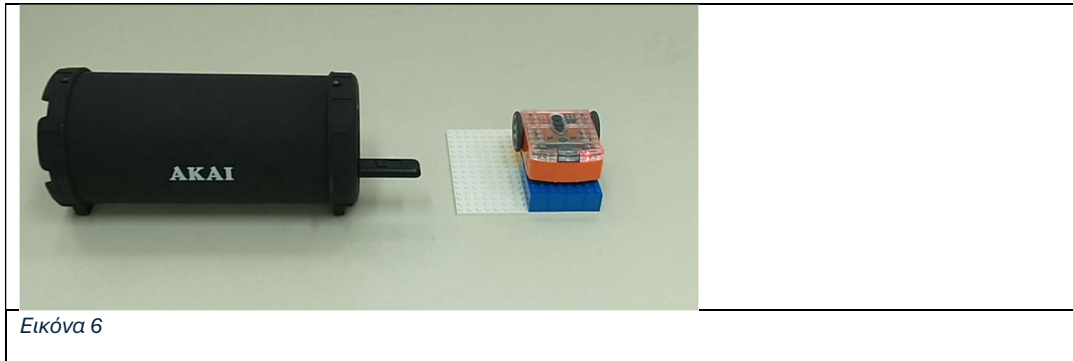
Όμοια με το πείραμα «Πείραμα 1^ο: Ανάκλαση του ήχου».

Προετοιμασία

Όμοια με το πείραμα «Πείραμα 1^ο: Ανάκλαση του ήχου».

Εκτέλεση – παρατηρήσεις:

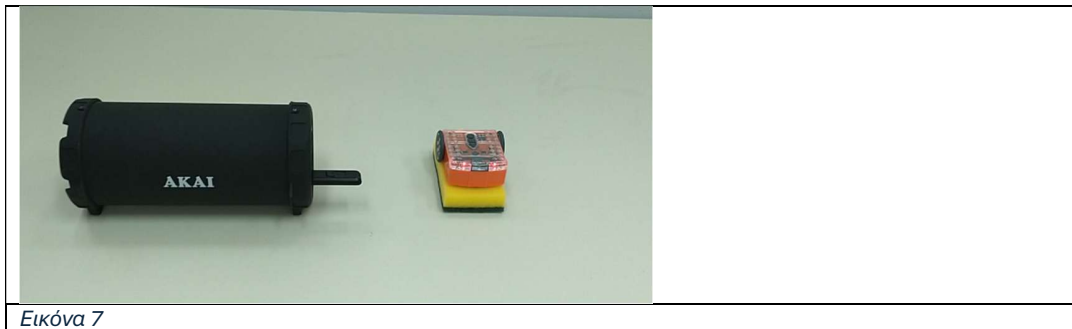
Τοποθετούμε το ηχείο οριζόντια σε μια σκληρή επιφάνεια (π.χ. τραπέζι). Τοποθετούμε την Lego κατασκευή μας, η οποία αποτελείται από σκληρό υλικό και έχει σκληρές επιφάνειες, μπροστά από την έξοδο του ήχου. Έπειτα τοποθετούμε το ρομπότ επάνω στην Lego κατασκευή μας (δείτε 0:09 – 0:13 στο βίντεο «Διάδοση Ήχου _ Στερεά vs Αέρια και «Εικόνα 6»).



Πατάμε το τρίγωνο κουμπί του ρομπότ στο επάνω μέρος του ώστε να αρχίσει να εκτελεί το λογισμικό με το οποίο το έχουμε προγραμματίσει. Συνεπώς το ρομπότ ανάβει τα 2 Led του και τα διατηρεί αναμμένα έως ότου να αντιληφθεί κάποιον ήχο.

Κατόπιν πατάμε το κουμπί «αναπαραγωγή» του ηχείου και παρατηρούμε ότι το ρομπότ αντιλαμβάνεται τον ήχο και «αντιδρά» εκτελώντας 3 φορές το σύνολο των ενεργειών που περιγράφεται στην ενότητα «Υλικά – λογισμικό – προετοιμασία: Β».

Έπειτα εκτελούμε το ίδιο ακριβώς πείραμα διατηρώντας τα πάντα σταθερά (ίδια θέση ηχείου, ίδια ένταση του ηχείου, ίδιος ήχος που εκπέμπεται από το ηχείο, ίδια απόσταση του ρομπότ από το ηχείο, ίδιο ύψος του ρομπότ σε σχέση με πριν, ίδιο λογισμικό που εκτελείται από το ρομπότ) εκτός από το εξής: Το ρομπότ δεν θα ακουμπά στη σκληρή Lego κατασκευή στην οποία ήταν τοποθετημένο πριν αλλά θα το τοποθετήσουμε επάνω σε ένα πορώδες και μαλακό υλικό, σε ένα σφουγγάρι όπως φαίνεται στο βίντεο «Διάδοση Ήχου _ Στερεά vs Αέρια» και στην εικόνα «Εικόνα 7».



Τονίζουμε ότι τοποθετώντας το ρομπότ επάνω στο σφουγγάρι, η θέση του δεν άλλαξε ως προς το ύψος σε σχέση με το ύψος που βρίσκονταν όταν ήταν τοποθετημένο στην Lego κατασκευή (όπως αποδεικνύεται από την εικόνα «Εικόνα 5» και από το τέλος του βίντεο «Διάδοση Ήχου _ Στερεά vs Αέρια», δηλαδή από το 55^ο δευτερόλεπτο έως το τέλος του).

Εκτελώντας λοιπόν ξανά το πείραμα με το ρομπότ να ακουμπά επάνω στο σφουγγάρι αυτή τη φορά, παρατηρούμε ότι το ρομπότ δεν αντιλαμβάνεται τον ήχο ο οποίος εκπέμπεται από το ηχείο.

Συμπεράσματα:

Παρατηρούμε ότι κατά την 1^η εκτέλεση του πειράματος (με το ρομπότ να ακουμπά στην Lego κατασκευή) το ρομπότ αντιλήφθηκε τον ήχο ενώ κατά τη 2^η εκτέλεση του πειράματος (με το ρομπότ να ακουμπά στο σφουγγάρι) το ρομπότ δεν τον αντιλήφθηκε. Συνεπώς, το άθροισμα των ηχητικών κυμάτων (ηχητικά κύματα στον αέρα + ηχητικά κύματα - δονήσεις στην επιφάνεια του τραπεζιού και κατ' επέκταση στην κατασκευή Lego) της 1^{ης} εκτέλεσης του πειράματος είναι μεγαλύτερο από το άθροισμα των ηχητικών κυμάτων της 2^{ης} εκτέλεσής του.

Όμως, τόσο κατά την 1^η εκτέλεση του πειράματος όσο και κατά τη 2^η εκτέλεσή του τα ηχητικά κύματα που φτάνουν στον αισθητήρα ήχου του ρομπότ μέσω του αέρα είναι τα ίδια, μιας και διατηρήσαμε σταθερή την ένταση του ηχείου. Άρα ο λόγος που το ρομπότ δεν αντιλήφθηκε τον ήχο κατά τη 2^η εκτέλεση του πειράματος (ακουμπώντας στο σφουγγάρι) είναι επειδή το σφουγγάρι απορρόφησε τα ηχητικά κύματα (τις δονήσεις) της επιφάνειας του τραπεζιού. Άρα από τα παραπάνω

συμπεραίνουμε ότι τα ηχητικά κύματα στον αέρα δεν είναι ικανά από μόνα τους να προκαλέσουν την ενεργοποίηση του αισθητήρα ήχου του ρομπότ. Οπότε συμπεραίνουμε ότι οι δονήσεις της επιφάνειας του τραπέζιου και κατ' επέκταση της κατασκευής Lego, δηλαδή τα ηχητικά κύματα στο τραπέζι και κατ' επέκταση στην κατασκευή Lego, επηρεάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό το κατά πόσο θα ενεργοποιηθεί ο αισθητήρας ήχου του ρομπότ ή όχι. Με άλλα λόγια τα ηχητικά κύματα στην επιφάνεια του τραπέζιου και κατ' επέκταση της κατασκευής Lego (οι δονήσεις λόγω του ήχου) είναι πιο έντονα από τα ηχητικά κύματα στον αέρα. Δηλαδή ο ήχος διαδίδεται ευκολότερα στα στερεά σε σχέση με τα αέρια.

Κεφάλαιο 2. Πειράματα τριβής και βάρους

Πείραμα 1^ο: Τριβή και Βάρος: Edison vs Edison

Ενότητα:

Φυσικά Ε Δημοτικού – Μηχανική: Παράγοντες από τους ποιους εξαρτάται η τριβή.

Στόχος:

Να κατανοήσουν οι μαθητές ότι η τριβή εξαρτάται από το βάρος του αντικειμένου που κινείται επάνω σε μια επιφάνεια. Ειδικότερα, όσο βαρύτερο είναι το αντικείμενο που κινείται σε μια επιφάνεια τόσο μεγαλύτερη είναι η τριβή.

Υλικά (Εικόνα 1, Εικόνα 2):

- 2 ρομπότ Edison V2
- Μπαταρία πλακέ 4.5v
- Λογισμικό «Right_robot_code» (το αρχείο «Right_robot_code» επισυνάπτεται)
- Λογισμικό «Left_robot_code» (to αρχείο «Left_robot_code» επισυνάπτεται)

Προγραμματίζουμε το ένα από τα 2 ρομπότ Edison με το λογισμικό «Right_robot_code» ενώ το άλλο ρομπότ το προγραμματίζουμε με το λογισμικό «Left_robot_code». Στο βίντεο της εκτέλεσης του πειράματος «Τριβή και Βάρος - Edison vs Edison», το ρομπότ που βρίσκεται στα δεξιά προγραμματίστηκε με το

λογισμικό «Right_robot_code» ενώ το ρομπότ που βρίσκεται στα αριστερά προγραμματίστηκε με το λογισμικό «Left_robot_code».



Λογισμικό του Edison

Σχετικά με το λογισμικό «Right_robot_code»: Εφόσον έχουμε ενεργοποιήσει το ρομπότ που έχει προγραμματιστεί με το λογισμικό «Right_robot_code», τότε, όταν πατήσουμε το τρίγωνο κουμπί του, το ρομπότ αρχίζει να εκτελεί το λογισμικό αυτό όπου κατά σειρά:

- A. Το ρομπότ περιμένει έως ότου πατηθεί το στρογγυλό κουμπί του.
- B. Όταν πατηθεί το στρογγυλό κουμπί, κατά σειρά:
 - a. Στέλνει κατάλληλο σήμα/ειδοποίηση στο ρομπότ απέναντί του.
 - b. Ανάβει τα 2 Led του.
 - c. Περιμένει για 3 δευτερόλεπτα.
 - d. Μετά την παρέλευση των 3 δευτερολέπτων ξεκινά να κινείται για πάντα προς τα εμπρός με ταχύτητα ίση με «5».

Σχετικά με το λογισμικό «Left_robot_code»: Εφόσον έχουμε ενεργοποιήσει το ρομπότ που έχει προγραμματιστεί με το λογισμικό «Left_robot_code», τότε, όταν πατήσουμε το τρίγωνο κουμπί του, το ρομπότ αρχίζει να εκτελεί το λογισμικό αυτό όπου κατά σειρά:

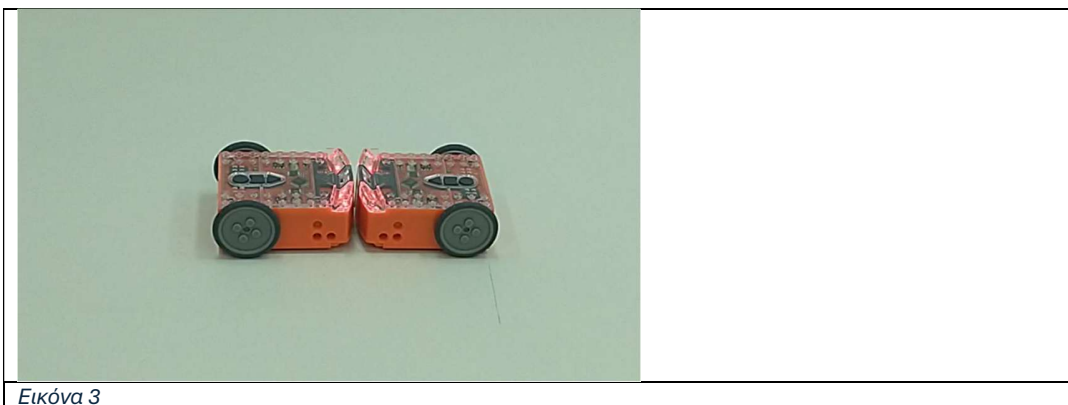
- A. Το ρομπότ περιμένει έως ότου λάβει κατάλληλη ειδοποίηση.
- B. Όταν λάβει την κατάλληλη ειδοποίηση:
 - a. Ανάβει τα 2 Led του.

- b. Περιμένει για 3 δευτερόλεπτα.
- c. Μετά την παρέλευση των 3 δευτερολέπτων ξεκινά να κινείται για πάντα προς τα εμπρός με ταχύτητα ίση με «5».

Προετοιμασία

Πριν την εκτέλεση του πειράματος:

1. Ενεργοποιούμε τα 2 ρομπότ τα οποία πλέον είναι σε κατάσταση αναμονής αναβοσβήνοντας εναλλάξ τα 2 Led τους (όταν πατηθεί το τρίγωνο κουμπί στο επάνω μέρος του κάθε ρομπότ, τότε κάθε ένα θα αρχίσει να εκτελεί το λογισμικό με το οποίο είναι προγραμματισμένο και το περιγράψαμε προηγουμένως).
2. Τοποθετούμε τα 2 ρομπότ στην ίδια επιφάνεια, με τέτοιο τρόπο ώστε το ένα να κοιτά το άλλο, να βρίσκονται στην ίδια ευθεία και σχεδόν να αγγίζει το ένα το άλλο (βίντεο «Τριβή και Βάρος - Edison vs Edison», Εικόνα 3). Με αυτόν τον τρόπο όταν αρχίσουν να κινούνται τα 2 ρομπότ, κατευθείαν θα συγκρουστούν και θα προσπαθεί το ένα να σπρώξει το άλλο. Ο λόγος που τοποθετήθηκαν τα ρομπότ τόσο κοντά το ένα με το άλλο ώστε να αγγίζουν σχεδόν θα αναλυθεί παρακάτω.



Εικόνα 3

Εκτέλεση – παρατηρήσεις:

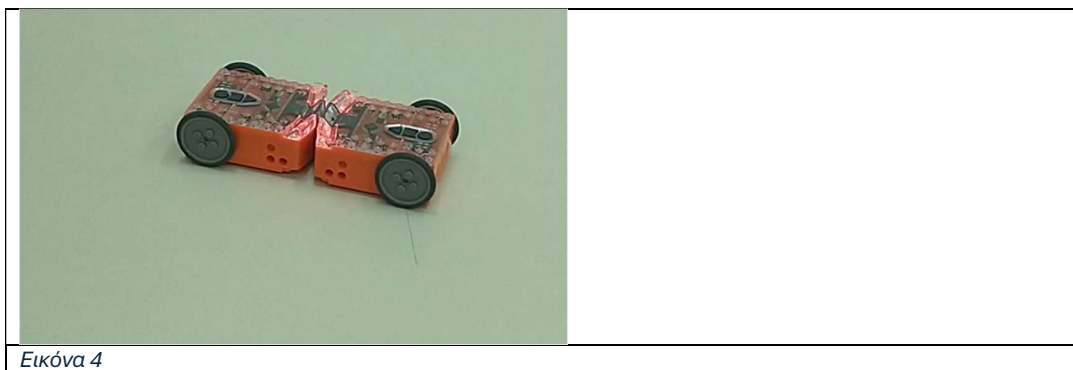
Πατάμε το τρίγωνο κουμπί του κάθε ρομπότ στο επάνω μέρος του ώστε να αρχίσει να εκτελεί το λογισμικό με το οποίο το έχουμε προγραμματίσει. Παρατηρούμε ότι

και τα 2 ρομπότ περιμένουν (δείτε στην αρχή του βίντεο «Τριβή και Βάρος - Edison vs Edison»).

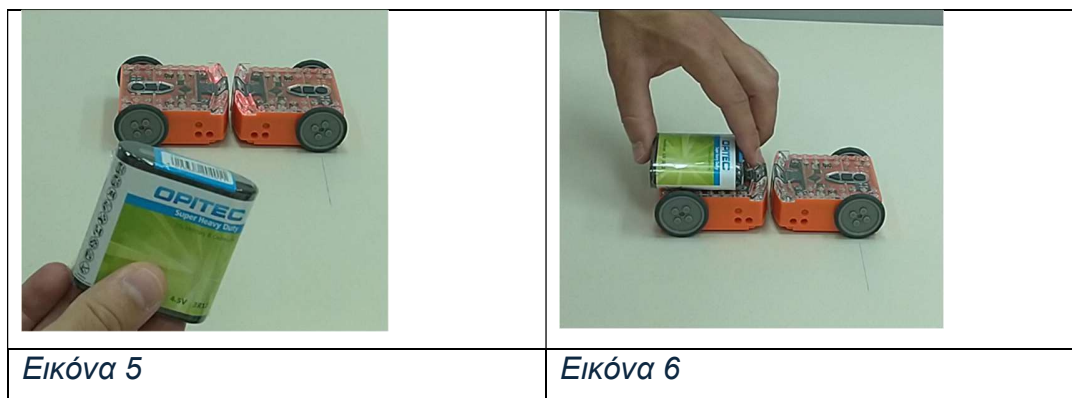
Πατάμε το στρογγυλό κουμπί του ρομπότ που έχει προγραμματιστεί με το λογισμικό «Right_robot_code» (όπως φαίνεται στο 0:07 περίπου, στο βίντεο «Τριβή και Βάρος - Edison vs Edison», το ρομπότ με το λογισμικό «Right_robot_code» είναι αυτό που βρίσκεται στα δεξιά).

Συνεπώς, το ρομπότ στα δεξιά στέλνει την κατάλληλη ειδοποίηση την οποία λαμβάνει το ρομπότ απέναντί του. Έπειτα από 3 δευτερόλεπτα τα 2 ρομπότ ξεκινούν ταυτόχρονα προσπαθώντας να κινηθούν με φορά κίνησης προς τα εμπρός. Αμέσως συγκρούονται και κάθε ένα προσπαθεί να σπρώξει το άλλο.

Παρατηρούμε ότι τα 2 ρομπότ είναι ισόπαλα. Κανένα από τα ρομπότ δεν μπορεί να σπρώξει το άλλο και παραμένουν στο ίδιο σημείο περιστρέφοντας τους τροχούς τους όπως φαίνεται στο 0:09 – 0:19 στο βίντεο «Τριβή και Βάρος - Edison vs Edison» και στην Εικόνα 4.



Εκτελούμε το ίδιο ακριβώς πείραμα διατηρώντας τα πάντα σταθερά εκτός από το εξής: Στο ένα από τα 2 ρομπότ (αυτό που βρίσκεται στα αριστερά στο βίντεο «Τριβή και Βάρος - Edison vs Edison») τοποθετούμε στο επάνω μέρος του τη μπαταρία, η οποία χρησιμεύει ως επιπλέον βάρος (Εικόνα 5, Εικόνα 6).

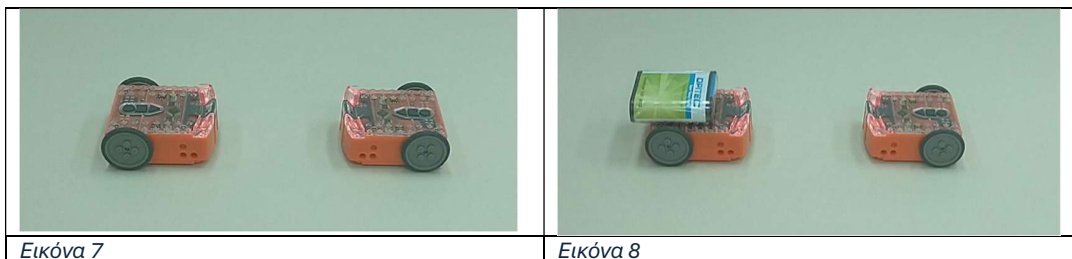


Παρατηρούμε ότι κατά την 2^η εκτέλεση του πειράματος (με τη μπαταρία να είναι τοποθετημένη στο επάνω μέρος του ενός ρομπότ), όταν τα 2 ρομπότ ξεκινήσουν να σπρώχνουν το ένα το άλλο, τότε, το ρομπότ που έχει επάνω του τη μπαταρία καταφέρνει και σπρώχνει το άλλο ρομπότ.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι ο λόγος που τα 2 ρομπότ τοποθετήθηκαν τόσο κοντά το ένα με το άλλο, ώστε να αγγίζουν σχεδόν, είναι για εξασφαλιστεί ότι κανένα ρομπότ από τα 2 δεν θα προλάβει να αναπτύξει ταχύτητα και συνεπώς κανένα από τα 2 δεν θα αποκτήσει ορμή-αδράνεια. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζουμε ότι εάν κάποιος από τα 2 ρομπότ καταφέρει να σπρώξει το αντίπαλο ρομπότ τότε αυτό θα οφείλεται στην μεγαλύτερη τριβή-πρόσφυση των τροχών του στην επιφάνεια κίνησης (σε σχέση με την τριβή – πρόσφυση των τροχών του αντίπαλου ρομπότ) και όχι στην μεγαλύτερη ορμή-αδράνεια που απέκτησε λόγω μεγαλύτερου βάρους (του επιπλέον βάρους της μπαταρίας).

Με άλλα λόγια, αν στην 1^η εκτέλεση του πειράματος τοποθετούσαμε τα ρομπότ όπως φαίνεται στην Εικόνα 7 (από εδώ και πέρα θα αναφερόμαστε σε αυτήν την εκτέλεση ως «υποθετική εκτέλεση 1») και στην 2^η εκτέλεση του πειράματος τοποθετούσαμε τα ρομπότ όπως φαίνεται στην Εικόνα 8 (από εδώ και πέρα θα αναφερόμαστε σε αυτήν την εκτέλεση ως «υποθετική εκτέλεση 2») τότε θα αντιμετωπίζαμε το εξής πρόβλημα: Στην υποθετική εκτέλεση 1, τα ρομπότ θα συγκρούονταν και θα ισορροπούσαν μιας και έχουν το ίδιο βάρος και κινούνται στην ίδια επιφάνεια (δείτε τα πρώτα 17 δευτερόλεπτα στο βίντεο «Υποθετικές Εκτελέσεις με ορμή-αδράνεια»). Όμως στην υποθετική εκτέλεση 2, τα ρομπότ όταν

συγκρούονται δεν ισορροπούν αλλά το ρομπότ με το επιπλέον βάρος σπρώχνει το άλλο ρομπότ (δείτε από το 0:17 έως το τέλος το βίντεο «Υποθετικές Εκτελέσεις με ορμή-αδράνεια»). Σε αυτήν την περίπτωση όμως θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί ότι το ρομπότ με το επιπλέον βάρος καταφέρνει να σπρώξει το άλλο ρομπότ λόγω της μεγαλύτερης ορμής-αδράνειας που έχει λόγω του επιπλέον βάρους της μπαταρίας που κουβαλάει, και όχι λόγω της μεγαλύτερης τριβής-πρόσφυσης που έχουν οι τροχοί του στην επιφάνεια κίνησης σε σχέση με την τριβή – πρόσφυση που έχουν οι τροχοί του αντίπαλου ρομπότ. Ακριβώς λοιπόν για να μην υπάρχει ο παράγοντας ορμή – αδράνεια τοποθετήθηκαν τα ρομπότ αγγίζοντας σχεδόν το ένα το άλλο ώστε να μην προλάβουν να αναπτύξουν ταχύτητα και κατ'επέκταση να μην αποκτήσουν ορμή – αδράνεια. Συνεπώς, αν κάποιος καταφέρνει να σπρώξει το άλλο, αυτό θα οφείλεται στην αυξημένη τριβή – πρόσφυση των τροχών του σε σύγκριση με την τριβή – πρόσφυση των τροχών του αντιπάλου ρομπότ.



Συμπεράσματα:

Κατά την 1^η εκτέλεση του πειράματος, η τριβή που αναπτύχθηκε μεταξύ των τροχών του ρομπότ στα αριστερά και της επιφάνειας κίνησης ήταν ίση με την τριβή που αναπτύχθηκε μεταξύ των τροχών του ρομπότ στα δεξιά και της επιφάνειας κίνησης και συνεπώς ήταν ισόπαλα. Αυτό συνέβη επειδή και τα 2 κινούνταν στην ίδια επιφάνεια και είχαν το ίδιο βάρος.

Αντίθετα, κατά την 2^η εκτέλεση του πειράματος παρόλο που και τα 2 ρομπότ κινούνταν στην ίδια επιφάνεια, το ρομπότ που είχε επάνω του τοποθετημένη τη μπαταρία κατάφερε να σπρώξει το αντίπαλο ρομπότ. Αυτό συνέβη λόγω της μεγαλύτερης τριβής που αναπτύχθηκε μεταξύ των τροχών του ρομπότ που είχε

την μπαταρία επάνω του και της επιφάνειας κίνησης σε σχέση με την τριβή που αναπτύχθηκε μεταξύ των τροχών του αντιπάλου ρομπότ και της επιφάνειας κίνησης. Άρα το παραπάνω βάρος οδήγησε σε μεγαλύτερη τριβή.

Άρα η τριβή εξαρτάται από το βάρος του αντικειμένου που κινείται επάνω σε μια επιφάνεια. Ειδικότερα, όσο βαρύτερο είναι το αντικείμενο που κινείται σε μια επιφάνεια τόσο μεγαλύτερη είναι η τριβή.

Πείραμα 2^ο: Τριβή και Βάρος: Edison vs Βιβλία

Ενότητα:

Φυσικά Ε Δημοτικού – Μηχανική: Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η τριβή.

Στόχος:

Να κατανοήσουν οι μαθητές ότι η τριβή εξαρτάται από το βάρος του αντικειμένου που κινείται επάνω σε μια επιφάνεια. Ειδικότερα, όσο βαρύτερο είναι το αντικείμενο που κινείται σε μια επιφάνεια τόσο μεγαλύτερη είναι η τριβή.

Υλικά (Εικόνα 1):

- Ένα ρομπότ Edison V2
- Βαρύ αντικείμενο (βιβλίο/βιβλία)
- Μπαταρία πλακέ 4.5v
- Λογισμικό «Friction_code_weight» (το αρχείο «Friction_code_weight» επισυνάπτεται)

Προγραμματίζουμε το ρομπότ Edison με το λογισμικό «Friction_code_weight».



Λογισμικό του Edison

Σχετικά με το λογισμικό «Friction_code_weight»: Εφόσον έχουμε ενεργοποιήσει το ρομπότ που έχει προγραμματιστεί με το λογισμικό «Friction_code_weight», τότε, όταν πατήσουμε το τρίγωνο κουμπί του, το ρομπότ αρχίζει να εκτελεί το λογισμικό αυτό όπου κατά σειρά:

- A. Περιμένει για 3 δευτερόλεπτα.
- B. Μετά την παρέλευση των 3 δευτερολέπτων ξεκινά να κινείται προς τα εμπρός με ταχύτητα ίση με «3» έως ότου αντιληφθεί ότι δυσκολεύεται να κινηθεί προς τα εμπρός δηλαδή έως ότου δυσκολευτεί στην περιστροφή των τροχών του με φορά κίνησης προς τα εμπρός.
- C. Όταν δυσκολευτεί στην περιστροφή των τροχών του με φορά κίνησης προς τα εμπρός τότε:
 - a. Εκπέμπει ένα ήχο (beep).
 - b. Ανάβει τα 2 Led του.
 - c. Κινείται προς τα πίσω για λίγο.
 - d. Τερματίζει την εκτέλεση του λογισμικού «Friction_code_weight» και μεταβαίνει σε κατάσταση αναμονής.

Παρατήρηση: Όσο το ρομπότ μπορεί να περιστρέφει τους τροχούς του με φορά κίνησης προς τα εμπρός και δεν νιώθει δυσκολία – αντίσταση στην περιστροφή αυτή τότε θα συνεχίζει να τους περιστρέφει με αυτή τη φορά κίνησης.

Με άλλα λόγια, για όσο δεν νιώθει δυσκολία – αντίσταση στην περιστροφή των τροχών του με φορά κίνησης προς τα εμπρός τότε θα επαναλαμβάνει την εκτέλεση του βήματος «B» του λογισμικού «Friction_code_weight» που περιγράφεται πιο πάνω.

Μόνο στην περίπτωση που το ρομπότ δυσκολευτεί στην περιστροφή των τροχών του με φορά κίνησης προς τα εμπρός, τότε θα πάψει να εκτελεί τις εντολές του βήματος «B» και θα εκτελέσει τις εντολές του βήματος «Γ».

Προετοιμασία

Πριν την εκτέλεση του πειράματος:

1. Ενεργοποιούμε το ρομπότ το οποίο πλέον είναι σε κατάσταση αναμονής αναβοσβήνοντας εναλλάξ τα 2 Led του (όταν πατηθεί το τρίγωνο κουμπί στο επάνω μέρος του, τότε θα αρχίσει να εκτελεί το λογισμικό με το οποίο είναι προγραμματισμένο και το περιγράψαμε προηγουμένως).
2. Τοποθετούμε στην επιφάνεια εκτέλεσης του πειράματος τα βιβλία. Έπειτα τοποθετούμε το ρομπότ στην αφετηρία εκκίνησής του σε μικρή απόσταση από τα βιβλία και με φορά κίνησης προς αυτά, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2 και στο βίντεο «Τριβή και Βάρος - Edison vs Βιβλία».



Εκτέλεση – παρατηρήσεις:

Πατάμε το τρίγωνο κουμπί του ρομπότ στο επάνω μέρος του ώστε να αρχίσει να εκτελεί το λογισμικό με το οποίο το έχουμε προγραμματίσει. Αφού περιμένει για 3 δευτερόλεπτα ξεκινά να κινείται προς τα βιβλία. Μόλις το ρομπότ συναντήσει και αγγίξει τα βιβλία παρατηρούμε ότι συνεχίζει να περιστρέφει τους τροχούς του όπως τους περίστρεφε ήδη χωρίς να δυσκολεύεται (δείτε Εικόνα 3 και τα πρώτα 20 δευτερόλεπτα στο βίντεο «Τριβή και Βάρος - Edison vs Βιβλία»).



Εκτελούμε το ίδιο ακριβώς πείραμα διατηρώντας τα πάντα σταθερά εκτός από το εξής: Τοποθετούμε στο επάνω μέρος του ρομπότ τη μπαταρία η οποία παίζει το ρόλο επιπρόσθετου βάρους (Εικόνα 4).



Κατά τη 2^η εκτέλεση του πειράματος, με τη μπαταρία τοποθετημένη στο επάνω μέρος του ρομπότ, παρατηρούμε ότι μόλις το ρομπότ συναντήσει και αγγίξει τα βιβλία τότε εκπέμπει ένα beep, ανάβει τα Led του, κινείται προς πίσω και τερματίζει την εκτέλεση του λογισμικού του. Αυτό σημαίνει πως όταν συνάντησε και άγγιξε τα βιβλία τότε δυσκολεύτηκε στο να συνεχίσει να περιστρέφει τους τροχούς του με φορά κίνησης προς τα εμπρός για αυτό και εκτέλεσε τις εντολές του βήματος «C» του λογισμικού «Friction_code_weight» (όπως φαίνεται από το 0:30 και έπειτα στο βίντεο «Τριβή και Βάρος - Edison vs Βιβλία»).

Συμπεράσματα:

Κατά την 1^η εκτέλεση του πειράματος (χωρίς το επιπλέον βάρος τα μπαταρίας επάνω στο ρομπότ) το ρομπότ αφού έφτασε και άγγιξε τα βιβλία συνέχισε την περιστροφή των τροχών του με φορά κίνησης προς τα εμπρός. Αυτό συνέβη επειδή μεταξύ της επιφάνειας του γραφείου και των τροχών του ρομπότ δεν υπήρχε η απαιτούμενη τριβή ώστε να δυσκολευτεί στην περιστροφή των τροχών του. Με άλλα λόγια, οι τροχοί του ρομπότ γλιστρούσαν και περιστρέφονταν χωρίς δυσκολία λόγω χαμηλής τριβής.

Αντίθετα, κατά την 2^η εκτέλεση του πειράματος (με το επιπλέον βάρος της μπαταρίας επάνω στο ρομπότ) το ρομπότ αφού έφτασε και άγγιξε τα βιβλία δεν μπόρεσε να συνεχίσει την περιστροφή των τροχών του με φορά κίνησης προς τα

εμπρός. Αυτό συνέβη επειδή μεταξύ της επιφάνειας του γραφείου και των τροχών του ρομπότ υπήρχε αυξημένη τριβή. Η αυξημένη τριβή ήταν αποτέλεσμα του επιπλέον βάρους της μπαταρίας που τοποθετήθηκε επάνω στο ρομπότ.

Άρα η τριβή εξαρτάται από το από το βάρος του αντικειμένου που κινείται επάνω σε μια επιφάνεια. Ειδικότερα, όσο βαρύτερο είναι το αντικείμενο που κινείται σε μια επιφάνεια τόσο μεγαλύτερη είναι η τριβή.

Πείραμα 3^ο: Τριβή και Είδος Επιφάνειας: Edison vs Edison

Ενότητα:

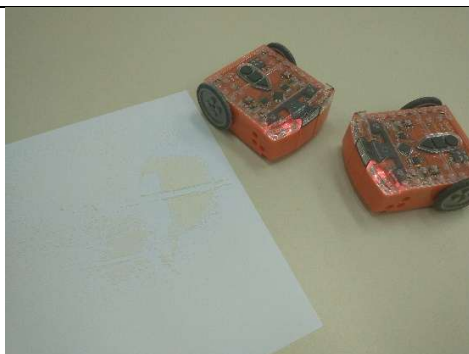
Φυσικά Ε Δημοτικού – Μηχανική: Παράγοντες από τους ποιοις εξαρτάται η τριβή.

Στόχος:

Να κατανοήσουν οι μαθητές ότι η τριβή εξαρτάται από το είδος της επιφάνειας επάνω στην οποία κινείται ένα αντικείμενο. Ειδικότερα, όσο πιο τραχιά είναι η επιφάνεια επάνω στην οποία κινείται το αντικείμενο τόσο μεγαλύτερη είναι η τριβή.

Υλικά (Εικόνα 1):

- 2 ρομπότ Edison V2
- Ένα φύλλο χαρτιού A4 επάνω στο οποίο έχουμε ρίξει αλεύρι
- Λογισμικό «Right_robot_code» (το αρχείο «Right_robot_code» επισυνάπτεται)
- Λογισμικό «Left_robot_code» (το αρχείο «Left_robot_code» επισυνάπτεται)



Εικόνα 1

Προγραμματίζουμε το ένα από τα 2 ρομπότ Edison με το λογισμικό «Right_robot_code» ενώ το άλλο ρομπότ το προγραμματίζουμε με το λογισμικό «Left_robot_code». Στο βίντεο της εκτέλεσης του πειράματος «Τριβή και Είδος Επιφάνειας - Edison vs Edison», το ρομπότ που βρίσκεται στα δεξιά προγραμματίστηκε με το λογισμικό «Right_robot_code» ενώ το ρομπότ που βρίσκεται στα αριστερά προγραμματίστηκε με το λογισμικό «Left_robot_code».

Λογισμικό του Edison

Σχετικά με το λογισμικό «Right_robot_code»: Εφόσον έχουμε ενεργοποιήσει το ρομπότ που έχει προγραμματιστεί με το λογισμικό «Right_robot_code», τότε, όταν πατήσουμε το τρίγωνο κουμπί του, το ρομπότ αρχίζει να εκτελεί το λογισμικό αυτό όπου κατά σειρά:

- A. Το ρομπότ περιμένει έως ότου πατηθεί το στρογγυλό κουμπί του.
- B. Όταν πατηθεί το στρογγυλό κουμπί, κατά σειρά:
 - a. Στέλνει κατάλληλο σήμα/ειδοποίηση στο ρομπότ απέναντί του.
 - b. Ανάβει τα 2 Led του.
 - c. Περιμένει για 3 δευτερόλεπτα.
 - d. Μετά την παρέλευση των 3 δευτερολέπτων ξεκινά να κινείται για πάντα προς τα εμπρός με ταχύτητα ίση με «5».

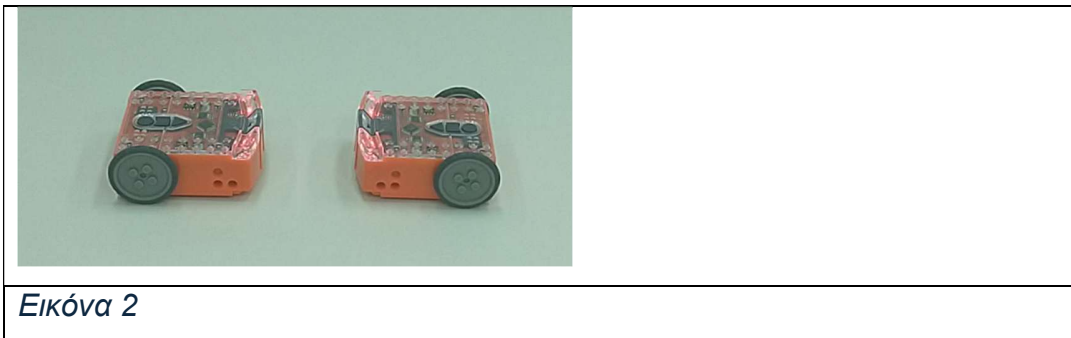
Σχετικά με το λογισμικό «Left_robot_code»: Εφόσον έχουμε ενεργοποιήσει το ρομπότ που έχει προγραμματιστεί με το λογισμικό «Left_robot_code», τότε, όταν πατήσουμε το τρίγωνο κουμπί του, το ρομπότ αρχίζει να εκτελεί το λογισμικό αυτό όπου κατά σειρά:

- A. Το ρομπότ περιμένει έως ότου λάβει κατάλληλη ειδοποίηση.
- B. Όταν λάβει την κατάλληλη ειδοποίηση:
 - a. Ανάβει τα 2 Led του.
 - b. Περιμένει για 3 δευτερόλεπτα.
 - c. Μετά την παρέλευση των 3 δευτερολέπτων ξεκινά να κινείται για πάντα προς τα εμπρός με ταχύτητα ίση με «5».

Προετοιμασία

Πριν την εκτέλεση του πειράματος:

1. Ενεργοποιούμε τα 2 ρομπότ τα οποία πλέον είναι σε κατάσταση αναμονής αναβοσβήνοντας εναλλάξ τα 2 Led τους (όταν πατηθεί το τρίγωνο κουμπί στο επάνω μέρος του κάθε ρομπότ, τότε κάθε ένα θα αρχίσει να εκτελεί το λογισμικό με το οποίο είναι προγραμματισμένο και το περιγράψαμε προηγουμένως).
2. Τοποθετούμε τα 2 ρομπότ στην ίδια επιφάνεια με τέτοιο τρόπο ώστε το ένα να κοιτά το άλλο και να βρίσκονται στην ίδια ευθεία (δείτε βίντεο «Τριβή και Είδος Επιφάνειας - Edison vs Edison», Εικόνα 2). Με αυτόν τον τρόπο όταν αρχίσουν να κινούνται τα 2 ρομπότ, κάποια στιγμή θα συναντηθούν και θα συγκρουστούν.



Εκτέλεση – παρατηρήσεις:

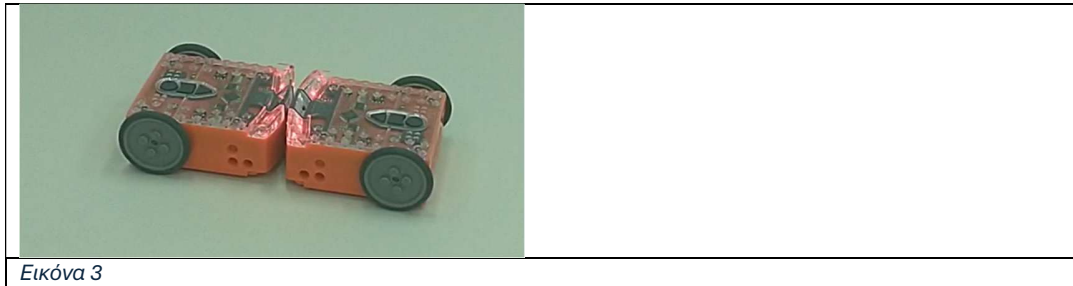
Πατάμε το τρίγωνο κουμπί του κάθε ρομπότ στο επάνω μέρος του ώστε να αρχίσει να εκτελεί το λογισμικό με το οποίο το έχουμε προγραμματίσει. Παρατηρούμε ότι και τα 2 ρομπότ περιμένουν (δείτε στην αρχή του βίντεο «Τριβή και Είδος Επιφάνειας - Edison vs Edison»).

Πατάμε το στρογγυλό κουμπί του ρομπότ που έχει προγραμματιστεί με το λογισμικό «Right_robot_code» (όπως φαίνεται στο 0:05 στο βίντεο «Τριβή και Είδος Επιφάνειας - Edison vs Edison», το ρομπότ με το λογισμικό «Right_robot_code» είναι αυτό που βρίσκεται στα δεξιά).

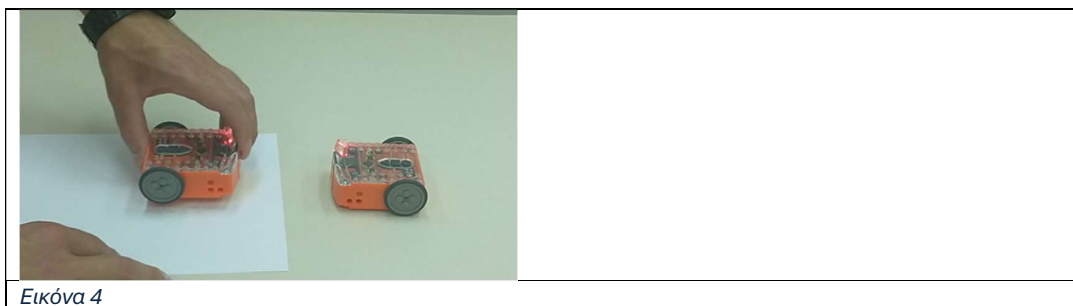
Συνεπώς, το ρομπότ στα δεξιά στέλνει την κατάλληλη ειδοποίηση την οποία λαμβάνει το ρομπότ απέναντί του. Έπειτα από 3 δευτερόλεπτα τα 2 ρομπότ

ξεκινούν ταυτόχρονα να κινούνται με φορά κίνησης προς τα εμπρός. Κάποια στιγμή συναντιούνται – συγκρούονται και κάθε ένα προσπαθεί να σπρώξει το άλλο.

Παρατηρούμε ότι τα 2 ρομπότ είναι ισόπαλα. Κανένα από τα ρομπότ δεν μπορεί να σπρώξει το άλλο και παραμένουν στο ίδιο σημείο περιστρέφοντας τους τροχούς τους (Εικόνα 3).



Εκτελούμε το ίδιο ακριβώς πείραμα διατηρώντας τα πάντα σταθερά εκτός από το εξής: Το ένα από τα 2 ρομπότ (αυτό που βρίσκεται στα αριστερά στο βίντεο «Τριβή και Είδος Επιφάνειας - Edison vs Edison») το τοποθετούμε στο φύλλο χαρτιού A4 στο οποίο έχουμε ήδη ρίξει αλεύρι (δηλαδή η πλευρά του χαρτιού A4 η οποία έχει επάνω της αλεύρι, είναι η επιφάνεια πάνω στην οποία τοποθετούμε το ρομπότ αυτό – δείτε Εικόνα 4).



Παρατηρούμε ότι κατά την 2^η εκτέλεση του πειράματος (με χρήση του χαρτιού A4 με αλεύρι στην επιφάνειά του), όταν τα 2 ρομπότ συγκρουστούν, τότε, το ρομπότ που βρίσκεται επάνω στο χαρτί με το αλεύρι υποχωρεί.

Συμπεράσματα:

Κατά την 1^η εκτέλεση του πειράματος, η τριβή που αναπτύχθηκε μεταξύ των τροχών του ρομπότ στα αριστερά και της επιφάνειας κίνησης ήταν ίση με την τριβή που αναπτύχθηκε μεταξύ των τροχών του ρομπότ στα δεξιά και της επιφάνειας κίνησης και συνεπώς τα 2 ρομπότ ήταν ισόπαλα. Αυτό συνέβη επειδή και τα 2 ρομπότ κινούνταν στην ίδια επιφάνεια.

Αντίθετα, κατά την 2^η εκτέλεση του πειράματος, η τριβή που αναπτύχθηκε μεταξύ των τροχών του ρομπότ στα αριστερά και της επιφάνειας κίνησης (χαρτί A4 με αλεύρι) ήταν μικρότερη από την τριβή που αναπτύχθηκε μεταξύ των τροχών του ρομπότ στα δεξιά και της επιφάνειας κίνησης (γραφείο) μιας και το ρομπότ που κινούνταν επάνω στο χαρτί A4 με το αλεύρι υποχώρησε. Αυτό συνέβη επειδή η επιφάνεια στην οποία κινούνταν το ρομπότ στα αριστερά (χαρτί A4 με αλεύρι) ήταν λιγότερο τραχιά σε σχέση με την επιφάνεια στην οποία κινούνταν το ρομπότ στα δεξιά (γραφείο).

Άρα η τριβή εξαρτάται από το είδος της επιφάνειας επάνω στην οποία κινείται ένα αντικείμενο. Ειδικότερα, όσο πιο τραχιά είναι η επιφάνεια επάνω στην οποία κινείται το αντικείμενο τόσο μεγαλύτερη είναι η τριβή.

Πείραμα 4^ο: Τριβή και Είδος Επιφάνειας: Edison vs Βιβλία

Ενότητα:

Φυσικά Ε Δημοτικού – Μηχανική: Παράγοντες από τους ποιους εξαρτάται η τριβή.

Στόχος:

Να κατανοήσουν οι μαθητές ότι η τριβή εξαρτάται από το είδος της επιφάνειας επάνω στην οποία κινείται ένα αντικείμενο. Ειδικότερα, όσο πιο τραχιά είναι η επιφάνεια επάνω στην οποία κινείται το αντικείμενο τόσο μεγαλύτερη είναι η τριβή.

Υλικά (Εικόνα 1):

- Ένα ρομπότ Edison V2
- Βαρύ αντικείμενο (βιβλίο/βιβλία)
- Ένα φύλλο χαρτιού A4
- Ένα φύλλο χαρτιού A4 επάνω στο οποίο έχουμε ρίξει αλεύρι

- Λογισμικό «Friction_code_texture» (το αρχείο «Friction_code_texture» επισυνάπτεται)

Προγραμματίζουμε το ρομπότ Edison με το λογισμικό «Friction_code_texture».



Εικόνα 1

Λογισμικό του Edison

Σχετικά με το λογισμικό «Friction_code_texture»: Εφόσον έχουμε ενεργοποιήσει το ρομπότ που έχει προγραμματιστεί με το λογισμικό «Friction_code_texture», τότε, όταν πατήσουμε το τρίγωνο κουμπί του, το ρομπότ αρχίζει να εκτελεί το λογισμικό αυτό όπου κατά σειρά:

- A. Περιμένει για 3 δευτερόλεπτα.
- B. Μετά την παρέλευση των 3 δευτερολέπτων ξεκινά να κινείται προς τα εμπρός με ταχύτητα ίση με «1» έως ότου αντιληφθεί ότι δυσκολεύεται να κινηθεί προς τα εμπρός δηλαδή έως ότου δυσκολευτεί στην περιστροφή των τροχών του με φορά κίνησης προς τα εμπρός.
- C. Όταν δυσκολευτεί στην περιστροφή των τροχών του με φορά κίνησης προς τα εμπρός τότε:
 - a. Εκπέμπει ένα ήχο (beep).
 - b. Ανάβει τα 2 Led του.
 - c. Κινείται προς τα πίσω για λίγο.
 - d. Τερματίζει την εκτέλεση του λογισμικού «Friction_code_texture» και μεταβαίνει σε κατάσταση αναμονής.

Παρατήρηση: Όσο το ρομπότ μπορεί να περιστρέφει τους τροχούς του με φορά κίνησης προς τα εμπρός και δεν νιώθει δυσκολία – αντίσταση στην περιστροφή αυτή τότε θα συνεχίζει να τους περιστρέφει με αυτή τη φορά κίνησης.

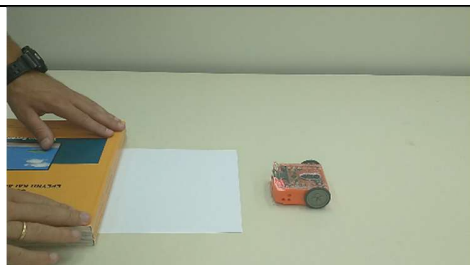
Με άλλα λόγια, για όσο δεν νιώθει δυσκολία – αντίσταση στην περιστροφή των τροχών του με φορά κίνησης προς τα εμπρός τότε θα επαναλαμβάνει την εκτέλεση του βήματος «Β» του λογισμικού «Friction_code_texture» που περιγράφεται πιο πάνω.

Μόνο στην περίπτωση που το ρομπότ δυσκολευτεί στην περιστροφή των τροχών του με φορά κίνησης προς τα εμπρός, θα πάψει να εκτελεί τις εντολές του βήματος «Β» και θα εκτελέσει τις εντολές του βήματος «Γ».

Προετοιμασία

Πριν την εκτέλεση του πειράματος:

1. Ενεργοποιούμε το ρομπότ το οποίο είναι σε κατάσταση αναμονής αναβοσβήνοντας εναλλάξ τα 2 Led του (όταν πατηθεί το τρίγωνο κουμπί στο επάνω μέρος του, τότε θα αρχίσει να εκτελεί το λογισμικό με το οποίο είναι προγραμματισμένο και το περιγράψαμε προηγουμένως).
2. Τοποθετούμε στην επιφάνεια εκτέλεσης του πειράματος τη σελίδα χαρτιού A4. Έπειτα τοποθετούμε τα βιβλία επάνω στη σελίδα χαρτιού A4 έτσι ώστε να καλύπτουν ένα μικρό μέρος της. Τέλος, τοποθετούμε το ρομπότ στην αφετηρία εκκίνησής του σε μικρή απόσταση από τη σελίδα χαρτιού A4, με φορά κίνησης προς τα βιβλία, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2 και στο βίντεο «Τριβή και Είδος Επιφάνειας - Edison vs Βιβλία».

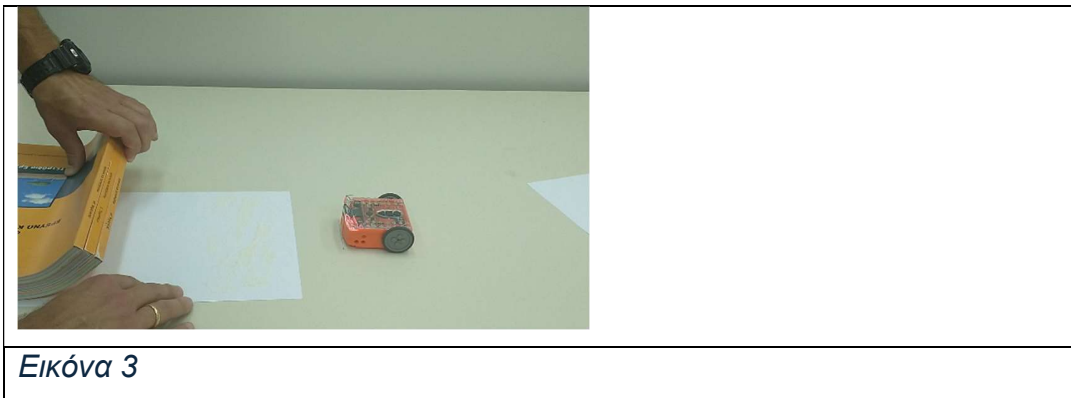


Εικόνα 2

Εκτέλεση – παρατηρήσεις:

Πατάμε το τρίγωνο κουμπί του ρομπότ στο επάνω μέρος του ώστε να αρχίσει να εκτελεί το λογισμικό με το οποίο το έχουμε προγραμματίσει. Αφού περιμένει για 3 δευτερόλεπτα ξεκινά να κινείται προς τα βιβλία. Μόλις συναντήσει και αγγίξει τα βιβλία παρατηρούμε ότι εκπέμπει ένα beep, ανάβει τα Led του, κινείται προς πίσω και τερματίζει την εκτέλεση του λογισμικού του. Αυτό σημαίνει πως όταν συνάντησε και άγγιξε τα βιβλία τότε δυσκολεύτηκε στο να συνεχίσει να περιστρέφει τους τροχούς του με φορά κίνησης προς τα εμπρός για αυτό και εκτέλεσε τις εντολές του βήματος «C» του λογισμικού «Friction_code_texture» (όπως φαίνεται στα πρώτα 15 δευτερόλεπτα στο βίντεο «Τριβή και Είδος Επιφάνειας - Edison vs Βιβλία»).

Εκτελούμε το ίδιο ακριβώς πείραμα διατηρώντας τα πάντα σταθερά εκτός από το εξής: Αντικαθιστούμε τη σελίδα χαρτιού A4 με τη σελίδα χαρτιού A4 στην οποία έχουμε ρίξει ποσότητα από αλεύρι (δείτε Εικόνα 3 και μετά το σημείο 0:30 στο βίντεο «Τριβή και Είδος Επιφάνειας - Edison vs Βιβλία»).



Κατά τη 2^η εκτέλεση του πειράματος όπου η σελίδα χαρτιού A4 έχει αντικατασταθεί με τη σελίδα χαρτιού A4 που έχει επάνω της αλεύρι, παρατηρούμε ότι το ρομπότ, όταν φτάσει και αγγίξει τα βιβλία, συνεχίζει να περιστρέφει τους τροχούς του όπως τους περίστρεφε ήδη, χωρίς να δυσκολεύεται (δείτε Εικόνα 4 και από το 0:52 και έπειτα στο βίντεο «Τριβή και Είδος Επιφάνειας - Edison vs Βιβλία»).



Εικόνα 4

Συμπεράσματα:

Κατά την 1^η εκτέλεση του πειράματος, το ρομπότ, όταν συνάντησε τα βιβλία, ένιωσε δυσκολία στην κίνηση και δεν μπορούσε να συνεχίσει να περιστρέφει τους τροχούς του με φορά κίνησης προς τα εμπρός. Αυτό συνέβη επειδή η επιφάνεια του χαρτιού A4 στην οποία άγγιζαν οι τροχοί του ρομπότ ήταν αρκετά τραχιά ώστε να έχει μεγάλη τριβή με αποτέλεσμα οι τροχοί του ρομπότ να μην γλιστρούν επάνω της αλλά να έχουν την απαιτούμενη πρόσφυση ώστε να δυσκολευτεί το ρομπότ στην περαιτέρω περιστροφή τους (με φορά προς τα εμπρός).

Αντίθετα, κατά την 2^η εκτέλεση του πειράματος, το ρομπότ, όταν συνάντησε τα βιβλία, δεν ένιωσε δυσκολία στην κίνηση και μπορούσε να συνεχίσει να περιστρέφει τους τροχούς του με φορά κίνησης προς τα εμπρός. Αυτό συνέβη επειδή η επιφάνεια του χαρτιού A4 με αλεύρι στην οποία άγγιζαν οι τροχοί του ρομπότ ήταν αρκετά λεία ώστε να έχει χαμηλή τριβή με αποτέλεσμα οι τροχοί του ρομπότ να γλιστρούν άνετα επάνω της έτσι ώστε το ρομπότ δεν αντιλήφθηκε δυσκολία στην περαιτέρω περιστροφή τους (με φορά προς τα εμπρός) και έτσι συνέχισε να περιστρέφει τους τροχούς του όπως τους περίστρεφε ήδη.

Άρα η τριβή εξαρτάται από το είδος της επιφάνειας επάνω στην οποία κινείται ένα αντικείμενο. Ειδικότερα, όσο πιο τραχιά είναι η επιφάνεια επάνω στην οποία κινείται το αντικείμενο τόσο μεγαλύτερη είναι η τριβή.

Πείραμα 5^ο: Τριβή και Εμβαδόν Επιφάνειας Αντικειμένου

Ενότητα:

Φυσικά Ε Δημοτικού – Μηχανική: Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η τριβή.

Στόχος:

Να κατανοήσουν οι μαθητές ότι η τριβή δεν εξαρτάται από το εμβαδόν της επιφάνειας του αντικειμένου το οποίο κινείται σε μια επιφάνεια.

Υλικά (Εικόνα 1):

- Ένα ρομπότ Edison V2
- Κουτί (συσκευασία κινητού τηλεφώνου με ίδια υφή – ίδιο συντελεστή τριβής μεταξύ των επιφανειών όλων των πλευρών του)
- Λογισμικό «Friction surface area» (το αρχείο «Friction surface area» επισυνάπτεται)

Προγραμματίζουμε το ρομπότ Edison με το λογισμικό «Friction surface area».



Εικόνα 1

Λογισμικό του Edison

Σχετικά με το λογισμικό «Friction surface area»: Εφόσον έχουμε ενεργοποιήσει το ρομπότ που έχει προγραμματιστεί με το λογισμικό «Friction surface area», τότε, όταν πατήσουμε το τρίγωνο κουμπί του, το ρομπότ αρχίζει να εκτελεί το λογισμικό αυτό όπου κατά σειρά:

A. Ανάβει τα 2 Led του.

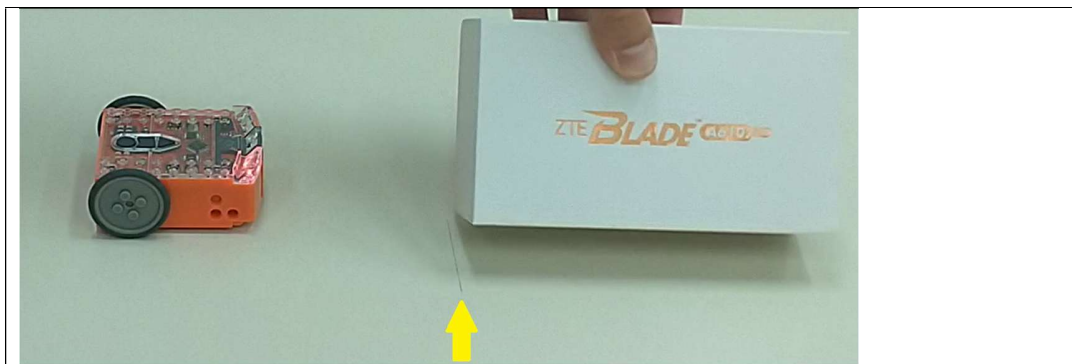
B. Περιμένει για 3 δευτερόλεπτα.

C. Μετά την παρέλευση των 3 δευτερολέπτων ξεκινά να κινείται, για πάντα, προς τα εμπρός με ταχύτητα ίση με «1» .

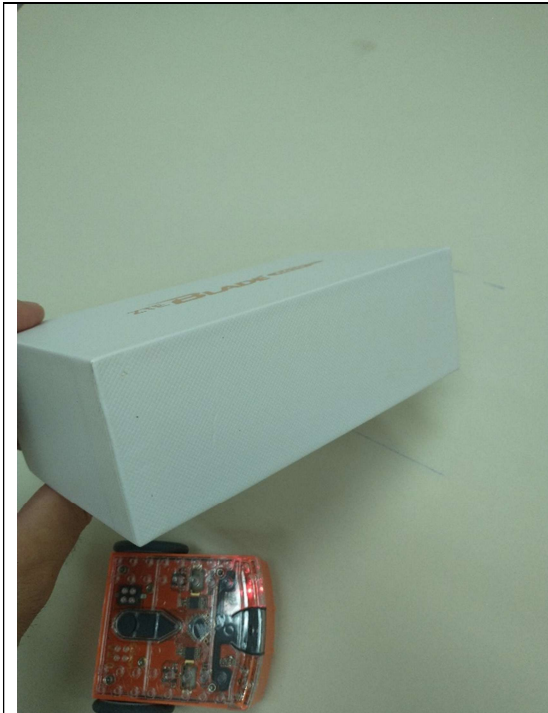
Προετοιμασία

Πριν την εκτέλεση του πειράματος:

1. Ενεργοποιούμε το ρομπότ το οποίο είναι σε κατάσταση αναμονής αναβοσβήνοντας εναλλάξ τα 2 Led του (όταν πατηθεί το τρίγωνο κουμπί στο επάνω μέρος του, τότε θα αρχίσει να εκτελεί το λογισμικό με το οποίο είναι προγραμματισμένο και το περιγράψαμε προηγουμένως).
2. Σημαδεύουμε την επιφάνεια εκτέλεσης του πειράματος με μια μικρή ευθεία γραμμή όπου θα είναι η γραμμή εκκίνησης - τοποθέτησης του κουτιού (δείτε βίντεο «Τριβή και Εμβαδόν» καθώς και στην Εικόνα 2 όπου η γραμμή αυτή προσδιορίζεται από το κίτρινο βέλος).
3. Εξασφαλίζουμε ότι στο κουτί που επιλέξαμε οι επιφάνειες των πλευρών του που θα χρησιμοποιήσουμε (στις οποίες θα στηρίζεται κάθε φορά το κουτί) αποτελούνται από το ίδιο υλικό και έχουν την ίδια υφή δηλαδή έχουν τον ίδιο συντελεστή τριβής. Στην περίπτωση μας αυτό ισχύει και φαίνονται καθαρά οι επιφάνειες των πλευρών που χρησιμοποιήσαμε στις εικόνες Εικόνα 3, Εικόνα 4 (κάνοντας ζουμ φαίνεται ότι η υφή τους η οποία είναι ίδια).



Εικόνα 2



Εικόνα 3



Εικόνα 4

Εκτέλεση – παρατηρήσεις:

Τοποθετούμε το κουτί στη γραμμή εκκίνησης - τοποθέτησης στηριζόμενο στην μεσαίου εμβადού πλευρά του και με τη μικρότερη ακμή της πλευράς αυτής να εφάπτεται της γραμμής εκκίνησης - τοποθέτησης με την οποία είχαμε σημαδέψει την επιφάνεια εκτέλεσης του πειράματος (Εικόνα 5, 0:07 – 0:10 στο βίντεο «Τριβή και Εμβαδόν»).



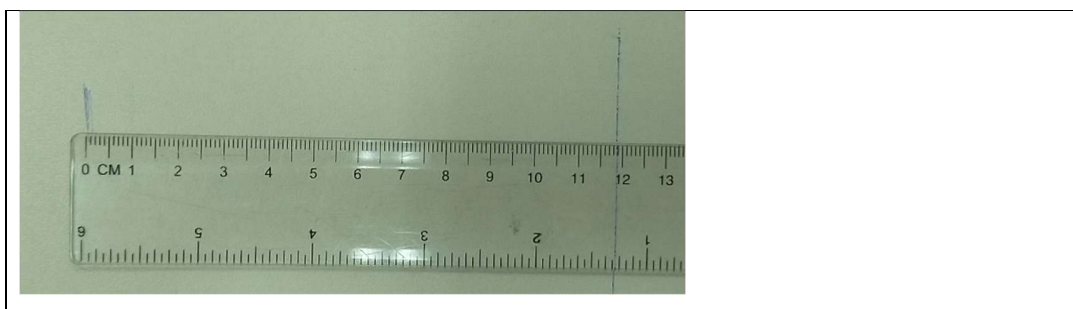
Εικόνα 5

Τοποθετούμε το ρομπότ με κατεύθυνση προς το κουτί σε μικρή απόσταση από αυτό (Εικόνα 6).



Εικόνα 6

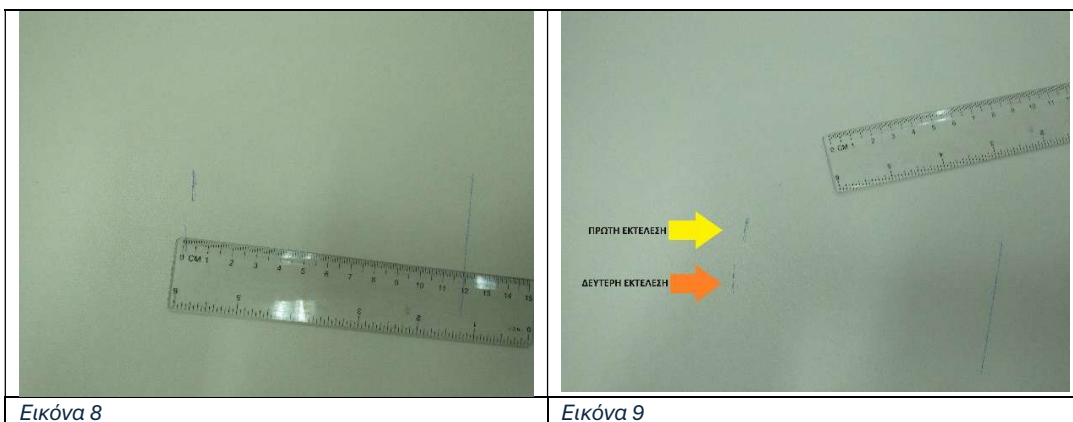
Πατάμε το τρίγωνο κουμπί του ρομπότ στο επάνω μέρος του ώστε να αρχίσει να εκτελεί το λογισμικό με το οποίο το έχουμε προγραμματίσει. Αφού περιμένει για 3 δευτερόλεπτα, ξεκινά να κινείται προς το κουτί όπου το αγγίζει και προσπαθεί να το μετακινήσει - σπρώξει. Παρατηρούμε ότι το ρομπότ δυσκολεύεται να μετακινήσει το κουτί και οι τροχοί του γλιστράνε πολλές φορές στην προσπάθεια αυτή. Αφήνουμε το ρομπότ να προσπαθεί να το μετακινήσει – σπρώξει για 7 δευτερόλεπτα. Έπειτα σταματάμε την εκτέλεση του λογισμικού του ρομπότ πατώντας το τετράγωνο κουμπί του και θέτοντάς το σε κατάσταση αναμονής. Τέλος, μετράμε την απόσταση στην οποία έφτασε το κουτί (μετά την μετακίνησή του από το ρομπότ) σε σχέση με την αρχική του θέση (τη γραμμή εκκίνησης - τοποθέτησης). Παρατηρούμε ότι η απόσταση αυτή είναι περίπου 12 εκατοστόμετρα (Εικόνα 7, δείτε 0:15 – 0:50 στο βίντεο «Τριβή και Εμβάδόν»).



Εικόνα 7

Έπειτα, εκτελούμε το ίδιο ακριβώς πείραμα διατηρώντας τα πάντα σταθερά εκτός από το εξής: τοποθετούμε το κουτί έτσι ώστε να στηρίζεται στη μικρότερου εμβαδού πλευρά του.

Κατά τη 2^η εκτέλεση του πειράματος, όπου το κουτί στηρίζεται στη μικρότερου εμβαδού πλευρά του, παρατηρούμε ότι το ρομπότ δυσκολεύεται στον ίδιο βαθμό να μετακινήσει το κουτί όπως δυσκολευότανε και κατά την πρώτη εκτέλεση του πειράματος (όταν το κουτί στηριζότανε στη μεσαίου εμβαδού πλευρά). Αυτό προκύπτει από το ότι η απόσταση στην οποία καταφέρνει το ρομπότ να το μετακινήσει είναι ίση με πριν, δηλαδή, περίπου 12 εκατοστόμετρα (Εικόνα 8, δείτε 0:51 – τέλος στο βίντεο «Τριβή και Εμβαδόν»). Τα σημεία που δείχνουν τις αποστάσεις στις οποίες έφτασε το κουτί τόσο κατά την 1^η όσο και κατά τη 2^η εκτέλεση του πειράματος φαίνονται στην εικόνα Εικόνα 9.



Συμπεράσματα:

Η τριβή μεταξύ του κουτιού και της επιφάνειας εκτέλεσης του πειράματος είναι ίση και στις 2 περιπτώσεις: είτε το κουτί στηρίζεται στη μεσαίου εμβαδού επιφάνειά του είτε στηρίζεται στη μικρού εμβαδού επιφάνειά του. Αυτό αποδεικνύεται από το γεγονός ότι το ρομπότ μετακίνησε, στο ίδιο χρονικό διάστημα κάθε φορά (7 δευτερόλεπτα), σε ίση απόσταση το κουτί από τη γραμμή εκκίνησης (12 εκατοστόμετρα) τόσο κατά την 1^η εκτέλεση του πειράματος (το κουτί στηρίζεται στη

μεσαίου εμβαδού επιφάνειά του) όσο και κατά τη 2^η εκτέλεση (το κουτί στηρίζεται στη μικρού εμβαδού επιφάνειά του). Αν το μέγεθος της επιφάνειας επηρέαζε την τριβή (εάν ήταν ανάλογο το μέγεθος της τριβής με το εμβαδόν της επιφάνειας του αντικειμένου) τότε κατά τη 2^η εκτέλεση του πειράματος θα έπρεπε η τριβή μεταξύ κουτιού και επιφάνειας εκτέλεσης πειράματος να είναι αρκετά μικρότερη σε σχέση με την τριβή μεταξύ κουτιού και επιφάνειας εκτέλεσης πειράματος κατά την 1^η εκτέλεση του πειράματος. Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα το ρομπότ να δυσκολευτεί λιγότερο κατά τη 2^η εκτέλεση του πειράματος. Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα, το ρομπότ, να καταφέρει να μετακινήσει το κουτί σε μεγαλύτερη απόσταση από ότι το μετακίνησε κατά την 1^η εκτέλεση του πειράματος. Αυτό όμως δεν συνέβη.

Άρα η τριβή μεταξύ του κουτιού και της επιφάνειας εκτέλεσης του πειράματος είναι ανεξάρτητη από το εμβαδόν της πλευράς στην οποία στηρίζεται το κουτί κάθε φορά.

Άρα η τριβή δεν εξαρτάται από το εμβαδόν της επιφάνειας του αντικειμένου το οποίο κινείται σε μια επιφάνεια.

Κεφάλαιο 3. Πειράματα Φωτός

Πείραμα 1^ο: Ανάκλαση Φωτός

Ενότητα:

Φυσικά Ε Δημοτικού – Φως: Ανάκλαση Φωτός.

Στόχος:

Να διαπιστώσουν οι μαθητές, πειραματικά, ότι το φως όταν συναντήσει μια λεία και γυαλιστερή επιφάνεια αλλάζει κατεύθυνση, δηλαδή ανακλάται.

Υλικά:

- 2 ρομπότ Edison V2
- 1 λεία και γυαλιστερή σελίδα χαρτιού A4

- Λογισμικά «Transmitter_code» και «Receiver_code» με τα οποία προγραμματίστηκαν τα 2 ρομπότ του παρόντος πειράματος (τα αρχεία «Transmitter_code» και «Receiver_code» επισυνάπτονται)

Λογισμικό του Edison

Σχετικά με το λογισμικό «Transmitter_code»: Εφόσον έχουμε ενεργοποιήσει το ρομπότ που έχει προγραμματιστεί με το λογισμικό «Transmitter_code», τότε, όταν πατήσουμε το τρίγωνο κουμπί του, το ρομπότ αρχίζει να εκτελεί το λογισμικό αυτό όπου κατά σειρά, το ρομπότ:

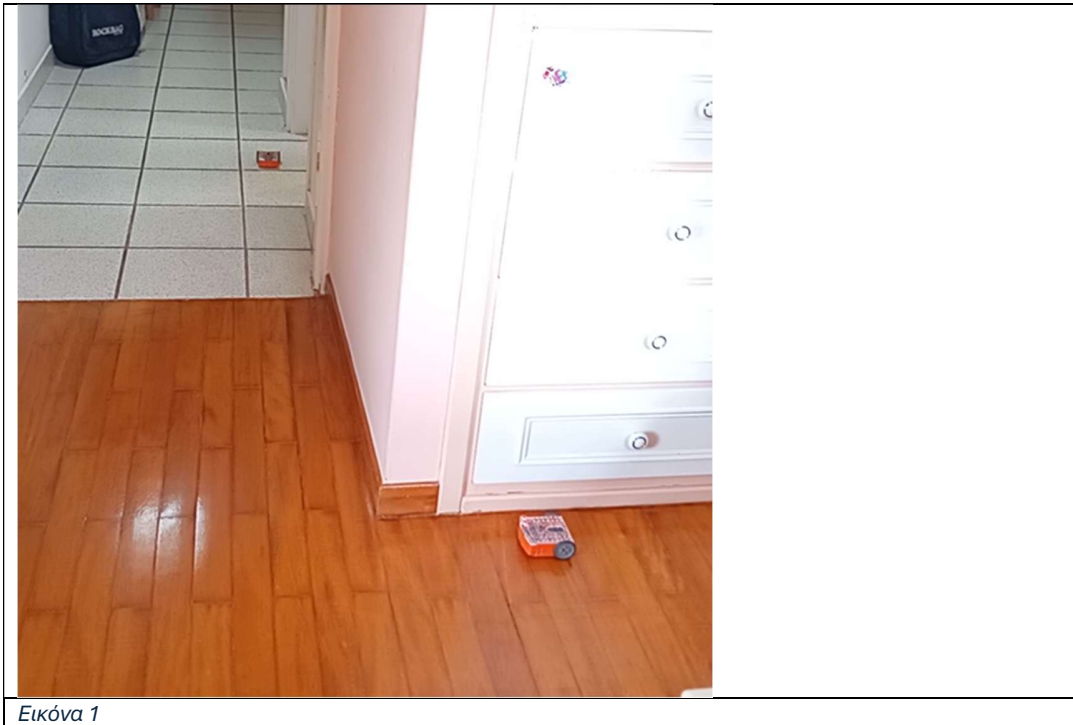
- A. Αναπαράγει μια μελωδία μικρής διάρκειας.
- B. Ανάβει τα 2 Led του.
- C. Περιμένει για 2 δευτερόλεπτα.
- D. Στέλνει κατάλληλο σήμα επικοινωνίας προς το άλλο ρομπότ.
- E. Τερματίζει την εκτέλεση του λογισμικού και μεταβαίνει σε κατάσταση αναμονής (αναβοσβήνοντας τα 2 Led του εναλλάξ).

Σχετικά με το λογισμικό «Receiver_code»: Εφόσον έχουμε ενεργοποιήσει το ρομπότ που έχει προγραμματιστεί με το λογισμικό «Receiver_code», τότε, όταν πατήσουμε το τρίγωνο κουμπί του, το ρομπότ αρχίζει να εκτελεί το λογισμικό αυτό όπου κατά σειρά, το ρομπότ:

- A. Περιμένει έως ότου λάβει κατάλληλο σήμα επικοινωνίας από το άλλο ρομπότ.
- B. Όταν λάβει κατάλληλο σήμα επικοινωνίας από το άλλο ρομπότ, τότε επαναλαμβάνει 3 φορές το παρακάτω σύνολο ενεργειών:
 - a. Εκπέμπει 1 beep.
 - b. Ανάβει τα 2 Led του τα οποία διατηρεί αναμμένα για 1 δευτερόλεπτο.
 - c. Σβήνει τα 2 Led του και τα διατηρεί σβηστά για 1 δευτερόλεπτο.
- C. Τερματίζει την εκτέλεση του λογισμικού και μεταβαίνει σε κατάσταση αναμονής (αναβοσβήνοντας τα 2 Led του εναλλάξ).

Προετοιμασία - τρόπος τοποθέτησης των 2 ρομπότ στον χώρο του πειράματος

Για την εκτέλεση του πειράματος, τοποθετούμε τα 2 ρομπότ όπως φαίνεται στην Εικόνα 1. Το ρομπότ στα δεξιά (από εδώ και κάτω θα αναφερόμαστε σε αυτό ως «r1») έχει προγραμματιστεί με το λογισμικό «Transmitter_code» ενώ το ρομπότ στα αριστερά (από εδώ και κάτω θα αναφερόμαστε σε αυτό ως «r2») έχει προγραμματιστεί με το λογισμικό «Receiver_code».



Για την επιτυχία του πειράματος, η τοποθέτηση των 2 ρομπότ έγινε με συγκεκριμένο τρόπο ο οποίος προέκυψε από τη μελέτη των χαρακτηριστικών του τρόπου επικοινωνίας των ρομπότ Edison μέσω υπέρυθρου φωτός (IR).

Ειδικότερα, σύμφωνα με τις πληροφορίες που μας παρέχει η κατασκευάστρια εταιρία των ρομπότ:

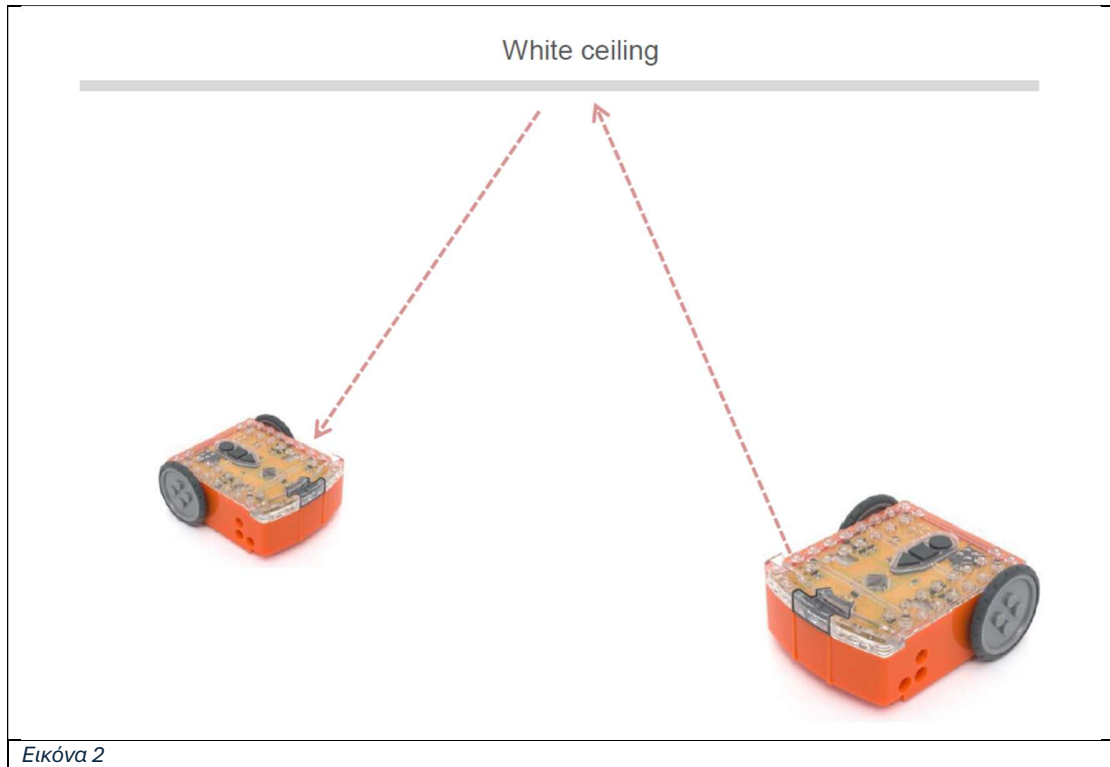
Δύο ή περισσότερα ρομπότ Edison μπορούν να επικοινωνούν μέσω υπέρυθρου (IR) φωτός. Κάθε Edison έχει πομπό (2 x IR LED) και δέκτη (μονάδα δέκτη IR) υπέρυθρου φωτός. Τα IR LED και η μονάδα δέκτη είναι παρόμοια με τα εξαρτήματα που βρίσκονται μέσα στο τηλεχειριστήριο της τηλεόρασης και στην ίδια την τηλεόραση.

Το φως υπέρυθρων μεταδίδεται από ένα Edison τόσο προς τα εμπρός όσο και προς τα πάνω μέσω των 2 x IR LED του. Το εισερχόμενο σήμα IR λαμβάνεται – ανιχνεύεται από τη μονάδα δέκτη IR τόσο από το επάνω μέρος του Edison όσο και από το μπροστινό μέρος του.

Η επικοινωνία υπέρυθρων μεταξύ δύο ρομπότ Edison εκμεταλλεύεται την ύπαρξη λευκού ταβανιού. Το λευκό ταβάνι αντανακλά πολύ καλά το φως υπέρυθρων και επιτρέπει σε δύο Edisons που δεν είναι σε άμεση οπτική επαφή μεταξύ τους να επικοινωνούν [δείτε το έγγραφο (από εδώ και κάτω θα αναφερόμαστε σε αυτό ως «έγγραφο 1») της κατασκευάστριας εταιρίας που παρέχει τις παραπάνω πληροφορίες στον παρακάτω σύνδεσμο https://meet Edison.com/content/support/Edison_Infrared_Communication_Protocol.pdf].

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω πληροφορίες από την κατασκευάστρια εταιρία των ρομπότ, τα ρ1 και ρ2 τοποθετήθηκαν όπως φαίνεται στην Εικόνα 1 έτσι ώστε να μην έχουν άμεση οπτική επαφή μεταξύ τους.

Επιπρόσθετα, έπρεπε τα 2 ρομπότ να τοποθετηθούν έτσι ώστε να μην μοιράζονται το ίδιο ταβάνι από επάνω τους ώστε η επικοινωνία μεταξύ τους να μην είναι αποτέλεσμα της ανάκλησης του υπέρυθρου φωτός στο ταβάνι του χώρου (όπως φαίνεται στην Εικόνα 2 του εγγράφου 1 της κατασκευάστρια εταιρίας των ρομπότ. Για αυτόν τον λόγο, τα ρ1, ρ2 τοποθετήθηκαν σε διαφορετικά δωμάτια (χώρους) όπου μεταξύ του ταβανιού του δωματίου που βρίσκεται το ρ1 και του ταβανιού του δωματίου που βρίσκεται το ρ2 υπάρχει διαχωριστικό το οποίο αποτρέπει το ανακλώμενο υπέρυθρο φως του ταβανιού του δωματίου του ρ1 να φτάσει και να ανιχνευθεί από το ρ2 (δείτε βίντεο «Διαχωριστικό ταβανιού» και Εικόνα 3).





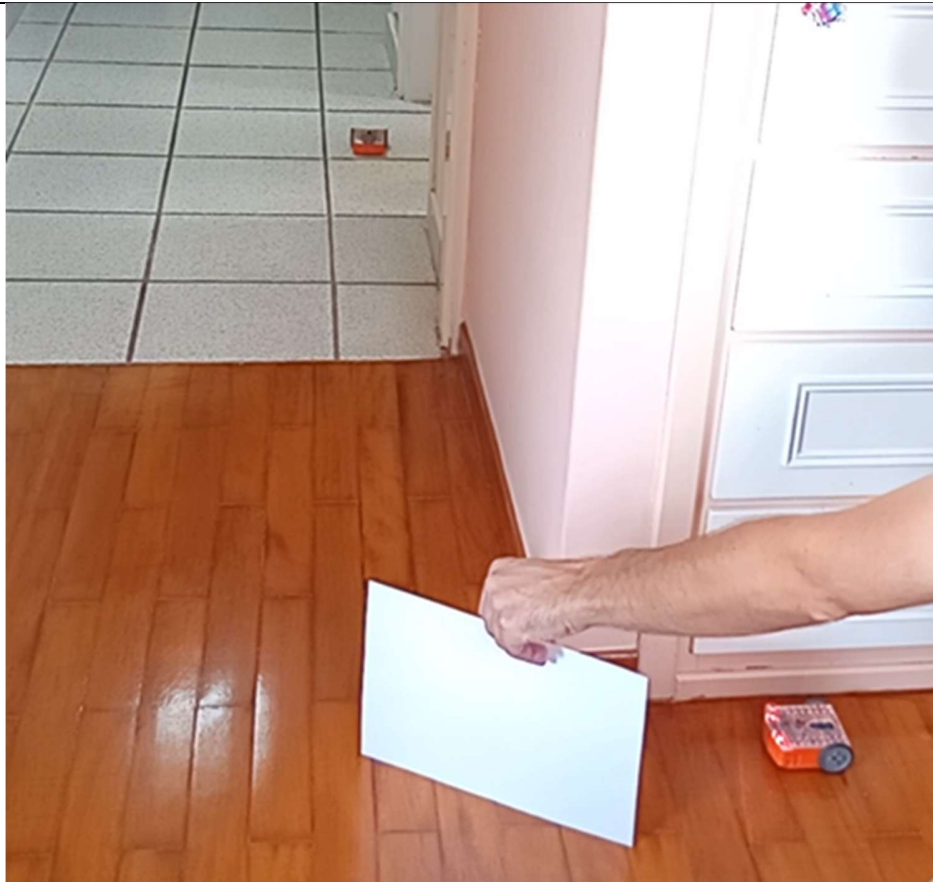
Εκτέλεση – παρατηρήσεις:

Αφού έχουμε ενεργοποιήσει και τοποθετήσει τα ρ_1 , ρ_2 όπως περιγράψαμε παραπάνω και όπως φαίνεται στην Εικόνα 1 και στο βίντεο «Ανάκλαση Φωτός», τότε, πρώτα πατάμε το τρίγωνο κουμπί του ρ_2 το οποίο έχει προγραμματιστεί με το λογισμικό «Receiver_code». Έτσι το ρομπότ ρ_2 αρχίζει να εκτελεί το λογισμικό «Receiver_code» και συνεπώς περιμένει έως ότου λάβει κατάλληλη ειδοποίηση από το ρ_1 .

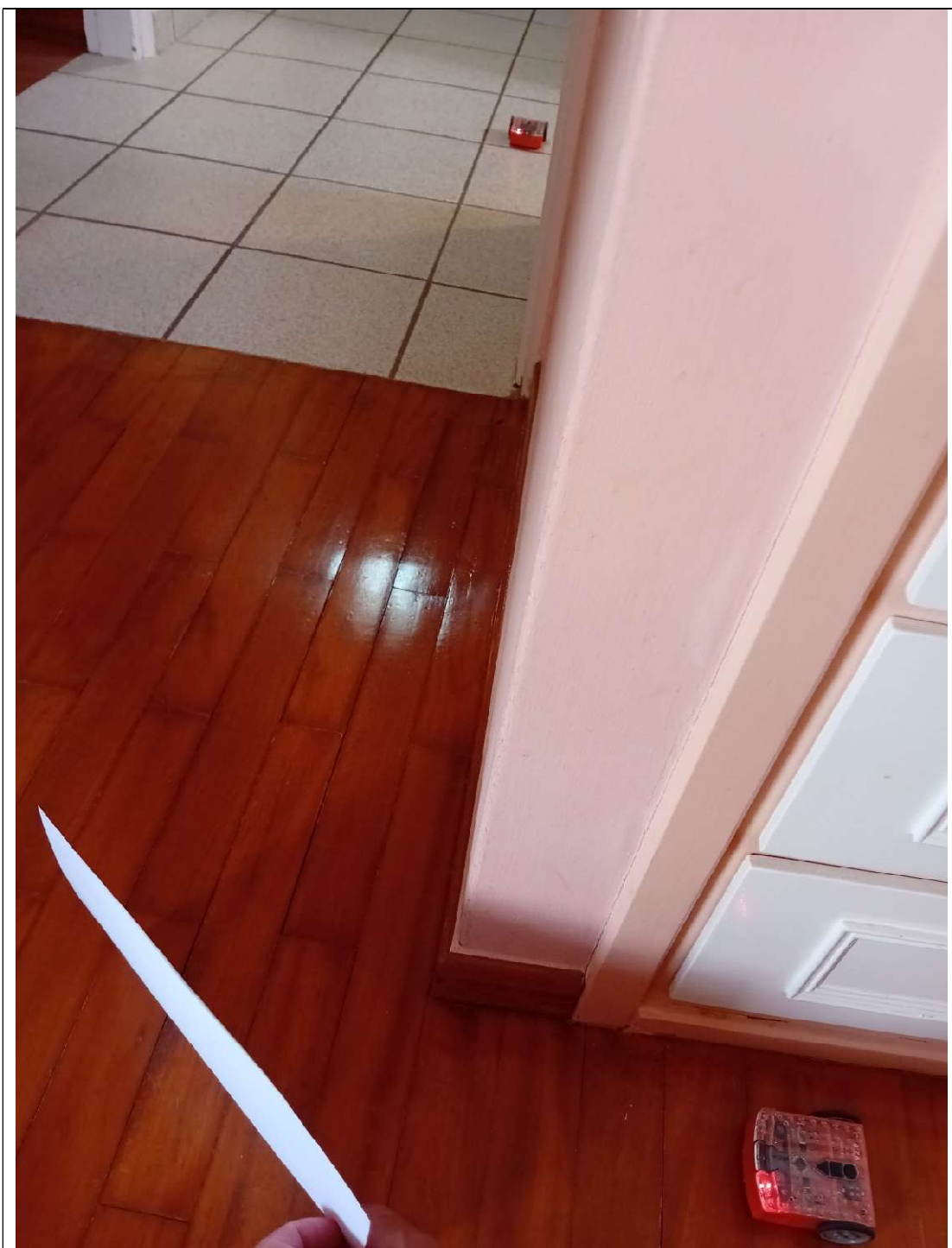
Έπειτα πατάμε το τρίγωνο κουμπί του ρ_1 το οποίο έχει προγραμματιστεί με το λογισμικό «Transmitter_code». Έτσι το ρομπότ ρ_1 αρχίζει να εκτελεί το λογισμικό «Transmitter_code» και συνεπώς εκπέμπει κατάλληλη ειδοποίηση προς το ρ_2 .

Παρατηρούμε ότι το σήμα που εξέπεμψε το ρ_1 δεν έγινε αντιληπτό από το ρ_2 .

Εκτελούμε το ίδιο ακριβώς πείραμα διατηρώντας τα πάντα σταθερά εκτός από το εξής: Τοποθετούμε τη λεία και γυαλιστερή σελίδα χαρτιού A4 όπως φαίνεται στις εικόνες Εικόνα 4, Εικόνα 5, Εικόνα 6 και στο τμήμα 0:28 – 0:40 του βίντεο «Ανάκλαση Φωτός». Εκτελώντας το πείραμα αφού τοποθετήθηκε η λεία και γυαλιστερή επιφάνεια (σελίδα χαρτιού A4) όπως περιγράψαμε, παρατηρούμε ότι το σήμα επικοινωνίας που εξέπεμψε το ρ_1 έγινε αντιληπτό από το ρ_2 .



Εικόνα 4



Εικόνα 5



Εικόνα 6

Συμπεράσματα:

Κατά την πρώτη εκτέλεση του πειράματος, το σήμα (υπέρυθρο φως) που εξέπεμψε το ρ_1 δεν έγινε αντιληπτό από το ρ_2 . Δηλαδή το υπέρυθρο φως που εξέπεμψε το ρ_1 δεν έφτασε στο ρ_2 ώστε να γίνει αντιληπτό από αυτό.

Κατά τη δεύτερη εκτέλεση του πειράματος, το σήμα (υπέρυθρο φως) που εξέπεμψε το ρ_1 έγινε αντιληπτό από το ρ_2 . Δηλαδή το υπέρυθρο φως που εξέπεμψε το ρ_1 έφτασε στο ρ_2 και έγινε αντιληπτό από αυτό. Αυτό συνέβη επειδή το υπέρυθρο φως που εξέπεμψε το ρ_1 , συναντώντας τη σελίδα χαρτιού A4 (λεία και γυαλιστερή επιφάνεια) άλλαξε πορεία, δηλαδή ανακλάστηκε, και κατευθύνθηκε προς το ρ_2 όπου έγινε αντιληπτό από τον δέκτη υπέρυθρου φωτός του.

Από τις παραπάνω παρατηρήσεις συμπεραίνουμε ότι το φως όταν συναντήσει μια λεία και γυαλιστερή επιφάνεια αλλάζει κατεύθυνση, δηλαδή ανακλάται.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα της μελέτης δεν μπορούν παρά να σχετίζονται με τα ερευνητικό ερώτημα όπως αυτό τέθηκε εξ αρχής. Διερωτηθήκαμε πως μπορούν να εφαρμοστούν τα πειράματα φυσικής στην εκπαίδευση των παιδιών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, μέσω συγκεκριμένων παραδειγμάτων; Η διενέργεια μίας σειράς πειραμάτων ήχου, τριβής και βάρους και φωτός, με απλά υλικά και μεθοδολογία, στα πλαίσια βέβαια μίας προετοιμασίας και εκτέλεσης, έδειξε ότι με αυτούς τους τρόπους μπορεί να βοηθηθεί η διδασκαλία της φυσικής στα παιδιά της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, εξοικειώνοντας τους με έννοιες της επιστήμης μέσω της παρατήρησης της καθημερινότητας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ι. ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

Αγαθαγγελίδης, Ν. (2020). *Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στο δημοτικό σχολείο- Στάσεις και πρακτικές εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης*. Πτυχιακή Εργασία. Σχολή Επιστημών Αγωγής. Αλεξανδρούπολη.

Βελέντζας, Α., και Χαλκιά, Κ. (2013). Η πρόβλεψη της έκβασης ενός πειράματος από τους μαθητές. Εμπόδια, δυσκολίες, προοπτικές. *8^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. 26-28 Απριλίου. Πρακτικά. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Βόλος, 462-470.

Γεωργακοπούλου, Β. (1996). *Ευελιξίες της Επιχείρησης και της Εργασίας*. Ινστιτούτο Εργασίας της ΓΣΕΕ, Μελέτες ΙΝΕ, ΓΣΕΕ, τεύχος 5.

Γεωργαντά, Β. (2015). *Το μαγικό και περιπετειώδες ταξίδι των ήχων*. 5^ο Δημοτικό Σχολείο Κορωπίου. Αθήνα.

<https://photodentro.edu.gr/oep/retrieve/2523/VGeorganta.pdf>

Γκίκας Α., Βιβίτσου Μ., Κονετάς Δ., και Κωτούλας Β. (2009). Sch.I.P.: Μια διασχολική συνεργασία οδηγός για τη μετάβαση σε ένα εναλλακτικό, δημοκρατικό Σχολείο. *Πρακτικά του 6ου Συνεδρίου της ΕΕΕΠ-ΔΤΠΕ, "Σχολείο 2.0"*, Πειραιάς 2009, 381-397.

Δογούλη, Α., και Φαγαντίδης, Ν. (2013). Ερευνητική δράση στη διδασκαλία της ροπής στην τεχνολογική εκπαίδευση με τη βοήθεια κατασκευών της εκπαιδευτικής ρομποτικής. *8^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. 26-28 Απριλίου. Πρακτικά. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Βόλος, 161-170.

Ευαγγέλου, Φ., και Κώτσης, Κ. (2018). *Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα πραγματικών και εικονικών πειραμάτων κατά τη διδασκαλία και μάθηση φυσικών επιστημών*, 83-103.

Ζαρκανέλα, Ε. Δ. (2016). *Η οπτικοποίηση των Πειραμάτων της Φυσικής του σχολικού εγχειριδίου της Στ' τάξης της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης*. Μεταπτυχιακή Εργασία. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Κώτσης, Θ. Κ. (2005). *Διδασκαλία Φυσικής και Πείραμα*. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Κώτσης, Θ. Κ. (2025). *Πείραμα και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. DOI: <https://doi.org/10.12681/lpet.240>.

Μήτσου, Γ., Βαβουγιός, Δ., & Σιανούδης, Ι. (2013). Χρήση ΤΠΕ στην ανάπτυξη καινοτόμου εργαστηριακού περιβάλλοντος τριτοβάθμιας εκπαίδευσης: μια πρώτη προσέγγιση στη δημιουργία ενός εργαστηρίου οπτικής απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω διαδικτύου. *8ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. 26-28 Απριλίου. Πρακτικά. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Βόλος, 179-186.

Ολυμπίου, Γ. Α. (2012). *Ανάπτυξη ενός πλαισίου συνδυασμού εικονικών και πραγματικών περιβαλλόντων πειραματισμού στις φυσικές επιστήμες*. Πανεπιστήμιο Κύπρου. Τμήμα Επιστημών Αγωγής.

Πιλάτου, Β.Χ. (Χ.Χ.) *Επιμόρφωση Εκπαιδευτικών στα Προγράμματα Σπουδών. Φυσικά. Ε΄. Στ΄ Δημοτικού. Δειγματικό Σενάριο: Διάδοση του Ήχου*. Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής.

Στυλιανού, Ν. (2023). *Τα Μαθηματικά και η Μετανεωτερικότητα*. Διπλωματική Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
<https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/handle/123456789/57461>

Τσιχουρίδης, Χ., Βαβουγιός, Δ., & Ιωαννίδης, Γ.Σ. (2013). Διδασκαλία βασικών εννοιών των ηλεκτρικών κυκλωμάτων με τη χρήση διδακτικών μοντέλων κατασκευασμένων από μαθητές Επαγγελματικών Λυκείων. *8ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. 26-28 Απριλίου. Πρακτικά. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Βόλος, 880-889.

II. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Ahmed, H.A., & La, H. M. (2019). Education-Robotics Symbiosis: An Evaluation of Challenges and Proposed Recommendations. In *IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)*. DOI: 10.1109/ISECon.2019.8881995

Al-Said, K. M. (2015). Students' perceptions of Edmodo and mobile learning and their real barriers towards them. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 14(2). <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1057371.pdf>

Alam, A. (2022). Educational Robotics and Computer Programming in Early Childhood Education: A Conceptual Framework for Assessing Elementary School Students' Computational Thinking for Designing Powerful Educational Scenarios. In *Conference: 2022 International Conference on Smart Technologies and Systems for Next Generation Computing (ICSTSN)*. DOI:10.1109/ICSTSN53084.2022.9761354

Alimisis, D. (2012). Robotics in education & education in robotics: Shifting focus from technology to pedagogy. In *Proceedings of the 3rd international conference on robotics in education* (pp. 7–14). <https://roboesl.eu/wp-content/uploads/2017/08/Robotics-in-Education-Education-in-Robotics.pdf>

Allen, M. (2014²). *Misconceptions in Primary Science*. Open University Press.

Anselmo, C. T., Prudente, M. S., Aquino, J. L. R., Dumelod, D. A., & Cabrera, F. R. (2024). A Systematic Review of the Effectiveness of Mobile Learning Tools in Enhancing Physics Education. *International Journal of Learning, Teaching & Educational Research*, 23(12): 237-257. <https://doi.org/10.26803/ijlter.23.12.13>

Arfé, B., Vardanega, T., & Ronconi, L. (2020). The effects of coding on children's planning and inhibition skills. *Computers & Education*, 148. 103807. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103807>

Atlas Collaboration et al. (2012). Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC. *Physics Letters B*. 716(1): 1-29. <https://doi.org/10.1016/j.physletb.2012.08.020>

Atmatzidou, S., & Demetriadis, S. (2016). Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences. *Robotics and Autonomous Systems*, 75(Part B), 661-670. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2015.10.008>

Besson, U., Borghi, L., & Ambrosio, A.D. (2007). *How to teach friction: Experiments and models*. DOI: 10.1119/1.2779881

Bers, M., Seddighin, S., & Sullivan, A. (2013). Ready for robotics: Bringing together the T and E of STEM in early childhood teacher education. *Journal of Technology and Teacher Education*, 21(3), 355-377. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1017014>

Bodnar, I. (2006). *Aristotle's Natural Philosophy*. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. <https://plato.stanford.edu/entries/aristotle-natphil/#Aca>

Cameron, D., Fernando, S., Millings, A., et al., (2015). Children's age influences their perceptions of a humanoid robot as being like a person or machine. In

Biomimetics and Biohybrid Systems, 348-353. DOI: 10.1007/978-3-319-22979-9_34.

Catlin, D., & Blamires, M. (2010). *The Principles of Educational Robotic Applications (ERA): A framework for understanding and developing educational robots and their activities*. The 12th EuroLogo Conference. https://repository.canterbury.ac.uk/item/86v95/the-principles-of-educational-robotic-applications-era-a-framework-for-understanding-and-developing-educational-robots-and-their-activities?utm_source=chatgpt.com

Celarevic, A., & Mrakic, I. (2023). Application of Educational Robots in Teaching. *Nauka i tehnologija* 11(1):8-16. DOI:10.58952/nit20231101008

Chalmers, C. (2017). Preparing Teachers to Teach STEM through Robotics. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 25 (4) 17-31.

https://openjournals.library.sydney.edu.au/CAL/article/view/12063?utm_source=chatgpt.com

Church, W. J., Ford, T., Perova, N. & Rogers, C. (2010). Physics with robotics—using lego mindstorms in high school education. In *2010 aaai spring symposium series*.

https://www.academia.edu/94533374/Physics_with_robotics_Using_LEGO_MIN_DSTORMS_in_high_school_education?utm_source=chatgpt.com

Clinton, N. M., & Ronoh, R. (2024). Assessing the Impact of Emerging Technologies on Teaching and Learning: A Review of Technology-Based Learning Environments. *International Journal of Research and Innovation in Social Science* VIII(IIIS): 2678-2690. DOI:10.47772/IJRISS.2024.803196S

Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2020). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 51(3), 781-797. DOI: 10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining “gamification”. In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (pp. 9-15). ACM. DOI:10.1145/2181037.2181040.

Durlak, J. A., Weissberg, R. P., Dymnicki, A. B., Taylor, R. D., & Schellinger, K. B. (2011). The Impact of Enhancing Students' Social and Emotional Learning. *Child Development*, 82(1), 405–432. <https://srcd.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-8624.2010.01564.x>

Dyson, F. W., Eddington, Ar. S. & Davidson C. (1920). IX. A determination of the deflection of light by the sun's gravitational field, from observations made at the total eclipse of May 29, 1919. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character* 220291–333. <http://doi.org/10.1098/rsta.1920.0009>

Ellermeijer, T., & Tran, T. B. (2019). Technology in teaching physics: Benefits, challenges, and solutions. In M. Pietrocola (Ed.), *Upgrading physics education to meet the needs of society* (pp.35–67). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96163-7_3 STUDIES IN SCIENCE EDUCATION 27

Eshach, H. (2006). *Science Literacy in Primary Schools and Pre-schools*. Springer, Dordrecht. The Netherlands.

Ferrarelli, P., & Iocchi, L. (2021). Learning Newtonian Physics through Programming Robot Experiments. *Technology Knowledge & Learning*, 26, 789–824 <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09508-3>

Fokides, E. (2020). *Digital educational games in primary education*. DOI: 10.4324/9780429319501-4.

Geim, A. K., & Novoselov, K. S. (2007). *The Rise of Graphene*. <https://www.semanticscholar.org/reader/7aa80a53314affc1a6b83d5fccf96fb77568cbd6>

Gerlach, W., & Stern, O. (1922) Der experimentelle Nachweis der Richtungsquantelung im Magnetfeld. *Zeitschrift für Physik*, 9, 349-352. <https://doi.org/10.1007/BF01326983>

Gomoll, A., Hmelo-Silver, C. E., Šabanović, S., & Francisco, M. (2016). Dragons, ladybugs, and softballs: Girls' STEM engagement with human-centered robotics. *Journal of Science Education and Technology*, 25(6), 899–914. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9647-z>

Harlen, W. (2015). *Teaching Science for Understanding in Elementary and Middle Schools*. <https://www.heinemann.com/products/e06159.aspx>

Harlen, W. (2013). Inquiry-based in Science and Mathematics. *Review of Science, Mathematics & ICT Education*, 7/2 (2013). <https://pasithee.library.upatras.gr/review/article/view/2042/0>

Haurie, A., & Hung, N. M. (1977). Turnpike Properties for the Optimal Use of a Natural Resource. *The Review of Economic Studies*, 44(2), 329–336. <https://doi.org/10.2307/2297070>

Hubble, E. (1929). *A Relation between Distance and Radial Velocity among Extra-Galactic Nebulae*. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1929PNAS...15..168H/abstract>

Johal, W., Jacq, A., Paiva, A. & Dillenbourg, P. (2016). Child- robot spatial arrangement in a learning by teaching activity. In *Proceedings of IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, 533-538. <https://infoscience.epfl.ch/entities/publication/bfb2c35e-b57b-4784-8f84-fbd09230a32e>

Hamner, E., Lauwers, T., Bernstein, D., Nourbakhsh, I. R., & DiSalvo CF (2008). Robot diaries: broadening participation in the computer science pipeline through social technical exploration. In: *AAAI spring symposium: using AI to motivate greater participation in computer science*, 38–43.

<https://www.ri.cmu.edu/publications/robot-diaries-broadening-participation-in-the-computer-science-pipeline-through-social-technical-exploration/>

Ioannou, A., & Makridou, E. (2018). Exploring the potentials of educational robotics in the development of computational thinking: A summary of current research and practical proposal for future work. *Education and Information Technologies*, 23(6), 2531–2544. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9729-z>

Karalekas, G., Vologiannidis, S., & Kalomiros, J. (2020). EUROPA: A Case Study for Teaching Sensors, Data Acquisition and Robotics via a ROS-Based Educational Robot. *Sensors*, 20(9), 2469. <https://doi.org/10.3390/s20092469>

Koponen, I.T., Mäntylä, T. (2006). Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A Suggestion for Epistemological Reconstruction. *Science & Education*, 15, 31–54. <https://doi.org/10.1007/s11191-005-3199-6>

Mandin, S. (2016). *Apprendre par la manipulation physique grâce aux robots*. <https://www.reseau-canope.fr/agence-des-usages/apprendre-par-la-%20manipulation-physique-grace-aux-robots.html>

Matos, M. T., & Zannin, M. (2021). Educational robotics: Building and applying an App-controlled car to study Newton's laws. *Open Education Studies*, 3(1), 49–55. <https://doi.org/10.1515/edu-2020-0139>

McRobbie, C.J., Roth, W-M., Lucas, K.B. (1997). Multiple Learning Environments in the Physics Classroom. *International Journal of Educational Research*, 27, 333-342.

https://web.uvic.ca/~mroth/teaching/591EDB/ijer.pdf?utm_source=chatgpt.com

Mikropoulos, T. A., & Bellou, I. (2013). Educational robotics as mindtools. *Themes in Science & Technology Education*, 6(1), 5-14. https://www.oalib.com/research/2259670?utm_source=chatgpt.com

Mitnik, R., Nussbaum, M., & Soto, A. (2008). An autonomous educational mobile robot mediator. *Autonomous Robots*, 25(4), 367–382. <https://doi.org/10.1007/s10514-008-9101-z>.

Mo, S. (2011). Evidence on instructional technology and student engagement in an auditing course. *Academy of Educational Leadership Journal*, 15(4), 149. <https://www.semanticscholar.org/paper/Evidence-on-Instructional-Technology-and-Student-in-Mo/08469a719b95d80f27e2e80321c8ed25cb7d3f43>

Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., et al. (2013). A Review of the Applicability of Robots in Education. *Technology for Education and Learning*, 1, 1-7. 10.2316/Journal.209.2013.1.209-0015.

National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education*. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-education-practices-crosscutting-concepts>

Ng, W., & Nguyen, V. T. (2006). Investigating the integration of everyday phenomena and practical work in physics teaching in Vietnamese high schools. *International Education Journal*, 7(1): 36-50. https://eric.ed.gov/?id=EJ847202&utm_source=chatgpt.com

Paul, R., & Elder, L. (2006). Critical Thinking: The Nature of Critical and Creative Thought. *Journal of Developmental Education*, 30(2), 34–35. https://www.sciepub.com/reference/446432?utm_source=chatgpt.com

Piaget, J. (1950). *The psychology of intelligence*. Harcourt, Brace.

Purnawarman, P., Susilawati, S., & Sundayana, W. (2016). The use of Edmodo in teaching writing in a blended learning setting. *Indonesian Journal of Applied Linguistics*, 5(2), 242-252. 52(1), 1-12. DOI: 10.17509/ijal.v5i2.1348.

Rutherford, E. (1911). LXXIX. The scattering of α and β particles by matter and the structure of the atom. *Philosophical Magazine Series* 6, 21: 125, 669 — 688. <https://web.mit.edu/8.13/8.13c/references-fall/rutherford/rutherford-scattering-of-alpha-and-beta-particles.pdf>

Ryan, R.M., & Deci, E. L. (2000). *Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being*. https://selfdeterminationtheory.org/SDT/documents/2000_RyanDeci_SDT.pdf

Santos, J. M., & Castro, R. L.S. (2019). *Tech Teach: Acquisition of Physics-Related Knowledge and Scientific Inquiry Skills Through Educational Robotics*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3440971>

Sayer, A. (1986). New Developments in Manufacturing: The Just-in-Time System. *Capital & Class*, 10(3), 43-72. <https://doi.org/10.1177/030981688603000105>

Schaal, S. (2007) The new robotics—towards human-centered machines. *HFSPJ* 1(2): 115–126. DOI: 10.2976/1.2748612.

Schade, C.D. (2014). *Collecting evidence for the permanent coexistence of parallel realities: An interdisciplinary approach. Novel foundations and perspectives for the decision sciences*. Working paper series 1. https://www.wiwi.hu-berlin.de/de/professuren/bwl/ebdm/forschung/multiverse_wp_version_july_2014.pdf

Sterling, S. R. (2001). *Sustainable Education: Re-visioning Learning and Change*. Green Books.

Stubbs, K., & Yanco, H. (2009). Stream: a workshop on the use of robotics in K-12 STEM education. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 16(4):17–19. DOI: 10.1109/MRA.2009.934830.

Tan, E., Calabrese Barton, A., Kang, H., & O'Neill, T. (2013) Desiring a career in STEM-related fields: how middle school girls articulate and negotiate identities-in-practice in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 50:1143–1179. doi:10.1002/tea.21123

Tomara, M., Tselfes, V., & Gouscos, D. (2017). Instructional strategies to promote conceptual change about force and motion: A review of the literature. *Themes in Science and Technology Education*, 10(1), 1–16. <http://ouranos.edu.uoi.gr/theste/index.php/theste/article/viewFile/236/129>

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: Development of Higher Psychological Processes* (M. Cole, V. Jolm-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, Eds.). Harvard University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4>

Wang, Z., Chen, L., & Anderson, T. (2014). A framework for interaction and cognitive engagement in connectivist learning contexts. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 15(2). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v15i2.1709>

Williams, D., Ma, Y., Prejean, L., & Ford, M. J. (2008). Acquisition of physics content knowledge and scientific inquiry skills in a robotics summer camp. *Journal of Research on Technology in Education*, 40, 201–216. DOI: 10.1080/15391523.2007.10782505.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1118178.1118215>

III. ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

“William Harvey: References & Edit History”. <https://www.britannica.com/biography/William-Harvey/additional-info#history>

Donovan, A. L. “Antoine Lavoisier”. <https://www.britannica.com/biography/Antoine-Lavoisier>

Faraday, M. “Experimental researches in electricity”. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspl.1830.0051>

Francis Bacon: <https://plato.stanford.edu/cgi-bin/encyclopedia/archinfo.cgi?entry=francis-bacon>

Friedman, J.I. “Deep inelastic scattering: Comparisons with the quark model”. <https://www.fzu.cz/~chyla/talks/others/friedman.pdf>

Galileo Galilei: <https://plato.stanford.edu/cgi-bin/encyclopedia/archinfo.cgi?entry=galileo>

Michelson, A. A., & Morley, E.W. “On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether”. <https://ajsonline.org/article/62505>

Newton Isaac: <https://plato.stanford.edu/cgi-bin/encyclopedia/archinfo.cgi?entry=newton>

Robert Boyle: <https://plato.stanford.edu/cgi-bin/encyclopedia/archinfo.cgi?entry=boyle>

“René Descartes”. <https://plato.stanford.edu/entries/descartes/>

Young, T. “I. The Bakerian Lecture. Experiments and calculations relative to physical optics”. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstl.1804.0001>