



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ - ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ, ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΕΝΝΟΙΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ
Ε' ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ**

ΖΟΥΡΜΠΑΚΗΣ ΑΛΚΙΝΟΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΡΟΔΟΣ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2019

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ - ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Εκπαιδευτικές εφαρμογές ρομποτικής και εικονικής πραγματικότητας:
Προσαρμογή, εφαρμογή και αξιολόγηση λογισμικού για τη διδασκαλία εννοιών
μηχανικής σε μαθητές Ε' Δημοτικού*

*

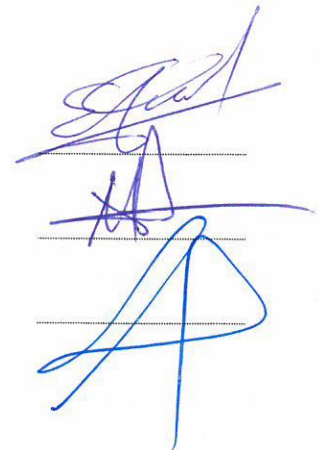
*Adaptation, implementation, and evaluation of educational robotics and virtual
reality applications for mechanics concepts to 5th grade primary students*

ΖΟΥΡΜΠΙΑΚΗΣ ΑΛΚΙΝΟΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Επιβλέπων/ουσα: Φωκίδης Εμμανουήλ, Επίκουρος Καθηγητής

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή στις 11/6/2019

1. Φωκίδης Εμμανουήλ, Επίκουρος Καθηγητής
2. Σκουμιός Μιχαήλ, Αναπληρωτής Καθηγητής
3. Σοφός Αλιβίζος, Καθηγητής



ΡΟΔΟΣ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2019

Δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πρωτότυπης μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας, ότι έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες και ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για το συγκεκριμένο Π.Μ.Σ.

ΖΟΥΡΜΠΙΑΚΗΣ ΑΛΚΙΝΟΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ - ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΖΟΥΡΜΠΑΚΗΣ ΑΛΚΙΝΟΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
A.M: 413/2017009

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
**ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ, ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΕΝΝΟΙΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ
Ε' ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΦΩΚΙΔΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΑΝ/ΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΣΟΦΟΣ ΑΛΙΒΙΖΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΑΝ/ΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΣΚΟΥΜΙΟΣ ΜΙΧΑΗΛ ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΑΝ/ΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΡΟΔΟΣ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2019

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας αυτή την εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα άτομα που βοήθησαν στην διεκπεραίωση της.

Κατ' αρχήν, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της παρούσας εργασίας, Εμμανουήλ Φωκίδη για την πολύτιμη βοήθεια του στο σχεδιασμό και διεκπεραίωση της. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς επιτροπής, Αλιβίζο Σοφό και Μιχαήλ Σκουμίο για τη συμμετοχή τους στην συμβουλευτική επιτροπή.

Επιπλέον, οφείλω να ευχαριστήσω το καθηγητή Δημήτρη Σταύρου του πανεπιστημίου Κρήτης και τον Αναγνωστάκη Σίμο μέλος Ε.ΔΙ.Π του πανεπιστημίου Κρήτης για την πολύτιμη βοήθεια τους στην εκπλήρωση της έρευνας επιτρέποντας μου να χρησιμοποιήσω υλικά από το εργαστήριο Φ.Ε, κουτιά Lego Mindstorm EV3 αλλά και για τις πολύτιμες συμβουλές τους.

Ακόμα, ένα θερμό ευχαριστώ στους διευθυντές και εκπαιδευτικούς των σχολείων που πήραν μέρος στην έρευνα, διαθέτοντας μου χρόνο και επιτρέποντας μου να πραγματοποιήσω τις διδασκαλίες στα σχολεία τους.

Επίσης, ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ στο φίλο μου Βαγγέλη Μανουσάκη για τη συνεισφορά του στην κατασκευή του περιβάλλοντος εικονικής πραγματικότητας αλλά και στη Φωτεινή Κοντάκη για τη πολύτιμη βοήθεια και στήριξη της σε όλη τη διάρκεια αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου, για την αμέριστη στήριξη και εμπιστοσύνη τους, χωρίς την οποία η ολοκλήρωση των σπουδών μου θα ήταν υπερβολικά δύσκολη.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	ii
Περιεχόμενα	iii
Κατάλογος πινάκων	vi
Κατάλογος Διαγραμμάτων.....	vi
Κατάλογος εικόνων.....	vii
Ακρωνύμια	viii
Περίληψη	1
Abstract	2
Εισαγωγή	3
1. Εικονική πραγματικότητα και ρομποτική	6
1.1. Εικονική πραγματικότητα	6
1.2. Ρομποτική και ρομπότ	13
2. Η αξιοποίηση της ΕΠ και της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην εκπαίδευση	18
2.1. Εικονικά Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα	18
2.2. Η χρήση των ΕΕΠ στην εκπαίδευση	19
2.3. Πλεονεκτήματα της αξιοποίησης της ΕΠ στην εκπαίδευση	21
2.4. Προβλήματα στην αξιοποίηση της ΕΠ στην εκπαίδευση	23
2.5. Εκπαιδευτική Ρομποτική	25
2.6. Η χρήση της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην εκπαίδευση	25
2.7. Πλεονεκτήματα της αξιοποίησης της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην εκπαίδευση.....	28
2.8. Προβλήματα στη αξιοποίηση της ΕΠ στην εκπαίδευση.....	29
3. Διδακτική Φυσικών Επιστημών	31
3.1. Εισαγωγή	31

3.2. Θεωρίες μάθησης που αφορούν την διδασκαλία Φ.Ε	31
3.2.1. Παραδοσιακό μοντέλο	31
3.2.2. Ανακαλυπτικό μοντέλο	32
3.2.3. Κονστρουκτιβιστικό μοντέλο	32
3.2.4 Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και η εννοιολογική αλλαγή	33
3.2.5 Επιστημονικός τρόπος σκέψης- Επιστημονικός εγγραμματισμός	34
3.2.6. Πειραματική διαδικασία	35
3.2.7. Μάθηση μέσω διερεύνησης στις Φ.Ε	36
3.2.8. Το μοντέλο των 5Ε	36
3.3 Διδασκαλία των Φ.Ε και αναλυτικά προγράμματα στην Ελλάδα και το εξωτερικό ...	37
3.3.1 Αναλυτικό πρόγραμμα Ελλάδας	38
3.3.2 Αναλυτικό πρόγραμμα στη Ιρλανδία	39
3.3.3 Αναλυτικό πρόγραμμα Φινλανδία	39
3.3.4 Αναλυτικό πρόγραμμα στη Πολωνία	40
3.4 Συμπέρασμα	40
4. Έρευνες σχετικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τις έννοιες της ταχύτητας, της επιτάχυνσης και της τριβής	42
4.1 Εισαγωγή	42
4.2. Αντιλήψεις σχετικά με τη ταχύτητα	42
4.3. Αντιλήψεις σχετικά με τη επιτάχυνση	43
4.4. Αντιλήψεις σχετικά με τη τριβή	44
5. Προβληματισμός της έρευνας, κατασκευή και παρουσίαση πειραμάτων	46
5.1. Κατασκευή Εικονικού Εκπαιδευτικού Περιβάλλοντος	46
5.1.1. Επιλογή συστήματος ΕΠ	46

5.1.2. Κριτήρια κατασκευής ΕΕΠ	47
5.1.3. Δυσκολίες που παρουσιάστηκαν κατά την κατασκευή του ΕΕΠ	48
5.2. Κατασκευή πειραμάτων εκπαιδευτικής ρομποτικής	49
5.2.1 Μεθοδολογία κατασκευής δραστηριοτήτων εκπαιδευτικής ρομποτικής	49
5.3. Παρουσίαση των πειραμάτων	50
5.4. Πειράματα/Δραστηριότητες συμβατικής διδασκαλίας	51
5.4.1 Ταχύτητα.....	51
5.4.2. Επιτάχυνση.....	52
5.4.3. Τριβή.....	52
5.5. Πειράματα/Δραστηριότητες διδασκαλιών με τη χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής...55	
5.5.1. Ταχύτητα	55
5.5.2. Επιτάχυνση	57
5.5.3. Τριβή	59
5.6. Πειράματα/Δραστηριότητες διδασκαλιών με τη χρήση εικονικής πραγματικότητας..62	
5.6.1. Ταχύτητα	64
5.6.2. Επιτάχυνση	66
5.6.3. Τριβή	68
6. Μεθοδολογία της έρευνας	72
6.1. Δείγμα	72
6.2. Ερευνητικός σχεδιασμός	72
6.2.1 Ανάπτυξη πειραματικών δραστηριοτήτων	72
6.2.2 Σχεδιασμός των διδασκαλιών	72
6.2.3 Σχέδια διδασκαλίας	73
6.2.4 Ταχύτητα	73

6.2.5. Επιτάχυνση	79
6.2.6. Τριβή	84
6.3 Ερευνητικά εργαλεία	89
6.4 Πραγματοποίηση των διδασκαλιών	90
6.5 Συλλογή και επεξεργασία των αποτελεσμάτων	91
7. Στατιστική Ανάλυση	92
7.1. Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA)	92
7.2. Ανάλυση δεδομένων έρευνας	93
7.3. Ανάλυση των Αποτελεσμάτων	94
7.4. Αποτελέσματα ερωτηματολογίου για τις απόψεις και εντυπώσεις των μαθητών σχετικά με την εφαρμογή	98
8. Συζήτηση	105
9. Συμπεράσματα	114
Βιβλιογραφία	116
Παράρτημα Α1.....	136
Παράρτημα Α2.....	161

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 7.1. Κατανομή κατά φύλο των παιδιών που συμμετείχαν στην έρευνα	95
Πίνακας 7.2. Διαφορές στα φύλλα αξιολόγησης ανά ομάδα	97
Πίνακας 7.3. Αποτελέσματα post-hoc ελέγχων για τα φύλλα αξιολόγησης των ομάδων ΕΠ, ΕΡ, ΣΔ	97
Πίνακας 7.4. Περιγραφικά χαρακτηριστικά κλιμάκων ερωτηματολογίου	99
Πίνακας 7.5. Σύγκριση κλιμάκων ερωτηματολογίου ανά ομάδα ΕΠ ή ΕΡ	100

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 7.1. Θηκόγραμμα αρχικής αξιολόγησης στις ομάδες ΕΠ, ΕΡ και ΣΔ	96
---	----

Διάγραμμα 7.2. Θηκογράμματα των 16 κλιμάκων του ερωτηματολογίου παρουσιαζόμενες σε 3 μέρη (a) και (b) και (c)	102
---	-----

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 5.1. Πείραμα ταχύτητας.....	52
Εικόνα 5.2. Τοποθέτηση χαρτονιού με τη χρήση μοιρογνωμονίου.....	52
Εικόνα 5.3. Θέσεις μπάλας στο πείραμα.....	53
Εικόνα 5.4. Κομμάτια φελιζόλ δεμένα με σπάγκο.....	53
Εικόνα 5.5. Επιφάνειες του φελιζόλ.....	54
Εικόνα 5.6. Τελική κατασκευή με φελιζόλ.....	54
Εικόνα 5.7. Τρόπος εκτέλεσης πειράματος.....	54
Εικόνα 5.8. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε στις διδασκαλίες.....	55
Εικόνα 5.9. Αρχική θέση ρομπότ.....	56
Εικόνα 5.10. Αποτελέσματα πρώτης δραστηριότητας.....	56
Εικόνα 5.11. Αποτελέσματα προγράμματος acceleration1.....	57
Εικόνα 5.12. Αποτελέσματα προγράμματος acceleration2.....	58
Εικόνα 5.13. Αποτελέσματα προγράμματος accelerationtime1.....	58
Εικόνα 5.14. Αποτελέσματα προγράμματος accelerationtime2.....	59
Εικόνα 5.15. Αρχική θέση του ρομπότ.....	60
Εικόνα 5.16. Αποτέλεσμα τραβήγματος φορτίου 50 γραμμαρίων στο πάτωμα.....	60
Εικόνα 5.17. Αποτέλεσμα τραβήγματος φορτίου 50 γραμμαρίων στο κόκκινο γυαλόχαρτο..	61
Εικόνα 5.18. Αποτέλεσμα τραβήγματος φορτίου 50 γραμμαρίων στο μαύρο γυαλόχαρτο...	61
Εικόνα 5.19. Αρχική οθόνη.....	62
Εικόνα 5.20. Κυρίως μενού.....	63
Εικόνα 5.21. Οπτική από αριστερά και δεξιά αντίστοιχα.....	63
Εικόνα 5.22. Οπτική από μπροστά προς τα πίσω και θέσης οδηγού.....	64

Εικόνα 5.23. Αρχική θέση.....	65
Εικόνα 5.24. Τελική θέση πρώτης δραστηριότητας στη ταχύτητα πατώντας το πλήκτρο «1».....	65
Εικόνα 5.25. Τελική θέση δεύτερης δραστηριότητας στη ταχύτητα πατώντας το πλήκτρο «1».....	66
Εικόνα 5.26. Τελική θέση τρίτης δραστηριότητας στη ταχύτητα πατώντας το πλήκτρο «1» και «3» αντίστοιχα.....	66
Εικόνα 5.27. Τελική θέση πρώτης δραστηριότητας στην επιτάχυνση πατώντας το πλήκτρο «1» και «2» αντίστοιχα.....	67
Εικόνα 5.28. Τελική θέση δεύτερης δραστηριότητας στην επιτάχυνση πατώντας το πλήκτρο «1».....	68
Εικόνα 5.29. Τελική θέση δεύτερης δραστηριότητας στην επιτάχυνση πατώντας το πλήκτρο «1» και «2» αντίστοιχα.....	68
Εικόνα 5.30. Διαφορετικά περιβάλλοντα στα προγράμματα της τριβής.....	69
Εικόνα 5.31. Αποτέλεσμα πρώτου περιβάλλοντος πρώτου προγράμματος της τριβής.....	69
Εικόνα 5.32. Αποτελέσματα δεύτερου και τρίτου περιβάλλοντος του πρώτου προγράμματος της τριβής.....	70
Εικόνα 5.33. Αποτέλεσμα πρώτου περιβάλλοντος δεύτερου προγράμματος της τριβής.....	70
Εικόνα 5.34. Αποτελέσματα πρώτου και δεύτερου περιβάλλοντος του τρίτου προγράμματος της τριβής.....	71
Εικόνα 5.35. Αποτέλεσμα τρίτου περιβάλλοντος του τρίτου προγράμματος της τριβής.....	71
Εικόνα 5.36. Αποτελέσματα του τέταρτου προγράμματος της τριβής.....	71

Ακρωνύμια

3D	3-Dimensional
VR	Virtual Reality
ΑΠΣ	Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών
ΔΕΠΠΣ	Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών

ΕΕΠ	Εικονικά Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα
ΕΠ	Εικονική Πραγματικότητα
ΕΡ	Εκπαιδευτική ρομποτική
ΠΕΠ	Περιβάλλοντα Εικονικής Πραγματικότητας
ΠΣ	Πρόγραμμα Σπουδών
ΤΠΕ	Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών
ΣΔ	Συμβατική Διδασκαλία
ΦΕ	Φυσικές Επιστήμες

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η διδασκαλία εννοιών της μηχανικής με τη χρήση περιβάλλοντος εικονικής πραγματικότητας και εκπαιδευτικής ρομποτικής. Σκοπός της έρευνας είναι να διερευνηθεί κατά πόσο η χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής και εικονικής πραγματικότητα μπορεί να συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση εννοιών της μηχανικής, όπως η ταχύτητα, η επιτάχυνση και η τριβή. Για το σκοπό αυτό, επιλέχθηκαν και οργανώθηκαν τρεις ομάδες μαθητών της Ε' τάξης του δημοτικού, οι οποίες διδάχθηκαν το ίδιο περιεχόμενο με τρεις διαφορετικούς τρόπους διδασκαλίας. Η πρώτη ομάδα διδάχθηκε στα πλαίσια ομαδοσυνεργατικής διερευνητικής μάθησης αξιοποιώντας ένα περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας, η δεύτερη ομάδα έκανε χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής, εφαρμόζοντας ομοίως μία μέθοδο ομαδοσυνεργατικής διερευνητικής μάθησης, ενώ η τρίτη ομάδα χρησιμοποίησε συμβατικά μέσα διδασκαλίας. Για τις ανάγκες της έρευνας, κατασκευάστηκαν δραστηριότητες με τη χρήση υλικών Lego Mindstorm (εκπαιδευτική ρομποτική) και ένα περιβάλλον ΕΠ με τη χρήση προγράμματος σχεδιασμού (Unity3D). Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση φύλλων αξιολόγησης, τεστ πριν και μετά την ολοκλήρωση των διδαχτικών παρεμβάσεων, ενώ στις ομάδες που έκαναν χρήση περιβάλλοντος ΕΠ και εκπαιδευτικής ρομποτικής δόθηκε ερωτηματολόγιο προκειμένου να καταγραφούν οι εντυπώσεις τους από τη χρήση αυτών των εργαλείων. Τα αποτελέσματα παρουσίασαν ότι οι μαθητές που έκαναν χρήση του περιβάλλοντος ΕΠ είχαν υψηλότερες επιδόσεις σε σχέση με τους μαθητές που χρησιμοποίησαν συμβατικά μέσα διδασκαλίας (ομάδα ελέγχου), παρόλο που σε μία περίπτωση η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Επίσης, η χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής δεν φάνηκε να επηρεάζει την επίδοση των μαθητών της δεύτερης ομάδας σε σχέση με τις άλλες ομάδες, εκτός της περίπτωσης της διατήρησης της γνώσης (post-test) σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Η έρευνα έδειξε τη θετική ή μη επίδραση της εικονικής πραγματικότητας και της εκπαιδευτικής ρομποτικής στις επιδόσεις των μαθητών. Επίσης, φάνηκε η θετική στάση των μαθητών ως προς τα συγκεκριμένα εργαλεία αλλά και τα στοιχεία που δεν τους εντυπωσίασαν, ενώ έγινε φανερή η ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση.

Λέξεις κλειδιά: περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας, εκπαιδευτική ρομποτική, ομαδοσυνεργατική διερευνητική μάθηση, ταχύτητα, επιτάχυνση, τριβή

Abstract

The subject of this paper is the teaching of engineering concepts using virtual reality environments and educational robotics. The purpose of the research is to investigate whether the use of educational robotics and virtual reality can contribute to a better understanding of engineering concepts such as speed, acceleration and friction. For this purpose, three groups of 5th grade primary students were selected, organized, and were taught the same content in three different teaching methods. The first group used a collaborative inquiry teaching method and a virtual reality environment, the second group used the same teaching method with educational robotics, while the third group used conventional teaching tools. For the sake of this research, some Lego Mindstorm (educational robotics) activities and a VR environment were developed using a design platform (Unity3D). The data collection was done using evaluation sheets, pre-tests, post-tests and questionnaires from the groups that used VR environment and educational robotics in order to capture their impressions of the use of these tools. The results showed that students who used the VR environment had higher scores than those who used conventional teaching tools (control group), although in one case the difference was not statistically significant. Also, the use of educational robotics did not seem to affect the performance of the second group of students compared to the other groups, except in the case of post-test in relation to the control group. The research has shown the positive or non-effect of virtual reality and educational robotics on students' performance. Also, despite the observation of the students' positive attitude towards these tools there were also elements that did not impress them; while the need for further investigation emerged.

Keywords: virtual reality environment, educational robotics, collaborative inquiry teaching method, speed, acceleration, friction

Εισαγωγή

Η προσαρμογή της εκπαίδευση στις ανάγκες της σημερινής εποχής της πληροφόρησης, της ραγδαίας τεχνολογικής ανάπτυξης και της γρήγορης απαξίωσης της γνώσης αποτελεί ακόμα και σήμερα κέντρο συζητήσεων παγκοσμίως (Voogt & Roblin, 2012). Η διδασκαλία Φ.Ε αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της σύγχρονης εκπαίδευσης και έχει βρεθεί συχνά στο επίκεντρο αλλαγών ακολουθώντας τις τάσεις που επικρατούν στον επιστημονικό χώρο. Ακόμα, η τεχνολογία, η οποία αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της σημερινής κοινωνίας και ζωής, ενσωματώνεται με ραγδαίους ρυθμούς στην εκπαίδευση ως αντικείμενο αλλά και ως μέσο διδασκαλίας προκαλώντας αλλαγές σε όλες τις πτυχές της εκπαίδευσης. Η επιρροή της αλλά και η σχέση που έχει η τεχνολογία με την εκπαίδευση και ιδιαίτερα με τη διδακτική Φ.Ε γίνεται ξεκάθαρη με το νέο πρόγραμμα σπουδών, όπου η ένταξη και η συσχέτιση της με το διδακτικό περιεχόμενο αρχίζει από τις πρώτες τάξεις της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Η διδασκαλία εννοιών της μηχανικής, όπως η ταχύτητα, η επιτάχυνση και η τριβή, έχουν αποτελέσει κέντρο έρευνας εδώ και αρκετές δεκαετίες (Halloun & Hestenes, 1985; Hahner & Spencer, 1998;). Παρόλα αυτά, ακόμα και σήμερα, οι μαθητές φαίνεται να δυσκολεύονται να κατανοήσουν και να ξεχωρίσουν τις συγκεκριμένες έννοιες (Hancer & Durkan, 2007; Erceg & Aviani, 2012). Οι συγκεκριμένες έννοιες διδάσκονται πρώτη φορά στο δημοτικό σχολείο στην Ε' τάξη, στην ενότητα μηχανική.

Η ένταξη της τεχνολογίας στη διδακτική Φ.Ε έδωσε νέες δυνατότητες στο τρόπο διερεύνησης και κατανόησης φαινομένων και εννοιών. Νέα εργαλεία και μέσα, όπως η εκπαιδευτική ρομποτική ή η εικονική πραγματικότητα, σε συνδυασμό με τις νέες παιδαγωγικές μεθόδους είχαν ως αποτέλεσμα την αλλαγή στον τρόπο προσέγγισης δυσκολονόητων συχνά εννοιών με ενθαρρυντικά αποτελέσματα (Altin & Pedaste, 2013; Faour & Ayoubi, 2018).

Η εικονική πραγματικότητα αφορά την κατασκευή και χρήση ενός τρισδιάστατου περιβάλλοντος, όπου ο χρήστης αλληλεπιδρά με αυτό, αποκτώντας μία προσομοιωμένη αίσθηση ότι βρίσκεται στον πραγματικό κόσμο (Guttentag, 2010). Η χρήση της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση και ιδιαίτερα στην διδασκαλία Φ.Ε (Kim, Lee & Thomas, 2012; Schofield, 2014) φαίνεται να ενισχύει την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα την αύξηση του ενδιαφέροντος και της επιθυμίας του μαθητή να συμμετάσχει στη μαθησιακή διαδικασία (Huang et al., 2010; Chandramouli, Zahraee & Winer, 2014). Η οπτικοποίηση, η αναπαράσταση και η παρατήρηση πειραμάτων σε ένα ασφαλές, ελεγχόμενο και ρεαλιστικό περιβάλλον, παρέχοντας ταυτόχρονα τη δυνατότητα επανάληψης των δραστηριοτήτων, μπορεί να οδηγήσει στην ορθή κατανόηση επιστημονικών μοντέλων και εννοιών που στην πραγματικότητα θα ήταν ιδιαίτερα δύσκολο (Smetana και Bell 2012; Boas, 2013; Kozhevnikov, Gurlitt & Kozhevnikov, 2013). Η εκπαιδευτική

ρομποτική σχετίζεται με την κατασκευή και χρήση ρομπότ από τους μαθητές, δηλαδή «μηχανικά κατασκευασμένων μηχανών οι οποίες μπορούν να αισθάνονται, να σκέπτονται και να δρουν» (Bekey, 2011). Δίνοντας, με αυτό τον τρόπο, τη δυνατότητα στους μαθητές να βάλουν σε ένα πλαίσιο αυτό που μαθαίνουν διευκολύνοντας παράλληλα την έκφραση των ιδεών και αντιλήψεών τους (Church, Ford, Perova, & Rogers, 2010). Η χρήση της εκπαιδευτικής ρομποτικής, η οποία αφορά σε μεγάλο βαθμό κυρίως τη διδασκαλία των Φ.Ε, παρουσιάζει αρκετά θετικά στοιχεία όσον αφορά την εμπλοκή των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία, την ανάπτυξη δεξιοτήτων και κριτικής σκέψης, υψηλότερες επιδόσεις κ.α (Alimisis, 2012; Barker, Nugent & Grandgenett, 2014). Η δυνατότητα μεταφοράς και απεικόνισης δυσκολονόητων εννοιών από τους μαθητές σε ένα ασφαλές και ρεαλιστικό περιβάλλον, με ευκολία μετρήσεων και επαναλήψεις, μπορεί να οδηγήσει στην καλύτερη κατανόηση και πρακτική χρήση αυτών των εννοιών (Chalmers, Chandra, Hudson & Hudson, 2012).

Με βάση τα παραπάνω δημιουργήθηκε ο προβληματισμός, κατά πόσο η χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής και εικονικής πραγματικότητας μπορεί να βελτιώσει τις γνώσεις των μαθητών σχετικά με τις έννοιες της μηχανικής.

Σκοπός της έρευνας είναι να διερευνήσει κατά πόσο η χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής και εικονικής πραγματικότητας μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση εννοιών της μηχανικής όπως η ταχύτητα, η επιτάχυνση και η τριβή.

Το κύριο ερευνητικό ερώτημα της εργασίας:

- Κατά πόσο η χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής και εικονικής πραγματικότητας μπορεί να βελτιώσει τις γνώσεις των μαθητών σε έννοιες της μηχανικής;

Δευτερεύοντα ερευνητικά ερωτήματα είναι:

- Υπάρχει διαφοροποίηση ανάμεσα στις γνώσεις που απέκτησαν οι μαθητές που χρησιμοποίησαν την εκπαιδευτική ρομποτική και σε αυτούς που παρακολούθησαν τις διδασκαλίες με συμβατικά μέσα;
- Υπάρχει διαφοροποίηση ανάμεσα στις γνώσεις που απέκτησαν οι μαθητές που χρησιμοποίησαν το περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας και σε αυτούς που παρακολούθησαν διδασκαλίες με συμβατικά μέσα;
- Υπάρχει διαφοροποίηση ανάμεσα στις γνώσεις που απέκτησαν οι μαθητές που χρησιμοποίησαν το περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας και σε αυτούς που χρησιμοποίησαν την εκπαιδευτική ρομποτική;
- Ποιες είναι οι απόψεις των μαθητών για την εκπαιδευτική ρομποτική και την εικονική πραγματικότητα;

Η εργασία αυτή αποτελείται από 9 κεφάλαια. Στο πρώτο αναλύεται η εξέλιξη και οριοθέτηση της εικονικής πραγματικότητας και της ρομποτικής. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρονται οι παιδαγωγικές θεωρίες, τα πλεονεκτήματα και τα προβλήματα που αφορούν την ένταξη της εικονικής πραγματικότητας και της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην εκπαίδευση. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις βασικές θεωρίες μάθησης και τρόπους διδασκαλίας που αφορούν τις Φ.Ε καθώς και τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών της Ελλάδας και χωρών του εξωτερικού. Στο τέταρτο κεφάλαιο έγινε βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις και ιδέες των μαθητών όσον αφορά τις έννοιες της ταχύτητας, της επιτάχυνσης και της τριβής. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο προβληματισμός της έρευνας, τα κριτήρια κατασκευής του περιβάλλοντος εικονικής πραγματικότητας και των πειραμάτων με χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής, ενώ γίνεται αναλυτική περιγραφή όλων των δραστηριοτήτων που αφορούν την εικονική πραγματικότητα και την εκπαιδευτική ρομποτική που χρησιμοποιήθηκαν στη διδασκαλία των εννοιών της ταχύτητας, της επιτάχυνσης και της τριβής. Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση της μεθοδολογίας της έρευνας, αναφέροντας το δείγμα, τον ερευνητικό σχεδιασμό, τα σχέδια διδασκαλίας και τον τρόπο διεξαγωγής των διδασκαλιών. Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας και πραγματοποιείται ανάλυση δεδομένων. Στο όγδοο κεφάλαιο πραγματοποιείται η συζήτηση και ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων της έρευνας, ενώ στο ένατο και τελευταίο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα της έρευνας, οι περιορισμοί της και προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση.

1. Εικονική πραγματικότητα και ρομποτική

1.1. Εικονική πραγματικότητα

Η εικονική πραγματικότητα είναι η χρήση ενός τρισδιάστατου γραφικού περιβάλλοντος μέσω υπολογιστή, όπου ο χρήστης αλληλεπιδρά με αυτό αποκτώντας μία προσομοιωμένη αίσθηση ότι βρίσκεται στο πραγματικό κόσμο (Guttentag, 2010). Συγκεκριμένα, η ΕΠ (εικονική πραγματικότητα) κατασκευάζει και παρουσιάζει ένα «πιστευτό» περιβάλλον μέσω των υπολογιστών που όλα τα φυσικά στοιχεία και τα ψηφιακά δεδομένα μέσα σε αυτό μετατρέπονται σε τρισδιάστατες ψηφιακές σκηνές ορατές στον χρήστη ή ακόμα και απτές (Amber, Douglas, Binder, Kajos, Hyde & Li, 2013). Αυτό το «πιστευτό» περιβάλλον που κατασκευάζεται με τη χρήση τεχνολογιών εικονικής πραγματικότητας αναφέρεται αλλιώς ως εικονικό περιβάλλον.

Ένα πρόγραμμα ή μία εφαρμογή η οποία εμπεριέχει ένα τρισδιάστατο (3D) περιβάλλον από μόνο του δεν αποτελεί μία εφαρμογή/πρόγραμμα ΕΠ. Η τεχνολογία 3D αφορά κυρίως τη προσθήκη της τρίτης διάστασης, είτε αυτό αφορά μία φωτογραφία, μία ταινία, ή ένα περιβάλλον μέσα σε μία εφαρμογή/πρόγραμμα (McIntire, Havig, & Geiselman, 2012). Όμως, κάθε περιβάλλον το οποίο είναι 3D δεν σημαίνει ότι αυτομάτως αποτελεί ένα περιβάλλον ΕΠ. Σύμφωνα με τους Lin, Hsu και Shih (2013), ένα περιβάλλον χρησιμοποιεί ΕΠ όταν περιέχει 3 στοιχεία:

- 1) Εμβύθιση (Immersion). Με την έννοια αυτή εννοούμε ότι ο χρήστης συνδέεται και ενσωματώνει το 3D ψηφιακό περιβάλλον (Liu, Bhagat, Gao, Chang, & Huang, 2017).
- 2) Αλληλεπίδραση. Με την έννοια αυτή εννοούμε την σύνδεση και την ανατροφοδότηση μεταξύ του χρήστη και του εικονικού περιβάλλοντος η οποία είναι άμεση και χωρίς καθυστέρηση, όπως ακριβώς γίνεται στη πραγματικότητα.
- 3) Φαντασία. Με την έννοια αυτή εννοούμε τον τρόπο που οι χρήστες δέχονται τα διάφορα ερεθίσματα από το εικονικό περιβάλλον αλλά και το σχεδιασμό και παρουσίαση των καταστάσεων και των αντικειμένων μέσα σε αυτό.

Ένα εικονικό περιβάλλον, σε αντίθεση με ένα 3D, δεν αφορά μόνο την οπτική αίσθηση του χρήστη ότι βρίσκεται σε ένα «ρεαλιστικό» περιβάλλον. Ο χρήστης αλληλεπιδράει με αυτό και λαμβάνει ανατροφοδότηση από αυτό με βάση τις ενέργειες του, όπως σχεδόν και στη πραγματικότητα (Liu, Bhagat, Gao, Chang & Huang, 2017). Η ΕΠ αποτελεί μία διαδραστική εμπειρία σε πραγματικό χρόνο η οποία χρησιμοποιεί το σύνολο των αισθήσεων του χρήστη δίνοντας του ανατροφοδότηση σχετικά με τις ενέργειές του (Onyesolu & Eze, 2011).

Συνεπώς, σε ένα εικονικό περιβάλλον ο χρήστης ελέγχει το περιβάλλον, αλληλεπιδράει με αυτό σε πραγματικό χρόνο, ενώ σε ένα 3D περιβάλλον, ο χρήστης μπορεί οπτικά να έχει την ίδια εμπειρία με το εικονικό περιβάλλον, όμως δεν μπορεί να ελέγχει, να αλληλεπιδράει και να λαμβάνει ανατροφοδότηση από το περιβάλλον και τα αντικείμενα σε αυτό.

Έννοιες που σχετίζονται με την ΕΠ αποτελούν η προσομοίωση, οι εικονικοί κόσμοι και τα ηλεκτρονικά παιχνίδια εικονικής πραγματικότητας. Σύμφωνα με τον Ören (2011), ο όρος προσομοίωση πρωτοεμφανίστηκε την δεκαετία του 60' ως «τη μέθοδο δημιουργίας ενός μοντέλου που αναπαριστά μία πραγματική κατάσταση και τη δυνατότητα πειραματισμού σε αυτό το μοντέλο». Από τότε, ο όρος αυτός χρησιμοποιήθηκε ευρέως σε διάφορους τομείς, όπως η υγεία, η οικονομία, το εμπόριο κλπ. Σχετιζόμενη με την ΕΠ, η προσομοίωση ορίζεται ως ένα διαδραστικό ψηφιακό περιβάλλον που αναπαριστά διάφορες καταστάσεις της πραγματικής ζωής (Merchant, Goetz, Cifuentes, Keeney-Kennicutt & Davis, 2014). Οι προσομοιώσεις που χρησιμοποιούν ΕΠ αποτελούν ένα είδος προσομοιώσεων μέσω υπολογιστή (Zyda 2005). Ήταν ένα από τα πρώτα είδη εφαρμογών ΕΠ, παίρνοντας αρκετά στοιχεία από τις 3D προσομοιώσεις, ένα άλλο είδος προσομοιώσεων μέσω υπολογιστή (Zyda, 2005). Τα δύο αυτά είδη έχουν αρκετά κοινά στοιχεία, όπως τη χρήση 3D μοντέλων ή περιφερειακών συσκευών σχετικά με τη χρήση τους, όμως η διαφοροποιούνται όσον αφορά τη διαδραστικότητα (Martinez, Naranjo, Perez, & Suero, 2011). Σε μία προσομοίωση με τη χρήση ΕΠ ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει με τα αντικείμενα, να ελέγξει την οπτική που τα παρακολουθεί και να λάβει ανατροφοδότηση από αυτά σε αληθινό χρόνο (Carlson-Sabelli, Giddens, Fogg, & Fiedler, 2011; Martinez, Naranjo, Perez, & Suero, 2011). Επίσης, οποιαδήποτε αλλαγή πραγματοποιείται είναι άμεση και δεν απαιτείται η ολοκλήρωση της προσομοίωσης (Martinez, Naranjo, Perez, & Suero, 2011).

Μία προσομοίωση που χρησιμοποιεί τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας δίνει την δυνατότητα στους χρήστες να ξεπεράσουν σημαντικά φυσικά εμπόδια όπως ο χρόνος, ο τόπος, η δυσκολία στην πρόσβαση, ο κίνδυνος ή τα ηθικά διλήματα (Fernades, Matos, Azevedo, Nunes, Paredes, Morgado, Barbosa, Martins, Fonseca, Cristovao, Carvalho & Cardoso, 2016). Συνεπώς, οι χρήστες μπορούν να δοκιμάσουν υποθέσεις και να εξερευνήσουν εικονικά περιβάλλοντα σε διάφορα μέρη του κόσμου, το οποίο στη πραγματικότητα θα ήταν ιδιαίτερα δύσκολο ή σχεδόν αδύνατο εξαιτίας της απόστασης, του οικονομικού κόστους αλλά και των περιορισμών που υπάρχουν σε ορισμένα μέρη για λόγους προστασίας των τοποθεσιών/μνημείων (Aziz & Siang, 2014). Επίσης, οι χρήστες μπορούν να «ταξιδέψουν μέσα στο χρόνο» αλληλεπιδρώντας με αντικείμενα και μέρη του παρελθόντος (Perez-Valle & Sagasti, 2012). Ακόμα, οι προσομοιώσεις που χρησιμοποιούν αυτή τη τεχνολογία παρέχουν ένα ασφαλές περιβάλλον μακριά από τους κινδύνους και τους περιορισμούς διαφόρων καταστάσεων της πραγματικότητας, όπου η φυσική παρουσία σε ένα

συγκεκριμένο τόπο δεν είναι αναγκαία και η πρόσβαση στη χρήση διαφόρων εργαλείων, όπως εργαστηριακού εξοπλισμού, είναι γρήγορη και εύκολη (Hristov, Zahariev, Bencheva & Ivanov, 2013). Επιπλέον, μπορεί να γίνει πειραματισμός χωρίς αναστολές, καθώς οι προσομοιώσεις δεν επιφέρουν κανένα απολύτως κίνδυνο στον χρήστη ή στους γύρω του (Jenson & Forsyth, 2012).

Χαρακτηριστικά στοιχεία των προσομοιώσεων εικονικής πραγματικότητας, σύμφωνα με τους Tobias & Fletcher (2011), είναι:

- Η αναπαράσταση της πραγματικότητας ακόμα και αν πρέπει να θυσιαστεί η ψυχαγωγία.
- Η συγκεκριμένη «κατάσταση» που αναπαριστά και οι εργασίες που σχετίζονται με αυτήν.
- Η έμφαση στην εκπλήρωση των εργασιών.
- Η δυνατότητα μικρότερου ποσοστού διαδραστικότητας.
- Η εστίαση στην ακρίβεια και τη λεπτομέρεια.

Σύμφωνα με τους Rubio-Tamayo, Barrio & Garcia (2017), για αρκετά χρόνια τα ηλεκτρονικά παιχνίδια και η ΕΠ είχαν ελάχιστη σχέση μεταξύ τους. Τα ηλεκτρονικά παιχνίδια χαρακτηρίζονταν από ελάχιστη έως καθόλου «εμβύθιση», το οποίο είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό της ΕΠ όπως θα αναφέρουμε στην συνέχεια. Η ΕΠ, εκτός από τα τεχνικά προβλήματα που εμφάνιζε, χρησιμοποιούνταν αρχικά κυρίως σε προσομοιώσεις που αφορούσα πραγματικές καταστάσεις. Σήμερα όμως, η σύγκλιση των ηλεκτρονικών παιχνιδιών με την ΕΠ αποτελεί μία πραγματικότητα η οποία προήλθε κυρίως από τη βιομηχανία διασκέδασης και είχε ως αποτέλεσμα να στραφούν οι ερευνητές της ΕΠ στην ανάπτυξη παιχνιδιών (Zyda, 2005). Σύμφωνα με τους Tobias & Fletcher (2011), τα παιχνίδια που χρησιμοποιούν τεχνολογία ΕΠ αποτελούν ένα ειδικό είδος προσομοίωσης. Εκτός από τη χρήση τους από τη βιομηχανία διασκέδασης, τα παιχνίδια ΕΠ χρησιμοποιούνται σε τομείς όπως η υγεία ή η εκπαίδευση (Rubio-Tamayo, Barrio & Garcia, 2017). Για παράδειγμα, τα παιχνίδια ΕΠ μπορούν να συμβάλουν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων σε ασφαλή περιβάλλοντα (Bettussi & Chittaro, 2017). Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις αποθεραπείας ύστερα από σοβαρό πρόβλημα υγείας όπως το εγκεφαλικό (Lohse, Hilderman, Cheung, Tatla & Van der Loos, 2014).

Τα στοιχεία που δίνεται έμφαση και χαρακτηρίζουν τα παιχνίδια ΕΠ είναι (Tobias & Fletcher, 2011):

- Η ψυχαγωγία, ακόμα και αν το περιβάλλον αναπαριστά λιγότερο την πραγματικότητα.

- Η πλοκή του παιχνιδιού και οι αποστολές που πρέπει να εκπληρώσει ο χρήστης.
- Ο ανταγωνισμός.
- Η διαδραστικότητα.
- Η εύκολη κατανόηση του παιχνιδιού και του περιβάλλοντός του.

Ένας άλλος όρος ο οποίος σχετίζεται στενά με την ΕΠ είναι οι εικονικοί κόσμοι (Muhanna, 2015). Σύμφωνα με τους Tokel & Karatas (2014), οι εικονικοί κόσμοι αποτελούν μέρος των τρισδιάστατων (3D) τεχνολογιών όπου ο χρήστης δρα μέσα σε ένα 3D διαδραστικό περιβάλλον με τη χρήση μίας εικονικής φιγούρας που αναπαριστά τον ίδιο (Avatar). Οι εικονικοί κόσμοι και τα παιχνίδια ΕΠ έχουν αρκετά όμοια χαρακτηριστικά όπως η διαπεραστικότητα, η εμπύθιση, το πλούσιο γραφικό περιβάλλον τους και η δυνατότητα συνεργασίας και επικοινωνίας με άλλους χρήστες εξ' αποστάσεως (Ijaz, Bogdanovych, Trescak, 2017). Η διαφοροποίηση των εικονικών κόσμων από τα υπόλοιπα είδη αφορά στο σκοπό που έχουν οι χρήστες μέσα στο εικονικό περιβάλλον αλλά και στη κατασκευή αυτού του περιβάλλοντος (Tokel & Karatas, 2014). Στους εικονικούς κόσμους δεν υπάρχει κάποια προεπιλεγμένη ιστορία ή περίπτωση αλλά οι χρήστες επιλέγουν το σκοπό τους μέσα στο περιβάλλον. Επίσης, οι εικονικοί κόσμοι είναι ανοιχτά δομημένα περιβάλλοντα, που ο χρήστης όμως, μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη και διαμόρφωση κάποιων στοιχείων του. Επίσης, σύμφωνα με τους Dalgarno και Lee (2010), ένα βασικό χαρακτηριστικό που διακρίνει τους εικονικούς κόσμους είναι το υψηλό επίπεδο «αλληλεπίδρασης των χρηστών μεταξύ τους». Δηλαδή, η αίσθηση ότι ο χρήστης δεν είναι απομονωμένος αλλά εξερευνά, ενεργεί και εργάζεται μέσα στο ίδιο περιβάλλον ταυτόχρονα με άλλους χρήστες προκειμένου να εκπληρώσει κάποιο στόχο και δεν επικοινωνεί απλώς μαζί τους. Η χρήση των εικονικών κόσμων επικεντρώνεται κυρίως στους τομείς της διασκέδασης, της επικοινωνίας και της εκπαίδευσης (Freitas, Rebolledo-Mendez, Liarokapis, Magoulas & Poulouvasilis, 2010).

Τα στοιχεία που δίνεται έμφαση και χαρακτηρίζουν τους εικονικούς κόσμους είναι (Hew & Chung, 2010; Dalgarno & Lee, 2010; Domingo & Bradley, 2018) :

- Η ακριβής αναπαράσταση.
- Η ελευθερία του χρήστη να επιλέξει τι θα κάνει μέσα στο περιβάλλον.
- Η έμφαση στη συνεργασία και επικοινωνία μεταξύ των χρηστών καθώς εξερευνούν το περιβάλλον.
- Η διαδραστικότητα.
- Η δυνατότητα μορφοποίησης στοιχείων του περιβάλλοντος από το χρήστη.

Η εμπύθιση προκαλεί μία αίσθηση «απορρόφησης» ή «παρουσίας» του χρήστη μέσα στο περιβάλλον της ΕΠ προκαλώντας μείωση της αίσθησης του χρόνου και της πραγματικότητας.

Η αίσθηση αυτή δημιουργείται μέσα από διάφορα ερεθίσματα. Τα ερεθίσματα αυτά προέρχονται από το σύστημα εικονικής πραγματικότητας, δηλαδή από το συνδυασμό υλικού και λογισμικού (Yildirim, 2017). Σύμφωνα με το Boas (2013), υπάρχουν 3 είδη συστημάτων ΕΠ:

- 1) Συστήματα πλήρους εμβύθισης. Τα συστήματα αυτά παρέχουν τη μεγαλύτερη σε ακρίβεια αίσθηση της χωρικής εμβύθισης μέσα στο εικονικό περιβάλλον μέσω της χρήσης διαφόρων περιφερειακών υλικών και υψηλής ποιότητας γραφικών.
- 2) Συστήματα χωρίς εμβύθιση. Τα συστήματα χωρίς εμβύθιση ή επιτραπέζια συστήματα ΕΠ (Desktop VR), όπως αλλιώς αναφέρονται, δεν παρέχουν την αίσθηση της χωρικής εμβύθισης στο εικονικό περιβάλλον και χρησιμοποιούν περισσότερο συμβατικά υλικά, όπως οθόνη, ποντίκι, πληκτρολόγιο και ακουστικά, και χαμηλότερη ποιότητα γραφικών.
- 3) Συστήματα μερικής εμβύθισης. Τα συστήματα αυτά παρέχουν ερεθίσματα τα οποία σχετίζονται με το αντικείμενο της εφαρμογής μέσω λογισμικού υψηλής απόδοσης και περιφερειακών υλικών. Για παράδειγμα, το λογισμικό σε ένα προσομοιωτή πτήσης μπορεί να παρέχει στερεοσκοπική όραση, απτική ανάδραση κλπ, ερεθίσματα, δηλαδή, σχετικά με το αντικείμενο του λογισμικού.

Ωστόσο, σύμφωνα με τους Lee & Wong (2014), τα επιτραπέζια συστήματα ΕΠ μπορούν να χαρακτηριστούν ως συστήματα μερικής εμβύθισης, καθώς η αίσθηση της παρουσίας απορρέει από την «αναπαράσταση του εικονικού περιβάλλοντος και το μεγάλο βαθμό αλληλεπίδρασης και ελέγχου του χρήστη σε αυτό».

Σύμφωνα με τους Nilson, Nordahl & Serafin (2016), η εμβύθιση μέσα στην εικονική πραγματικότητα κατηγοριοποιείται σε 3 είδη.

- 1) Εμβύθιση ως δυνατότητα του συστήματος.
- 2) Εμβύθιση ως αλληλεπίδραση με τον χώρο, την πλοκή ή τους εικονικούς χαρακτήρες.
- 3) Εμβύθιση ως αλληλεπίδραση με τις προκλήσεις που εμφανίζονται και απαιτούν τη χρήση διανοητικών ή αισθητικοκινητικών δεξιοτήτων.

Το πρώτο είδος αφορά μία αντικειμενική ιδιότητα του συστήματος, ενώ τα δύο άλλα είδη έχουν να κάνουν με την ενασχόληση και το επίπεδο προσοχής σε διάφορες καταστάσεις μέσα στο εικονικό περιβάλλον. Η εμβύθιση δηλαδή, είναι είτε μία αντικειμενική ιδιότητα του συστήματος, οπότε αφορά τη σχέση υλικού και λογισμικού, είτε μία υποκειμενική κατάσταση του χρήστη. Οι Freina και Bottino (2016) συνδέουν τα δύο είδη που αφορούν την υποκειμενική κατάσταση του χρήστη με την έννοια της «παρουσίας», ενώ τη δυνατότητα του συστήματος να δημιουργήσει πειστικά περιβάλλοντα με την έννοια της «χωρικής εμβύθισης». Συνεπώς, η παρουσία αναφέρεται στη δυνατότητα του χρήστη να πιστέψει ότι

βρίσκεται σε ένα διαφορετικό περιβάλλον από αυτό που είναι στην πραγματικότητα. Οι παράγοντες που διαμορφώνουν το επίπεδο της παρουσίας είναι (Freina & Bottino, 2016):

- Οι προϋπάρχουσες εμπειρίες οι οποίες καθορίζουν τις αντιλήψεις και προσδοκίες των χρηστών.
- Η διαδραστικότητα με το περιβάλλον.
- Ο βαθμός προσοχής των χρηστών στο εικονικό περιβάλλον.
- Η ισορροπία μεταξύ του μοντέλου που έχουμε για τον πραγματικό κόσμο και των διαφοροποιήσεων του εικονικού περιβάλλοντος. Μεγάλες αλλαγές κάνουν την ενσωμάτωση του εικονικού περιβάλλοντος στο μοντέλο που έχουμε για τον κόσμο αδύνατη και κατά συνέπεια το περιβάλλον μη πιστευτό. Ενώ η υπερβολική απλοϊκότητα και προβλεψιμότητα του περιβάλλοντος μειώνουν την προσοχή του χρήστη.
- Η ηλικία των χρηστών, καθώς τα παιδιά έχουν διαφορετική ανταπόκριση από τους ενήλικες.

Εφόσον πάρουμε υπόψη τη χωρική εμπύθιση τότε μπορούμε να χαρακτηρίσουμε τα επιτραπέζια συστήματα ΕΠ ως συστήματα χωρίς παρουσία. Όμως, αν πάρουμε υπόψη τα άλλα δύο είδη εμπύθισης ή την «παρουσία» τότε μπορούμε να χαρακτηρίσουμε τα επιτραπέζια συστήματα ως συστήματα μερικής εμπύθισης.

Αναφορικά με τα συστήματα πλήρης εμπύθισης, οι Freina και Canessa (2015) τα διαχωρίζουν σε 2 είδη:

- Τα CAVE. Τα CAVE είναι δωμάτια όπου όλοι οι τοίχοι, το ταβάνι και το πάτωμα προβάλλουν το εικονικό περιβάλλον είτε με προβολείς είτε με επίπεδες οθόνες. Ο χρήστης χρειάζεται να φοράει 3D γυαλιά.
- Τα HMD. Τα HMD αναφέρονται σε συσκευές οι οποίες τοποθετούνται στο κεφάλι και καλύπτουν τα μάτια όπως τα Oculus Rift. Τα HMD δίνουν στο χρήστη αρκετό οπτικό πεδίο και η περιήγηση στο χώρο πραγματοποιείται με την κίνηση και θέση του κεφαλιού του χρήστη (Boas, 2013).

Η ΕΠ μπορεί ουσιαστικά να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε πεδίο χρησιμοποιεί ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Πρωτοεμφανίστηκε την δεκαετία του 60' ως μέρος της βιομηχανίας διασκέδασης μέσω της κονσόλας Sensorama, η οποία δημιουργήθηκε από τον Morton Heiling, και είχε ως σκοπό να τραβά τη προσοχή του χρήστη μέσω της διέγερσης των διαφόρων αισθήσεων του (Lele, 2013). Μπορεί η κονσόλα του Heiling να μη βρήκε επιτυχία αλλά αυτό δεν σταμάτησε άλλες εταιρίες στη βιομηχανία διασκέδασης, όπως η SEGA και η Nintendo, να ξαναπροσπαθήσουν δημιουργώντας περιφερειακά συστήματα σχεδιασμένα είτε

για εφαρμογές είτε για παιχνίδια εικονικής πραγματικότητας (Kavanagh, Luxton-Reilly, Wuensche, Plimmer, 2017). Το κόστος αγοράς και συντήρησης των διαφόρων περιφερειακών συσκευών ήταν υπερβολικά υψηλό. Επιπλέον, οι περιφερειακές συσκευές που χρησιμοποιούνταν προκαλούσαν διάφορες παρενέργειες κατά την χρήση τους, όπως πόνους στον αυχένα, ζάλη, ναυτία, κλπ (Jerald, 2015). Η εξέλιξη των δυνατοτήτων των επιτραπέζιων υπολογιστών, του κόστους τους αλλά και η βελτίωση και εγκαθίδρυση του «γρήγορου» διαδικτύου στις αρχές του 21^{ου} αιώνα, επέτρεψε την δημιουργία περιβαλλόντων ΕΠ τα οποία βασίζονταν στους επιτραπέζιους υπολογιστές. Το χαμηλό κόστος, σε σχέση με τα περιβάλλοντα πλήρους εμπύθισης, η εξέλιξη του διαδικτύου που έδωσε τη δυνατότητα στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με άλλους χρήστες μέσα σε αυτά τα εικονικά περιβάλλοντα, όπως στο Second Life, και η έλλειψη ψυχοσωματικών παρενεργειών είχε ως αποτέλεσμα την επιτυχία των επιτραπέζιων συστημάτων ΕΠ (Lee & Wong, 2014). Τα τελευταία χρόνια όμως, οι περιφερειακές συσκευές ΕΠ γίνονται όλο και πιο συνηθισμένες. Το χαμηλότερο κόστος και η δραματική μείωση των παρενεργειών των περιφερειακών συσκευών σε συνδυασμό με την περαιτέρω εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών, τράβηξε ξανά τη προσοχή των μεγάλων βιομηχανιών διασκέδασης με επενδύσεις τόσο στην ανάπτυξη παιχνιδιών πλήρους εμπύθισης όσο και στον κινηματογράφο, τηλεόραση, κινητή τηλεφωνία (Boas, 2013).

Ένα άλλο σημαντικό πεδίο εφαρμογής της ΕΠ είναι οι ένοπλες δυνάμεις. Τη δεκαετία του 60' η πολεμική αεροπορία των Η.Π.Α μέσω της χρήσης συστημάτων ΕΠ δημιούργησε προσομοιωτές πτήσης για εκπαιδευτικούς σκοπούς (Merchant et.al, 2014). Η χρήση προσομοιωτών ΕΠ επεκτάθηκε στη συνέχεια και στα υπόλοιπα μέρη του στρατού (Ξηράς, Ναυτικό). Σύμφωνα με το Lele (2013), ο ασφαλής χώρος που παρέχει η ΕΠ κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης του στρατιωτικού προσωπικού παραμένει ακόμα και σήμερα μία από τις βασικότερες χρήσεις της ΕΠ στις ένοπλες δυνάμεις καθώς αποφεύγεται ο κίνδυνος τραυματισμού ή ζημίας στρατιωτικού εξοπλισμού. Ακόμα, η αναπαράσταση περιβαλλόντων του πραγματικού κόσμου μέσω της εικονικής πραγματικότητας προκειμένου να σχεδιαστούν και να δοκιμαστούν στρατηγικές προτού εφαρμοστούν στην πραγματικότητα ή ο σχεδιασμός και η δοκιμή στρατιωτικού εξοπλισμού προκειμένου να βρεθούν τυχόν προβλήματα και να διευκολυνθεί η σωστή κατασκευή του, αποτελούν μερικές από τις χρήσεις της ΕΠ που έχουν την δυνατότητα να αλλάξουν τον τρόπο λειτουργίας των ενόπλων δυνάμεων (Lele, 2013).

Η ιατρική αποτελεί ένα ακόμη σημαντικό τομέα εφαρμογής της ΕΠ, με τις προοπτικές της να είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Όπως και με την περίπτωση των ενόπλων δυνάμεων, η ΕΠ μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην απόκτηση βασικών γνώσεων και δεξιοτήτων από τους νέους γιατρούς (Ioannidou, Repenning, Webb, Keyser, Luhn & Daetwyler, 2010) ή στην εκπαίδευση πάνω σε νέες καινοτομίες στο τομέα της ιατρικής όπως η ρομποτική χειρουργική (Perrenot, Perez, Tran, Jehl, Feblinger, Bresler, Hubert, 2012). Επιπλέον, σύμφωνα με έρευνες, η ΕΠ εμφανίζεται να έχει πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα στο τομέα

της αποκατάστασης και της υποστήριξης των ασθενών ύστερα από νοσηλεία (Napolitano, Hayes, Russo, Muresu, Giordano, Foster. 2013), στην υποστήριξη και παρακολούθηση των ασθενών κατά την διάρκεια διαφόρων επεμβάσεων όπως καρκινοπαθείς (Chirico, Lucidi, Laurentiis, Milanese, Napoli & Giordano, 2016), αλλά και στη μείωση της αίσθησης του πόνου από ασθενείς που είχαν σωματικά τραύματα όπως εγκαύματα (Maani, Hoffman, Morrow, Maiers, Gaylord, McGhee & DeSocio, 2011).

1.2 Ρομποτική και ρομπότ

Η ρομποτική ορίζεται ως ένας διεπιστημονικός κλάδος της μηχανικής (engineering) και της επιστήμης που σχετίζεται με την έρευνα, το σχεδιασμό, τη κατασκευή, έλεγχο και χρήση των ρομπότ (Siciliano, Sciavicco, Villani & Oriolo, 2009). Σύμφωνα με τους Lin, Abney και Bekey (2011), ρομπότ ορίζεται «μία μηχανικά κατασκευασμένη μηχανή (engineered machine), η οποία μπορεί να αισθάνεται, να σκέπτεται και να δρα». Ρομπότ όμως, δεν είναι οτιδήποτε μηχανικά κατασκευασμένο που απλώς έχει αισθητήρες και δρα, όπως για παράδειγμα ένας υπολογιστής ο οποίος είναι συνδεδεμένος με διάφορους αισθητήρες. Για να χαρακτηριστεί κάτι ρομπότ πρέπει να πληρεί κάποιες συγκεκριμένες προϋποθέσεις/ χαρακτηριστικά.

Σύμφωνα με τον ορισμό, η ύπαρξη κάποιου είδους αισθητήρα ή αισθητήρων σε ένα μηχανήμα είναι πρωταρχικής σημασίας προκειμένου να χαρακτηριστεί ως ρομπότ. Οι αισθητήρες επιτρέπουν την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται το μηχανήμα και στην απόκτηση πληροφοριών σχετικά με αυτό.

Επίσης, ένα βασικό χαρακτηριστικό αποτελεί το έργο που εκτελεί ένα ρομπότ. Ένας από τους βασικούς σκοπούς ύπαρξης των ρομπότ αποτελεί η αντικατάσταση των ανθρώπων με ρομπότ αναφορικά με την εκτέλεση διαφόρων εργασιών (Siciliano, Sciavicco, Villani & Oriolo, 2009). Η δυνατότητα των ρομπότ να μην εμφανίζουν σημάδια κόπωσης, η εύκολη επιδιόρθωσή τους και το χαμηλότερο κόστος τους σε σχέση με έναν άνθρωπο αποτελούν τους βασικούς λόγους της μεγάλης ανάπτυξης του κλάδου της ρομποτικής (Chijindu & Inyama, 2012).

Το πιο βασικό χαρακτηριστικό ενός ρομπότ το οποίο το ξεχωρίζει από άλλα μηχανήματα, όπως ο υπολογιστής που μπορεί σε ένα βαθμό να πληρεί τις παραπάνω προϋποθέσεις, είναι η δυνατότητα της αυτονομίας (Lin, Abney & Bekey, 2011). Ένα ρομπότ πρέπει να μπορεί να σκέφτεται και να αξιολογεί μία κατάσταση με βάση τις πληροφορίες που δέχεται προκειμένου να δράσει κατάλληλα, ανάλογα τις εκάστοτε περιστάσεις, με σκοπό να εκπληρώσει το έργο που του έχει ανατεθεί. Ο βαθμός αυτονομίας του μπορεί να μην είναι απαραίτητα απόλυτος αλλά θα πρέπει να υφίσταται σε ένα βαθμό. Η δυνατότητα της «σκέψης», δηλαδή το πόσο αυτόνομο μπορεί να είναι ένα ρομπότ, εξαρτάται από το σύνολο

των κανόνων που ακολουθεί το ρομπότ με βάση τον προγραμματισμό του ή έχει διδαχθεί (Lin, Abney & Bekey, 2011).

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά, σε συνδυασμό με τη μορφολογία και την αρχιτεκτονική που κατασκευάζεται ένα ρομπότ, καθορίζουν τη συμπεριφορά και τις ενέργειες του σε ένα περιβάλλον (Doncieux, Bredeche, Mouret & Eiben, 2015). Τα χαρακτηριστικά αυτά αναλύονται ατομικά από τα διάφορα επιστημονικά πεδία που σχετίζονται με τη ρομποτική, όπως η πορεία που πρέπει να ακολουθήσει, για να πάει από το ένα σημείο στο άλλο και ο τρόπος ανάλυσης του περιβάλλοντος που βρίσκεται. Ο συνδυασμός όλων αυτών των στοιχείων λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραμέτρους αποτελεί ένα από τα κεντρικά θέματα της ρομποτικής (Doncieux, Bredeche, Mouret & Eiben, 2015).

Όπως αναφέραμε, τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι απαραίτητα προκειμένου ένα κάτι να χαρακτηριστεί ως «ρομπότ». Όμως, οι ιδιομορφίες που παρουσιάζουν τα ρομπότ σε κάθε ένα από τα χαρακτηριστικά αυτά, όπως το μέγεθος, το είδος της λειτουργίας, η κίνηση, ο βαθμός αυτονομίας κλπ, διαχωρίζουν τα ρομπότ σε επιμέρους είδη (Haidegger, Barreto, Goncalves, Habib, Ragavan, Li, Vaccarella, Perrone & Prestes, 2013).

Ένα από τα χαρακτηρίστηκα που χρησιμοποιείται συχνά προκειμένου να διαχωρίσει τα ρομπότ σε επιμέρους κατηγορίες αποτελεί η δυνατότητα κίνησής όλων των μερών του ρομπότ. Με βάση αυτό το διαχωρισμό τα ρομπότ χωρίζονται σε:

- Ρομπότ βραχίονα ή ρομπότ με σταθερή βάση (Robot manipulator): Το ρομπότ βραχίονα συγκροτείται από διαδοχικά στερεά κομμάτια (συνδέσμους) τα οποία συνδέονται μέσω αρθρώσεων. Αποτελείται από ένα σταθερό άκρο το οποίο δεν μετακινείται (βάση), τον βραχίονα, τον καρπό και κάποιο εργαλείο το οποίο βρίσκεται στο αντίθετο άκρο από τη βάση (Siegwart, Nourbakhsh & Scaramuzza, 2011). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι ρομποτικοί βραχίονες που χρησιμοποιούνται σε διάφορα εργοστάσια.
- Κινούμενο ρομπότ (Mobile robots): Το βασικό χαρακτηριστικό ενός κινούμενου ρομπότ αποτελεί η δυνατότητα μετακίνησης όλων των μερών του, συμπεριλαμβανομένου της βάσης, μέσα σε ένα περιβάλλον. Η δυνατότητα μετακίνησης μπορεί να πραγματοποιείται από διάφορα συστήματα πρόωθησης (όπως ρόδες, jet, μηχανικά πόδια κ.α) (Shneier & Bostelman, 2015). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη (drones).

Επίσης, ένας άλλος τρόπος διαχωρισμού των ρομπότ σχετίζεται με το βαθμό της αυτονομίας και της πολυπλοκότητας που έχει ένα ρομπότ. Ο βαθμός πολυπλοκότητας αφορά το είδος του

περιβάλλοντος, το είδος της εργασίας και την αλληλεπίδραση του ρομπότ με τον άνθρωπο. Με βάση αυτό το διαχωρισμό τα ρομπότ χωρίζονται σε (Haidegger et al., 2013):

- Βιομηχανικά ρομπότ (Industrial robots): Τα βιομηχανικά ρομπότ λειτουργούν αποκλειστικά σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον, έχουν προκαθορισμένο έργο και οι λειτουργίες εκτελούνται αυτόματα και είναι συγκεκριμένες. Συνεπώς, έχουν, χαμηλή αυτονομία και πολυπλοκότητα. Όμως, σύμφωνα με τους Siegwart, Nourbakhsh και Scaramuzza (2011) χαρακτηρίζονται από την ακρίβεια των κινήσεων τους και τη γρήγορη εκτέλεση επαναλαμβανόμενων εργασιών. Επιπλέον, αναφορικά με το είδος των εργασιών, τα βιομηχανικά ρομπότ εκτελούν κυρίως 3 είδη εργασιών (Borenstein, 2011). Τις επικίνδυνες, της ανιέρης και τις βρόμικες. Πρωτοεμφανίστηκαν στα μέσα του 20^{ου} αιώνα και έχουν παίξει καθοριστικό ρόλο στην δημιουργία αυτοματοποιημένων συστημάτων παραγωγής. Η χρήση τους είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στις διάφορες βιομηχανίες ακόμα και σήμερα, καθώς έχουν μειώσει το κόστος παραγωγής, έχουν αυξήσει την παραγωγικότητα, έχουν βελτιώσει την ποιότητα των προϊόντων και έχουν δημιουργήσει ασφαλέστερα περιβάλλοντα εργασίας στις βιομηχανίες αναλαμβάνοντας της πιο επικίνδυνες εργασίες (Siciliano, Sciavicco, Villani & Oriolo, 2009).
- Ρομπότ υπηρεσιών (Service robots): Τα ρομπότ υπηρεσιών μπορούν να αλληλεπιδρούν και λειτουργούν σε διαφορετικά είδη περιβαλλόντων, οι λειτουργίες τους δεν είναι συγκεκριμένες αλλά καθορίζονται από τις εργασίες που καλούνται να εκτελέσουν. Χαρακτηρίζονται από τη δυνατότητα τους να αλληλεπιδράσουν με τους ανθρώπους, να κατανοήσουν τις ανθρώπινες πράξεις και να μιμηθούν ανθρώπινες συμπεριφορές. Η αυτονομία και η πολυπλοκότητα τους είναι ιδιαίτερα μεγάλη, ειδικά σε σχέση με τα βιομηχανικά ρομπότ. Επίσης, τα ρομπότ υπηρεσιών χωρίζονται σε επιμέρους κατηγορίες αναλόγως τη χρήση τους. Στα προσωπικά ρομπότ υπηρεσιών όταν το έργο που εκτελούν γίνεται για ατομικούς σκοπούς και δεν έχουν οικονομικό αντίκρισμα (πχ. ρομπότ υπηρετήτς) και στα επαγγελματικά ρομπότ υπηρεσιών όταν χρησιμοποιούνται για εμπορικούς σκοπούς που δεν έχουν όμως να κάνουν με εφαρμογές βιομηχανικού αυτοματισμού (πχ μεταφορέας δεμάτων). Σύμφωνα με τους Xidias, Aspragathos και Azariadhs (2012), τα ρομπότ υπηρεσιών αποτελούν μετεξέλιξη των βιομηχανικών ρομπότ, καθώς η χρήση ρομπότ επεκτείνεται από τα βιομηχανικά και δομημένα περιβάλλοντα σε περισσότερο ανθρώπινα και μη οριοθετημένα περιβάλλοντα. Το σύνολο των λειτουργιών τους συμπεριλαμβάνει τόσο τα 3 είδη εργασιών που εκτελούν τα βιομηχανικά ρομπότ (πχ επανατοποθετώντας βιβλία στη βιβλιοθήκη) όσο και πολύπλοκες και ιδιαίτερα σημαντικές εργασίες (πχ ρομποτική χειρουργική)

Τα ρομπότ χρησιμοποιούνται σε αρκετά μεγάλο βαθμό σε πολλούς τομείς, όμως ο τομέας που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι αυτός της βιομηχανίας. Η χρήση των ρομπότ στον τομέα της βιομηχανικής παραγωγής ξεκίνησε στα μέσα του 20^{ου} αιώνα. Η χρήση τους ήταν σημαντική αλλά η γενικότερη εγκαθίδρυση των ρομπότ σε αυτό το τομέα πραγματοποιείται ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια (Chijindu & Inyama, 2012). Χαρακτηριστικά, τα τελευταία χρόνια αρκετές χώρες με μεγάλη βιομηχανία, όπως η ΗΠΑ, η Κίνα, η Νότια Κορέα κλπ, αυξάνουν κάθε χρόνο τη υιοθέτηση ρομπότ στο τομέα παραγωγής με τις προβλέψεις για τα επόμενα χρόνια να δείχνουν ακόμα περαιτέρω αύξηση (IFR, 2018). Τα ρομπότ συντέλεσαν αρκετά στην αυτοματοποίηση της βιομηχανικής παραγωγής αλλά και στην αύξηση των κερδών (Chijindu & Inyama, 2012). Η αντικατάσταση όλο και περισσότερο ανθρώπων από τα ρομπότ δεν σημαίνει υποχρεωτικά και τη μείωση των θέσεων εργασίας. Σύμφωνα με τους Klafter, Chmielewski και Negin (2006), η εμφάνιση των ρομπότ στις βιομηχανίες παραγωγής είχε ως αρχικό αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής και της ποιότητας των αγαθών αλλά ταυτόχρονα προκάλεσε τη μείωση θέσεων εργασίας. Όμως, η μείωση αυτή ήταν κάτι προσωρινό καθώς η χρήση των ρομπότ δημιούργησε νέα ζητήματα και νέες ανάγκες (πχ συντήρηση και προγραμματισμός των ρομπότ). Οι θέσεις εργασίας αυξήθηκαν, υπερκαλύπτοντας αυτές που χάθηκαν.

Η χρήση των ρομπότ στους τομείς της ασφάλειας και των ενόπλων δυνάμεων έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια (Altman, Asaro, Sharkey & Sparrow, 2013). Η δυνατότητα των ρομπότ να εκτελούν αποστολές οι οποίες είναι επικίνδυνες για τους ανθρώπους, σε οποιοδήποτε περιβάλλον εκτελώντας το έργο τους απαλλαγμένα από τις ανθρώπινες αδυναμίες όπως ο φόβος ή η οργή αποτέλεσε έναν από τους κύριους λόγους ανάπτυξης τους στους συγκεκριμένους τομείς (Mies, 2010) Τα ρομπότ χρησιμοποιούνται σήμερα από τις ένοπλες δυνάμεις πραγματοποιώντας τις πιο επικίνδυνες αποστολές όπως κατασκοπεία και παρακολούθηση σε εχθρικές περιοχές, απενεργοποίηση βομβών κλπ (Mies, 2010). Στο τομέα της ασφάλειας, η χρήση τους είναι δημόσια, όπως βοηθώντας στη φύλαξη των συνόρων ή την αναγνώριση εγκληματιών από την αστυνομία αλλά και ιδιωτική, προστατεύοντας και επιβλέποντας κατοικίες ιδιωτών (Lin, Abney & Bekey, 2011).

Σύμφωνα με τους Diana και Marescaux (2015), η χρήση της ρομποτικής στην υγεία προέκυψε για πρώτη φορά την περίοδο του 70' όταν η εθνική υπηρεσία αεροναυπηγικής και διαστήματος των ΗΠΑ (NASA) προσπαθούσε να βρει τρόπο να φροντίσει τους αστροναύτες όταν βρίσκονταν στο διάστημα. Από τότε η ρομποτική αναπτύχθηκε αρκετά στην ιατρική δίνοντας νέες προοπτικές και δυνατότητες. Η δυνατότητα μεγαλύτερης ακρίβειας κινήσεων και ανάλυσης μία κατάστασης αλλά και η εξ' αποστάσεως επικοινωνίας αποτέλεσαν τους κύριους λόγους (Petrescu, Aversa, Apicella & Petrescu, 2016). Σήμερα, η χρήση των ρομπότ στην υγεία σχετίζεται με την κυρίως χειρουργική βοηθώντας ιδιαίτερα σε πολύπλοκες εγχειρήσεις οι οποίες απαιτούν ιδιαίτερη ακρίβεια ή πραγματοποιούνται από απόσταση

(Diana και Marescaux, 2015). Επίσης, τα τελευταία χρόνια, η ρομποτική αναπτύσσεται με ταχείς ρυθμούς στον τομέα της χορήγησης φαρμάκων με τη χρήση νάνο-ρομπότ (Mavroidis & Ferreira, 2013).

2. Η αξιοποίηση της ΕΠ και της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην εκπαίδευση

2.1. Εικονικά Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα

Λίγο μετά την εμπορευματοποίηση της εικονικής πραγματικότητας από τη βιομηχανία διασκέδασης την περίοδο του 90, η ΕΠ έκανε τη εμφάνιση της και στο τομέα της εκπαίδευσης, με την εμφάνιση των πρώτων εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων στην δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση (Merchant et al., 2014). Τα εικονικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα (ΕΕΠ) είναι εικονικά περιβάλλοντα τα οποία (Mikropoulos & Natsis, 2011):

- Βασίζονται σε ένα συγκριμένο παιδαγωγικό μοντέλο.
- Εμπεριέχουν τουλάχιστον ένα διδακτικό στόχο.
- Έχουν συγκεκριμένα μαθησιακά αποτελέσματα.
- Η εμπειρία που αποκτά ο χρήστης είναι μοναδική στο είδος της.

Τα δύο βασικά χαρακτηριστικά των ΕΕΠ είναι το επίπεδο αναπαράστασης και η αλληλεπίδραση των εκπαιδευομένων (Dalgarno & Lee, 2010). Σύμφωνα με τον Fowler (2015), το επίπεδο αναπαράστασης αφορά το κατά πόσο η απεικόνιση του περιβάλλοντος, η συμπεριφορά των αντικειμένων μέσα σε αυτό, η αναπαράσταση, οι ενέργειες και η επικοινωνία των χρηστών μεταξύ τους είναι όσο το δυνατόν περισσότερο ρεαλιστικές ή αληθοφανείς. Επίσης, η αλληλεπίδραση των εκπαιδευομένων αφορά κυρίως την πληθώρα των διαφόρων τρόπων αλληλεπίδρασης μεταξύ τους. Αυτή εξαρτάται από το βαθμό της προσωπικής εμπειρίας του κάθε χρήστη.

Σύμφωνα με τους Abdelaziz, Riad και Senousy (2014) τα ΕΕΠ χωρίζονται σε 3 είδη:

- 1) Τα Διαδικτυακά εικονικά περιβάλλοντα, τα οποία βασίζονται στην επικοινωνία, η οποία είναι συνήθως γραπτή. Η αλληλεπίδραση και η διαδραστικότητα σε αυτά τα περιβάλλοντα είναι σε υψηλό επίπεδο αλλά η εμπύθιση είναι πιο περιορισμένη.
- 2) Τα Περιβάλλοντα που έχουν να κάνουν με προσομοιώσεις ΕΠ που χρησιμοποιούν επιτραπέζια συστήματα εικονικής πραγματικότητας (desktop-based virtual reality). Σε αυτές τις περιπτώσεις η διαδραστικότητα και η αλληλεπίδραση καθορίζονται από την εφαρμογή αλλά είναι συνήθως περιορισμένες. Η εμπύθιση, επίσης, εξαρτάται από την εφαρμογή αλλά και αυτή είναι συνήθως περιορισμένη, εφόσον η ενσωμάτωσή της σε μία εφαρμογή είναι αρκετά δύσκολη.
- 3) Τα εικονικά περιβάλλοντα με εμπύθιση, τα οποία παρέχουν μεγάλα επίπεδα εμπύθισης. Όμως, η διαδραστικότητα και η αλληλεπίδραση, που εξαρτώνται από την

πολυπλοκότητα των εικονικών περιβαλλόντων και γενικά της εφαρμογής, είναι συνήθως περιορισμένες.

2.2. Η χρήση των ΕΕΠ στην εκπαίδευση

Σύμφωνα με τους Duncan, Miller και Jiang (2012), τα ΕΕΠ μπορούν να ενσωματώσουν διάφορες μορφές μάθησης, όπως διερευνητική μάθηση, μάθηση μέσω επίλυσης προβλημάτων (Problem-Based Learning), συνεργατική μάθηση, μάθηση μέσω παιχνιδιών (game-based learning) κ.ά. Το κοινό που έχουν οι παραπάνω μορφές μάθησης είναι ότι βασίζονται στο κονστρουκτιβισμό. Ο λόγος που τα ΕΕΠ κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούν κονστρουκτιβιστικές μορφές μάθησης οφείλεται στην δυνατότητα της ΕΠ να κατασκευάσει περιβάλλοντα τα οποία εμπεριέχουν τους τρεις βασικούς παράγοντες, οι οποίοι είναι απαραίτητοι σε ένα κονστρουκτιβιστικό μαθησιακό περιβάλλον (Liaw & Huang, 2013; Wu, Lee, Chang & Liang, 2013):

- Την αλληλεπίδραση.
- Τη δημιουργία μαθησιακών κινήτρων.
- Την αυτοπεποίθηση ότι, δηλαδή, μπορεί να πραγματοποιήσει τις δραστηριότητες και να φτάσει στο στόχο.

Οι δυνατότητες που έχουν τα ΕΕΠ είναι συμβατές με την εμπειρική μάθηση, δηλαδή τη μάθηση μέσω εμπειριών, καθώς όπως αναφέραμε τα δύο βασικά χαρακτηριστικά των ΕΕΠ μπορούν να οδηγήσουν στην κατασκευή γνώσης μέσω της πραγματοποίησης ουσιαστών δραστηριοτήτων μέσα στο ΕΠ ή αναπτύσσοντας ομαδικές εργασίες που προωθούν την αλληλεπίδραση των εκπαιδευομένων μεταξύ τους.

Η χρήση των ΕΕΠ που πραγματοποιείται στα πλαίσια της εμπειρικής μάθησης προσανατολίζεται κυρίως σε δύο μορφές διδασκαλίας:

- Την Εξατομικευμένη διδασκαλία, μέσα από τη δυνατότητα διαφοροποίησης και επιλογής των κατάλληλων μαθημάτων αναλόγως τα ενδιαφέροντα, τις προτιμήσεις και τις ανάγκες των μαθητών (Chang, Wang, Luo & Tsai, 2014) ή την επανάληψη μαθημάτων τους, εφόσον χρειάζεται (Tredinnick, Vanderheiden, Suplinski & Madsen, 2014), διατηρώντας ταυτόχρονα το ενδιαφέρον τους μέσω μίας παιγνιώδους μορφής διδασκαλίας (Freina & Bottino, 2016).
- Την Ομαδοσυνεργατική διδασκαλία μέσα από τη δυνατότητα επικοινωνίας (γραπτής ή λεκτικής) και συνεργασίας προκειμένου να εκπληρώσουν διαδικασίες σχετικές με τους διδακτικούς στόχους (Lorenzo, Sicilia & Sanchez, 2012; Tokel & Karatas, 2014).

Οι πιο συχνές δραστηριότητες που χρησιμοποιούνται στα ΕΕΠ και σχετίζονται με τις παραπάνω μορφές διδασκαλίας είναι η συνεργασία σε ομάδες, η εξερεύνηση, η επίλυση προβλημάτων και τα παιχνίδια ρόλων (role-playing) (Reisoglu, Topu, Yilmaz, Karakus & Goktas, 2017).

Επίσης, σύμφωνα με τους Reisoglu et. al.(2017), τα ΕΕΠ, τα οποία έχουν χαρακτηριστικά εικονικών παιχνιδιών, χρησιμοποιούν συνήθως στρατηγικές που σχετίζονται με την εξερεύνηση, καθώς η κατασκευή της γνώσης επιτυγχάνεται με την ανάλυση, την έρευνα και την αντιμετώπιση των δυσκολιών που εμφανίζονται στο περιβάλλον. Η συνεργασία σε ομάδες χρησιμοποιείται κυρίως σε ΕΕΠ προσομοίωσης. Η αντιμετώπιση των προβλημάτων, που εμφανίζονται, πραγματοποιείται μέσα από την συνεργασία και την επικοινωνία με την ομάδα. Ο συνδυασμός και των δύο, δηλαδή συνεργασία σε ομάδες και εξερεύνηση, πραγματοποιείται σε ΕΕΠ τα οποία έχουν υποστηρικτικό ρόλο στην διδασκαλία και στοχεύουν στην ανάπτυξη διαφορετικών τύπων γνώσεων και ικανοτήτων.

Η πλειοψηφία των ΕΕΠ, που έχουν αναπτυχθεί, αφορά κυρίως τις φυσικές επιστήμες (ΦΕ) και τη μηχανική, τις επιστήμες υγείας, την εκμάθηση γλωσσών και τομείς της γενικής παιδείας όπως η ιστορία, οι τέχνες κλπ (Kavanagh et al., 2017; Kim, Lee & Thomas, 2012; Schofield, 2014). Οι λόγοι που πολλά ΕΕΠ ασχολούνται με πτυχές των φυσικών επιστημών, της μηχανικής και των επιστημών υγείας είναι οι εξής (Mikropoulos & Natsis, 2011; Barrett & Blackledge, 2012):

- Η αφηρημένη και δύσκολα κατανοητή φύση των εννοιών που εμπεριέχονται σε αυτούς τους τομείς.
- Η δυσκολία αναπαραγωγής και παρακολούθησης φαινομένων που αφορούν έννοιες του κάθε τομέα.
- Η ανάγκη πειραματισμού σε ασφαλές και ρεαλιστικό περιβάλλον.
- Η δυνατότητα επανάληψης των δραστηριοτήτων.

Αναφορικά με την εκμάθηση γλωσσών, σύμφωνα με τους Wehner, Gump και Downey (2011), τα ΕΕΠ έχουν την δυνατότητα να διευκολύνουν την επικοινωνία μεταξύ ενός συνόλου μειώνοντας αισθητά την εμφάνιση διαφόρων προβλημάτων όπως άγχους ή αναστολών.

Σύμφωνα με τους Smetana και Bell (2012), η χρήση προσομοιώσεων εικονικής πραγματικότητας μέσω επιτραπέζιων υπολογιστών (desktop VR) για τη διδασκαλία ΦΕ, αποτελεί ένα πολύ πιο αποτελεσματικό μέσο διδασκαλίας σε σχέση με τους συμβατικούς τρόπους διδασκαλίας, σε ό, τι αφορά την ανάπτυξη δεξιοτήτων και γνώσεων που αφορούν τη διευκόλυνση της αλλαγής των αντιλήψεων των μαθητών με επιστημονικές έννοιες.

Τα ΕΕΠ πολύ συχνά χρησιμοποιούνται για να προσομοιώσουν τις συνθήκες ενός αληθινού εργαστηρίου (Potkonjak, Gardener, Callaghan, Mattila, Gueti, Petrovic & Jovanovic, 2016). Σύμφωνα με τους Valdez, Ferreira και Barbosa (2013), ο λόγος που χρησιμοποιούνται τα εργαστήρια εικονικής πραγματικότητας αφορά την ασφάλεια που παρέχουν τα εικονικά εργαστήρια και το μειωμένο κόστος σε σχέση με τα πραγματικά. Επίσης, τα εικονικά εργαστήρια μπορούν να λειτουργήσουν και ως ένα στάδιο προετοιμασίας για τους μαθητές πριν εισέλθουν σε ένα πραγματικό εργαστήριο (Valdez, Ferreira & Barbosa, 2013). Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί το εικονικό εργαστήριο που κατασκευάστηκε από το Ινστιτούτο τεχνολογίας Stevens (Aziz, Chang, Esche & Chassapis, 2014). Το συγκεκριμένο εργαστήριο κατασκευάστηκε για τη διδασκαλία εννοιών μηχανικής και δυναμικής μηχανών (machine dynamics). Οι μαθητές μέσω της χρήσης avatar συνεργάζονται, στήνουν και εκτελούν τα πειράματα τους. Η αξιολόγηση πραγματοποιείται με τη χρήση τεστ στην αρχή και στο τέλος της διδασκαλίας (Aziz, Chang, Esche & Chassapis, 2014).

Σύμφωνα με Kozhevnikov, Gurlitt και Kozhevnikov (2013), η διδασκαλία εννοιών της μηχανικής μέσω ΕΕΠ προσομοίωσης, έχει αποτελέσει πόλο έλξης πολλών ερευνητών εξαιτίας των μεγάλων δυσκολιών και των εναλλακτικών ιδεών που εμφανίζονται κατά τη διδασκαλία τους. Οι Kozhevnikov, Gurlitt και Kozhevnikov (2013) φτάνοντας σε όμοια συμπεράσματα με τους Smetana και Bell (2012), αναφορικά με τη διδασκαλία των εννοιών μηχανικής, τονίζουν ότι η χρήση των ΕΕΠ έχει καταλυτικό ρόλο στην αλλαγή των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών. Τα ΕΕΠ, ανεξάρτητα αν είναι πλήρους εμπύθισης ή όχι (desktop VR), λειτουργούν ως ένα εργαλείο οπτικοποίησης διευκολύνοντας τη αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών με ορθά επιστημονικά μοντέλα και έννοιες. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η εφαρμογή NewtonWorld (Boas, 2013). Στην εφαρμογή αυτή ο μαθητής αλληλεπιδρά με το εικονικό περιβάλλον χρησιμοποιώντας μία μπάλα, σε διαφορετικές συνθήκες (πχ χωρίς βαρύτητα, χωρίς τριβή κλπ) μαθαίνοντας έννοιες μηχανικής όπως η κίνηση ή η τριβή (Boas, 2013).

2.3. Πλεονεκτήματα της αξιοποίησης της ΕΠ στην εκπαίδευση

Όλα τα περιβάλλοντα ΕΠ τα οποία προσανατολίζονται στην εκπαίδευση, δηλαδή τα ΕΠΠ, ανεξαρτήτως της κλίμακας, έχουν ως βασικό στοιχείο την αλληλεπίδραση με τον εκπαιδευόμενο. Οι μαθητές εξερευνούν, εμβαθύνουν και αποκτούν το δικό τους νόημα μέσα από μία ενεργή διαδικασία (Huang, Rauch & Liaw, 2010). Σε αντίθεση δηλαδή από το παραδοσιακό μοντέλο, οι μαθησιακές εμπειρίες μέσα στα ΕΕΠ δεν προέρχονται από στεγνή απομνημόνευση του περιεχομένου αλλά από την βαθύτερη κατανόηση του (Chung, 2012; Falah, Khan, Alfalah, alfalah, Chan, Harrison & Charissis, 2014). Έτσι, σύμφωνα με τους

Chandramouli, Zahraee και Winer (2014), η μαθησιακή διαδικασία μέσω των ΕΕΠ είναι πιο ρεαλιστική και παρουσιάζει καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα, ιδιαίτερα σε πρακτικούς τομείς, σε σχέση με τους παραδοσιακούς τρόπους μάθησης.

Όπως προαναφέραμε, οι δυνατότητες των εικονικών περιβαλλόντων επεκτείνονται και στα συνεργατικά μοντέλα μάθησης. Η συνεργασία των εκπαιδευομένων προκειμένου να εξερευνήσουν το εικονικό περιβάλλον και να εκπληρώσουν τις αποστολές του είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική τόσο στην απόκτηση και κατασκευή της γνώσης (Kavanagh et al. 2017) όσο και στις επιδόσεις τους (Merchant et al., 2014). Επίσης, σύμφωνα με τους Aylett et al. (2014), τα ΕΕΠ που σχεδιάζονται με βασικό σκοπό την επικοινωνία και τη συνεργασία των μαθητών, μπορούν επιπλέον να λειτουργήσουν ως ένα αποτελεσματικό μέσο κοινωνικοποίησης. Λειτουργούν θετικά στην εξάλειψη προκαταλήψεων ή παρανοήσεων, που μπορεί να έχουν οι μαθητές, βελτιώνουν την επικοινωνία τους και γενικά καταργούν τα διάφορα εμπόδια μεταξύ τους. Τα ΕΕΠ, δηλαδή, μπορούν να ευνοήσουν την κοινωνική συμπεριφορά των μαθητών, αφού σύμφωνα με το Falloon (2010), απαλλάσσουν τους μαθητές από το άγχος, που συχνά εμφανίζουν, όταν πρέπει να μιλήσουν δημόσια ή το φόβο να κάνουν κάποιο λάθος. Έτσι, οι μαθητές γίνονται περισσότερο πρόθυμοι να δραστηριοποιηθούν, να επικοινωνήσουν και να αλληλεπιδράσουν με άλλους στα ΕΕΠ.

Τα μαθησιακά κίνητρα, που συσχετίζονται με την επιθυμία και το ενδιαφέρον του μαθητή να συμμετάσχει στην εκπαιδευτική διαδικασία (Cecil, Ramanathan, Mwavita, 2013), αποτελούν βασική προϋπόθεση για την αποτελεσματική χρήση ενός ηλεκτρονικού εργαλείου. Σύμφωνα με τους Renninger & Hidi (2016), όλα τα ηλεκτρονικά εργαλεία, συμπεριλαμβανομένου και της ΕΠ, κατά την εισαγωγή τους στην μαθησιακή διαδικασία προκαλούν το ενδιαφέρον των μαθητών και αυξάνουν τα μαθησιακά τους κίνητρα. Η αξιοποίηση αυτού του ενδιαφέροντος είναι ένα από τα πρώτα βασικά βήματα για την προώθηση της μαθησιακής διαδικασίας. Επίσης, τα ΕΕΠ ως μέρος των τεχνολογικών εργαλείων που χρησιμοποιούν διάδραση, αυξάνουν σημαντικά τα κίνητρα των μαθητών σε σχέση με άλλες παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας (Gieser, Becker, Makedon, 2013). Ακόμα, η εφαρμογή τυπικών στοιχείων παιχνιδιών (βαθμολογία, ανταγωνισμός με άλλους κλπ) είναι ένα συνηθισμένο στοιχείο των εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας που σε συνδυασμό με τα τρισδιάστατα γραφικά(3D) επιτυγχάνουν την αύξηση των μαθησιακών κινήτρων (Kavanagh et al. 2017). Έτσι, σύμφωνα με το Huang et al. (2010), τα παραπάνω χαρακτηριστικά συμβάλλουν στη βελτίωση την εκπαιδευτικής διαδικασίας, καθώς οι μαθητές, η οποίοι εισέρχονται στην εκπαιδευτική διαδικασία με περισσότερα κίνητρα και τα διατηρούν κατά την διάρκεια αυτής, τείνουν να έχουν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα.

Αναφορικά με την μαθησιακή διαδικασία και την απόκτηση γνώσης, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η επίτευξη θετικών συναισθημάτων όπως η ευχαρίστηση (Pekrun & Stephens,

2010). Γενικά, έχει παρατηρηθεί ότι η χρήση των ΕΕΠ προκαλεί αύξηση της ευχαρίστησης των εκπαιδευομένων (Kavanagh et al., 2017). Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με έρευνες, η χρήση στοιχείων παιχνιδιών στα ΕΕΠ (Sharma & Otunba, 2012; Aylett et al., 2014), η απόκτηση αίσθησης αυτονομίας (Pekrun & Stephens, 2010), αλλά και η υψηλού τύπου διάδραση και καινοτομία που χαρακτηρίζει τα ΕΕΠ (Tsaramirsis, Buhari, AL-Shammari, Ghazi, Nazmudeen & Tsaramirsis, 2016) έχουν χαρακτηριστεί ως τις βασικές αιτίες για την αύξηση της ευχαρίστησης.

Σύμφωνα με τους Cecil et al.(2013), ενώ τα κίνητρα σχετίζονται με την επιθυμία του μαθητή, στην περίπτωση της εκπαίδευσης, να συμμετάσχει στην εκπαιδευτική διαδικασία, η εμπύθιση σχετίζεται με την τάση κάποιου να παραμείνει σε αυτήν. Όπως έχουμε προαναφέρει, η εμπύθιση αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό της ΕΠ. Αυτή προκαλεί μία αίσθηση «απορρόφησης» ή «παρουσίας» του εκπαιδευόμενου μέσα στο ΠΕΠ αυξάνοντας το ενδιαφέρον και την προσοχή του στη μαθησιακή διαδικασία (Ewert, Schuster, Johanson, Schilberg, Jeschke, 2013). Βέβαια, παρόλο που η εμπειρία της «παρουσίας» του εκπαιδευόμενου μπορεί να έχει μία ισχυρή συναισθηματική επίδραση σε αυτόν και να επηρεάσει μη γνωστικούς παράγοντες, όπως τα εσωτερικά κίνητρα και την ευχαρίστηση του μαθητή (Makransky & Lilleholt, 2018), δεν έχουν βρεθεί διαφορές στην απόκτηση της γνώσης και της απόδοσης των μαθητών αναφορικά με τα περιβάλλοντα πλήρους εμπύθισης και τα περιβάλλοντα μερικής εμπύθισης (Stepan, Zeiger, Hanchunk, Del Signore, Shrivastava, Govindaraj & Poreta, 2017). Ωστόσο, τα ΕΕΠ ανεξαρτήτου του βαθμού εμπύθισης παρουσιάζουν καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα συγκριτικά με τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας (Alhalabi, 2016).

2.4. Προβλήματα στην αξιοποίηση της ΕΠ στην εκπαίδευση

Παρόλο που η δυναμική των εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας είναι ιδιαίτερα σημαντική, δεν έχει ακόμα επιτευχθεί ευρεία χρήση της στην εκπαίδευση εξαιτίας διαφόρων προκλήσεων και προβλημάτων σχετιζόμενα με τη χρήση της.

Ένα από τα πρώτα προβλήματα που παρουσιάστηκαν στη χρήση προγραμμάτων εικονικής πραγματικότητας από τις αρχές του 90', που ξεκίνησαν οι πρώτες προσπάθειες χρήσης της στην εκπαίδευση, μέχρι και σήμερα, είναι το κόστος. Παρόλο που η εξέλιξη της τεχνολογίας οδήγησε στη μείωση του κόστους των ηλεκτρονικών συστημάτων (υπολογιστές, περιφερειακά συστήματα κλπ) και το κόστος των εφαρμογών μειώθηκε σημαντικά, αρκετοί ερευνητές αναφέρουν τις δυσκολίες που δημιουργεί το κόστος της συντήρησης, της υποστήριξης αλλά και της εκπαίδευσης, τόσο των εκπαιδευτικών όσο και των εκπαιδευομένων (Takala, 2014). Προκειμένου να χρησιμοποιηθεί μία νέα τεχνολογική εφαρμογή σε ένα σχολείο θα πρέπει οι εκπαιδευτικοί να συμμετάσχουν σε εκπαιδευτικά

σεμινάρια έτσι ώστε να αποκτήσουν την απαραίτητη κατάρτιση αναφορικά με τη χρήση της εφαρμογής. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει επιπλέον κόστος, αλλά και παραπάνω χρόνος προετοιμασίας για τους εκπαιδευόμενους, ειδικά αν αφορά εφαρμογές και εξοπλισμό πλήρους εμπύθισης που και ο εκπαιδευτικός και ο μαθητής πιθανόν να μην γνωρίζουν (Le, Pedro & Park, 2014). Ο συνδυασμός των δύο κοστών, πριν και μετά την αγορά και τη χρήση των συστημάτων και των εφαρμογών, μπορεί να είναι αρκετά υψηλός για αρκετά σχολεία. Επιπλέον, το κόστος παραγωγής εφαρμογών των ΕΕΠ μπορεί να είναι αρκετά υψηλό και δεδομένου της μικρής αγοράς, που υπάρχει για την ώρα. Λίγοι παραγωγοί και εταιρίες προγραμματισμού αναλαμβάνουν τέτοια έργα. Με αποτέλεσμα, το κόστος των εφαρμογών να είναι υψηλό και η ποιότητα των εφαρμογών να παραμένει χαμηλή (Deb & Ray, 2016).

Επιπλέον, η δυσκολία χρήσης που παρουσιάζεται σε διάφορα περιφερειακά εργαλεία από μερικούς μαθητές, ιδιαίτερα στις εφαρμογές πλήρους εμπύθισης, μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την μαθησιακή τους εμπειρία (Wei, Zhou, Soe & Nahavandi, 2013). Αυτό σε συνδυασμό με την ανακρίβεια, που μπορεί να παρουσιαστεί κατά την χρήση τους, όπως η ανακριβής αναγνώριση κινήσεων από συστήματα αναγνώρισης χειρονομίας (Gieser et al., 2013), εμπόδισε τους μαθητές να αναλάβουν πρωτοβουλίες ενώ απαιτούνταν περισσότερος χρόνος στην διδασκαλία. Ακόμα και στις περιπτώσεις που τα συστήματα είχαν μεγαλύτερη ακρίβεια, ο χρόνος που απαιτούνταν ήταν και πάλι αρκετά υψηλός. Ο επιπλέον εξοπλισμός, που συνήθως ήταν αναγκαίος, ήταν υπερβολικά δύσκολος στη χρήση του (Gieser et al., 2013).

Ακόμα, εκτός από τον περιφερειακό εξοπλισμό και τα ΕΕΠ μπορούν να δημιουργήσουν πρόβλημα στην εκπαιδευτική διαδικασία. Κατ' αρχάς, τα ΕΕΠ μπορεί να μην παρέχουν ένα επαρκώς ρεαλιστικό περιβάλλον, κάτι που αποδυναμώνει τα εκπαιδευτικά και μαθησιακά αποτελέσματα τους (Le et al., 2014). Επίσης, εξαιτίας προβλημάτων, όπως ο σχεδιασμός του περιβάλλοντος, το επίπεδο αλληλεπίδρασης και η απουσία οδηγιών, εμφανίζονται προβλήματα ευχρηστίας των ΕΕΠ (Falah et al., 2014; Ijaz et al., 2017). Ένα ΕΕΠ, το οποίο δεν είναι ούτε κατάλληλα σχεδιασμένο αλλά ούτε εμπεριέχει οδηγίες ως προς τη χρήση του, είναι πολύ πιθανό να οδηγήσει τον μαθητή να χάσει τον προσανατολισμό του μέσα στο εικονικό περιβάλλον και γενικά να του αποσπάσει την προσοχή από την εκπαιδευτική διαδικασία (Huang et al., 2010; Ijaz et al., 2017). Ακόμα, σύμφωνα με τους Xu και Ke (2016), ενώ κάποιοι μαθητές πολλές φορές είναι αρκετά ενεργοί και ικανοί να εξερευνούν το εικονικό περιβάλλον, άλλοι «χάνονται» και επιζητούν σαφείς οδηγίες. Γι' αυτό το λόγο, δημιουργία μίας ενδιάμεσης λύσης, δηλαδή μεταξύ της παροχής οδηγιών και της ελευθερίας χειρισμού, προβληματίζει αρκετούς δημιουργούς ΕΕΠ (Xu & Ke, 2016; Dunkan, Miller & Jiang, 2012).

Επίσης, ενώ όπως προαναφέραμε η χρήση της ΕΠ από μόνη της προκαλεί αύξηση των μαθησιακών κινήτρων των μαθητών, η χρήση ενός ακατάλληλου και φτωχού

εκπαιδευτικού σχεδιασμού μπορεί, εκτός από την αναποτελεσματικότητα που θα έχει αναφορικά με τους εκπαιδευτικούς στόχους, να οδηγήσει στη μείωση των μαθησιακών κινήτρων και της ενεργού συμμετοχής τους στην εκπαιδευτική διαδικασία (Apostolellis & Bowman, 2014).

Παρόλα τα προβλήματα και τις ανησυχίες που προκύπτουν από τη χρήση εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας, δεν αποτελούν ουσιαστικούς λόγους, ώστε να εγκαταλείψουμε τη χρήση της. Η ανάπτυξη των ΕΕΠ είναι ακόμα σε αρχικό στάδιο και η επίλυση των προβλημάτων που εμφανίζονται αξίζουν την προσπάθεια (Schofield, 2014; Dunkan, Miller & Jiang, 2012). Όμως δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ότι, σύμφωνα με τους Huang et al. (2010), οποιαδήποτε «εκπαιδευτική καινοτομία θα πρέπει να ξεκινάει με μία δυνατή παιδαγωγική».

2.5. Εκπαιδευτική Ρομποτική

Σύμφωνα με τους Altin και Pedaste (2013), αρκετά χρόνια μετά την επιτυχία του Papert με την εμφάνιση της γλώσσας LOGO, μία γλώσσα που έδινε την δυνατότητα ελέγχου των ρομπότ μέσω των υπολογιστών (Papert, 1980), η εταιρία LEGO αποφάσισε να διερευνήσει την εκπαιδευτική δυνατότητα των παιχνιδιών της. Το 1998 η Lego έκανε το πρώτο επίσημο βήμα της στην εκπαιδευτική ρομποτική με τα Mindstorms και το RCX, το πρώτο έξυπνο και προγραμματιζόμενο «τούβλο». Η επιτυχία αυτή είχε ως αποτέλεσμα και άλλες εταιρίες να αρχίσουν να ασχολούνται με την εκπαιδευτική ρομποτική αλλά και με την περαιτέρω εξέλιξη των Mindstorm, με τα μοντέλα NXT και EV3 (Altin & Pedaste, 2013).

2.6. Η χρήση της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην εκπαίδευση

Η εκπαιδευτική ρομποτική (EP) αφήνοντας τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν 3D αντικείμενα, δηλαδή τα ρομπότ, τους δίνει τη δυνατότητα να βάλουν σε ένα πλαίσιο αυτό που μαθαίνουν διευκολύνοντας παράλληλα την έκφραση των ιδεών και αντιλήψεών τους (Church, Ford, Perona, & Rogers, 2010). Σύμφωνα με τους Ospennikovam, Ershov και Iljin (2015), η εκπαιδευτική ρομποτική συσχετίζεται με την εκπαίδευση και τη διδασκαλία με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

- Το ρομπότ ως γνωστικό αντικείμενο. Αποτελεί το αντικείμενο της διδασκαλίας.
- Το ρομπότ ως γνωστικό εργαλείο. Υποστηρίζει τις γνωστικές διεργασίες όπως τη σκέψη, την επίλυση προβλημάτων, την οικοδόμηση γνώσης κλπ.
- Το ρομπότ ως μέσο/εργαλείο διδασκαλίας. Έχει υποστηρικτικό ρόλο και χρησιμοποιείται ως εργαλείο μέτρησης και εκτέλεσης δραστηριοτήτων.

Οι μορφές μάθησης, οι οποίες συσχετίζονται με την εκπαιδευτική ρομποτική, όπως η μάθηση μέσω διερεύνησης, η συνεργατική μάθηση, μάθηση μέσω επίλυσης προβλημάτων (Problem-

Based Learning), μάθηση μέσω διαγωνισμού (Competition-Based Learning), μάθηση μέσω project (project-based learning) κλπ, στηρίζονται στις ιδέες του κονστρουκτιβισμού (Altin & Pedaste, 2013). Σύμφωνα με τον Alimisis (2013), ο λόγος που η ΕΡ συσχετίζεται με τις κονστρουκτιβιστικές θεωρίες μάθησης αφορά το βασικό χαρακτηριστικό της, δηλαδή, την ενεργό συμμετοχή σε διασκεδαστικά διδακτικά περιβάλλοντα, που σχετίζονται με θέματα της πραγματικότητας και τροφοδοτούν την περιέργεια, το ενδιαφέρον αλλά και ένα εναλλακτικό τρόπο σκέψης των μαθητών. Επίσης, σύμφωνα με τον Alimisis (2012), οι πραγματικές δυνατότητες των ρομπότ, αναφορικά με την μαθησιακή διαδικασία, εμφανίζονται όταν τα ρομπότ χρησιμοποιούνται κυρίως ως γνωστικό εργαλείο και ενθαρρύνουν τους μαθητές να συμμετέχουν ενεργά. Όταν, δηλαδή, χρησιμοποιούνται ως ένας εναλλακτικός ενεργός τρόπος μάθησης και κατασκευής της γνώσης.

Παρότι αρκετές μορφές μάθησης, οι οποίες σχετίζονται με το κονστρουκτιβισμό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ΕΡ, 3 θεωρούνται οι κύριες προσεγγίσεις (Eguchi, 2010; Eguchi 2017).

- Μάθηση μέσω project (project-based learning). Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες και εξερευνούν θέματα της πραγματικότητας. Σύμφωνα με τους Karahocas, Karahoca και Uzunpoylu (2011), η διερεύνηση και επίλυση των διαφόρων προβλημάτων, που μπορεί να εμφανιστούν αλλά και η συνεργασία αποτελούν συχνά στοιχεία της μάθησης μέσω project. Η ΕΡ αποτελεί ένα εξαιρετικά ικανό περιβάλλον προκειμένου οι μαθητές να συνεργαστούν και να επιδείξουν τον τρόπο σκέψης και επίλυσης του θέματος, που πραγματεύονται μέσω του ρομπότ τους, επιδεικνύοντας ταυτόχρονα τη γνώση που απέκτησαν (Eguchi, 2014).
- Μάθηση μέσω διαγωνισμού (Competition-Based Learning). Οι μαθητές παίρνουν μέρος σε διαγωνισμούς κατασκευάζοντας και προγραμματίζοντας ρομπότ. Σύμφωνα με τους Altin και Pedaste (2013), οι μαθητές αποκτούν ή χρησιμοποιούν ήδη υπάρχουσες γνώσεις από άλλα μαθήματα, όπως φυσική ή μαθηματικά προκειμένου να επιλύσουν τα διάφορα προβλήματα που σχετίζονται με τον διαγωνισμό. Η φύση της ΕΡ την αναδεικνύει ως ένα ιδανικό περιβάλλον διαθεματικότητας, όπου οι μαθητές οικοδομούν νέες γνώσεις και ικανότητες βασιζόμενοι στις ήδη υπάρχουσες.
- Μάθηση μέσω διερεύνησης. Οι μαθητές ασχολούνται με μία συγκεκριμένη θεματική, η οποία αφορά συνήθως τις φυσικές επιστήμες, αποκτώντας γνώσεις μέσω πειραμάτων ή παρατήρησης. Σύμφωνα με τους Altin και Pedaste (2011), οι μαθητές δρουν ως επιστήμονες αναγνωρίζοντας καταστάσεις, αναπτύσσοντας επιστημονικές ερωτήσεις, κάνοντας υποθέσεις, σχεδιάζοντας, πραγματοποιώντας και αξιολογώντας πειράματα και φτάνοντας σε τεκμηριωμένα συμπεράσματα. Η δυνατότητα της εκπαιδευτικής ρομποτικής να συνδυάζει στοιχεία ηλεκτρονικών εφαρμογών και

πρακτικών δραστηριοτήτων δίνοντας άμεσα οπτικά και απτά αποτελέσματα βοηθά στην περαιτέρω αύξηση των κινήτρων των μαθητών αναφορικά με τον συγκεκριμένο τρόπο μάθησης (Altin & Pedaste, 2011).

Σύμφωνα με έρευνες, η ΕΡ χρησιμοποιείται κυρίως στην εκπαίδευση STEM, δηλαδή στις φυσικές επιστήμες (Science), στην τεχνολογία (Technology), στη μηχανική (Engineering) και στα μαθηματικά (Mathematics) (Benitti, 2012). Οι λόγοι που η ΕΡ ασχολείται με τη διδασκαλία STEM είναι οι εξής (Nugert, Bradley, Grandgenet & Adamchuk, 2010; Church, Ford, Perova & Rogers, 2010):

- Η δημιουργία πραγματικών κατασκευών που αφορούν έννοιες της μηχανικής και της τεχνολογίας.
- Η κατανόηση και πρακτική χρήση αφηρημένων και δύσκολων εννοιών των φυσικών επιστημών και των μαθηματικών.
- Η ανάγκη πειραματισμού σε ασφαλές και ρεαλιστικό περιβάλλον.
- Ευκολία μετρήσεων και επανάληψης πειραμάτων

Μέσα στη διδασκαλία των STEM, η ΕΡ δίνει την δυνατότητα στα παιδιά να συμμετάσχουν στο πραγματικό κόσμο της επιστήμης και να κατανοήσουν διάφορες εννοιολογικές αρχές μέσα από την διαδικασία της έρευνας και της ανάλυσης δεδομένων (Kim, Kim, Yuan, Hill, Doshi & Thai, 2015). Το μαθησιακό περιβάλλον της ΕΡ αφορά την εμπλοκή των μαθητών με προβλήματα του πραγματικού κόσμου (Alimisis, 2013). Η κατάκτηση της γνώσης δεν έχει να κάνει με την αφομοίωση των νέων δεδομένων και πληροφοριών αλλά με τη μεταφορά και απεικόνιση των ιδεών τους με εναλλακτικούς τρόπους όπως κατασκευές, μαθηματικά διαγράμματα κλπ (Chalmers, Chandra, Hudson & Hudson, 2012). Η ευκολία μετρήσεων και επανάληψης των πειραμάτων χρησιμοποιώντας τα εργαλεία της ΕΡ, τα οποία έχουν σχετική ακρίβεια, δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να εκτελέσουν καινοφανείς επιστημονικές έρευνες (Ospennikova, Ershov & Iljin, 2015). Η πραγματική όμως ουσία της ΕΡ στη διδασκαλία των STEM είναι η σύνθεση μεταξύ της επιστημονικής έρευνας και του μηχανικού σχεδιασμού, η οποία μικραίνει το κενό μεταξύ των εννοιών και των δεξιοτήτων της φυσικής καθώς και τη χρήση αυτών των δεξιοτήτων. Ως εκ τούτου, οι γνώσεις, που αποκομίζουν οι μαθητές κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, μπορούν να αξιοποιηθούν εφ' όρου ζωής. Αυτός άλλωστε είναι και ένας από τους βασικούς στόχους της διδασκαλίας STEM (Khanlari, 2016). Παρόλα αυτά, ο διεπιστημονικός και ο διαθεματικός χαρακτήρας της ΕΡ της επιτρέπει τη μαθησιακή υποστήριξη σε ένα μεγάλο εύρος εκπαιδευτικών διαδικασιών και θεματικών τόσο εντός της διδασκαλίας STEM όσο και εκτός (Fachantidis & Spathoroulou, 2011).

2.7. Πλεονεκτήματα της αξιοποίησης της εκπαιδευτικής ρομποτικής στην εκπαίδευση

Σύμφωνα με τον Blikstein (2013), η χρήση τυπικών επιστημονικών εργαστηρίων δεν προωθεί την ανάπτυξη της κριτικής και δημιουργικής σκέψης αλλά ούτε και δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Οι μαθητές ακολουθούν αυστηρά συγκεκριμένες οδηγίες οι οποίες δεν αφήνουν περιθώρια ελιγμών, οδηγώντας τους περισσότερο στην εξακρίβωση και λιγότερο στην ανακάλυψη εννοιών. Αντιθέτως, η χρήση της EP εμπλέκει ενεργά τους μαθητές στη μαθησιακή διαδικασία δίνοντάς τους τη δυνατότητα επιλογής της στρατηγικής και των διαθέσιμων υλικών που θα χρησιμοποιήσουν (Alimisis, 2012). Οι μαθητές χρησιμοποιούν όλες τις γνωστικές λειτουργίες, όπως αντίληψη, παρουσίαση, δημιουργικότητα κλπ, προκειμένου να επιλύσουν πραγματικά προβλήματα χρησιμοποιώντας τεχνολογικά πλαίσια (Ospennikova, Ershov & Pjin, 2015). Συνεπώς, σύμφωνα με έρευνες, τα περισσότερα παιδιά που ασχολήθηκαν με την EP παρουσίαζαν αισθητή βελτίωση της δημιουργικής και κριτικής τους σκέψης και ανέπτυξαν σε καλύτερο βαθμό δεξιότητες σχετικά με την επίλυση προβλημάτων (Chalmers, Chandra, Hudson & Hudson, 2012).

Η δυνατότητα συνεργασίας στα πλαίσια μία ομάδας και έκφρασης ιδεών είναι ιδιαίτερα σημαντική στα πλαίσια της EP, καθώς επηρεάζει όλη τη μαθησιακή διαδικασία. Σύμφωνα με τους Ospennikova, Ershov & Pjin, (2015), η κατασκευή του ρομποτικού συστήματος είναι υπερβολικά δύσκολη για ένα μόνο άτομο. Επίσης, η χάραξη της στρατηγικής που θα ακολουθήσουν οι μαθητές, αναφορικά με την επίλυση των προβλημάτων που συναντούν, έχει ως βασική προϋπόθεση την αλληλεπίδραση μεταξύ τους και την δυνατότητα «συμβιβασμού». Δηλαδή, η δυνατότητα και αποτελεσματικότητα των μαθητών να δουλεύουν ως μία ομάδα επηρεάζει συχνά το τελικό αποτέλεσμα μίας ομάδας (Grubbs ,2013). Σύμφωνα με έρευνες, η EP ευνοεί σε υψηλό βαθμό την ανάπτυξη διαπροσωπικών δεξιοτήτων, όπως την αλληλεπίδραση και τη συνεργασία με άλλους, απαραίτητα στοιχεία στη σημερινή εποχή (Grubbs ,2013; Khanlari, 2016).

Όπως αναφερθήκαμε παραπάνω, η EP χρησιμοποιείται κυρίως στη διδασκαλία STEM. Σύμφωνα με έρευνες, οι μαθητές μέσω της χρήσης της EP πέτυχαν βαθύτερη κατανόηση των εννοιών αλλά και υψηλότερες επιδόσεις στα συγκεκριμένα μαθήματα (Barker, Nugent & Grandgenett, 2014). Σημαντικό ρόλο σε αυτά τα αποτελέσματα διαδραματίζει η αύξηση των μαθησιακών κινήτρων και του ενδιαφέροντος των μαθητών για τα μαθήματα STEM (Mcgill,2012). Σύμφωνα με τον Khaanlari (2013),η προώθηση ενός εναλλακτικού και πιο διασκεδαστικού τρόπου διδασκαλίας, όπου ο μαθητής έχει ενεργό ρόλο, αλλά και η παροχή μαθησιακών κινήτρων λειτουργούν ευεργετικά αναφορικά με τη συμμετοχή των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η παροχή μαθησιακών κινήτρων δεν

περιορίζεται μόνο στους μαθητές που ήδη δείχνουν ενδιαφέρον για κάποια από τη θεματική των STEM (Karahoca et al., 2011). Σύμφωνα με το Benitti (2012), όλοι οι μαθητές μπορούν να δείξουν ενδιαφέρον για κάποιο είδος δραστηριότητας που αφορά την ΕΡ. Για παράδειγμα, το σχήμα του ρομπότ κάθε ομάδας πολύ πιθανόν να εξαρτάται από τα ενδιαφέροντα των μελών της, όπως αν τους αρέσουν οι μηχανές, τα αυτοκίνητα ή οι τέχνες. Η διαφοροποίηση έχει να κάνει με τη δραστηριότητα και όχι με την εκπαιδευτική ρομποτική. Ακόμα, σύμφωνα με το Karahoca et al. (2011), η ενασχόληση των μαθητών με την κατασκευή των ρομπότ αυξάνει σημαντικά τις δεξιότητες και την αυτοπεποίθησή τους, κάτι που ευνοεί τη μαθησιακή διαδικασία και τα μαθησιακά κίνητρα.

2.8. Προβλήματα στη αξιοποίηση της ΕΡ στην εκπαίδευση

Ενώ η δυναμική της ΕΡ είναι σημαντική, η χρήση της στα σχολεία και ιδιαίτερα σε μαθήματα STEM είναι ακόμα περιορισμένη. Η χρήση της σε μεγάλο βαθμό περιορίζεται σε εξωσχολικές δραστηριότητες εξαιτίας διαφόρων προκλήσεων και προβλημάτων (Alimisis, 2013).

Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι ιδιαίτερα σημαντικός, αναφορικά με τη χρήση της ΕΡ (Pitti, Curto, Moreno, & Rodríguez, 2013). Όμως, πολλοί εκπαιδευτικοί είτε δεν αναγνωρίζουν τα πλεονεκτήματα της ΕΡ είτε δεν είναι κατάλληλα προετοιμασμένοι για να τη χρησιμοποιήσουν (Kim et al., 2015). Σύμφωνα με τον Khanlari (2016), ενώ οι εκπαιδευτικοί θεωρούν την ΕΡ χρήσιμη για τη διδασκαλία κάποιων θεματικών STEM, ο χρόνος που απαιτείται στη ΕΡ ως γνωστικό αντικείμενο αλλά και ο περιορισμός των αποτελεσμάτων κατά τη χρήση της στη διδασκαλία, τους αποθαρρύνει να την χρησιμοποιήσουν. Επίσης, σύμφωνα με έρευνες (Kim et al., 2015; Alimisis, 2013), αναφορικά με την ΕΡ, οι εκπαιδευτικοί έχουν έλλειψη τεχνικού, υποστηρικτικού και διδακτικού υλικού, απουσία γνώσεων και αυτοπεποίθησης για τις ικανότητες τους αλλά και αδυναμία σωστής διαχείρισης του χρόνου προετοιμασίας και διδασκαλίας. Η δυσκολία των εκπαιδευτικών να χρησιμοποιήσουν την ΕΡ σχετίζεται κυρίως με 2 λόγους:

- Τρόπος εκπαίδευσης. Η εκπαίδευση των εκπαιδευτικών αναφορικά με την χρήση της ΕΡ γίνεται κυρίως στα πλαίσια εργαστηρίων ή σεμιναρίων. Αυτός ο τρόπος εκπαίδευσης όμως παρουσιάζει δύο προβλήματα. Ο χρόνος εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών, ο οποίος συνήθως αφορά ένα εξάμηνο, είναι ανεπαρκής προκειμένου να καταφέρουν να χρησιμοποιήσουν τη ΕΡ στις διδασκαλίες τους (Kim et al. 2015). Επίσης, τα σεμινάρια εστιάζουν κυρίως στη κατασκευή και στο προγραμματισμό των ρομπότ και όχι στο τρόπο χρήσης τους μέσα στην μαθησιακή διαδικασία (Kay, Moss, Engelman, & McKlin, 2014). Η απλή ένταξη και χρήση ρομπότ στην εκπαίδευση δεν εγγυάται θετικά αποτελέσματα αναφορικά με την μαθησιακή διαδικασία. Η χρήση

κατάλληλων θεωριών μάθησης, όπως του κονστροκτιβισμού, είναι απαραίτητη καθώς το ρομπότ, σύμφωνα με τη Eguchi (2010), είναι ένα εργαλείο και ο τρόπος που θα το εντάξεις στη διδασκαλία είναι αυτός που θα καθορίσει την επίδραση που θα έχει στη μάθηση. Όμως, σύμφωνα με τους Barker, Nugent και Grandgennett (2014), οι εκπαιδευτικοί αδυνατούν να εφαρμόσουν αυτά που διδαχτήκαν στα σεμινάρια εξαιτίας του ανεπίσημου χαρακτήρα των σεμιναρίων αλλά και τη χαμηλή αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών σε αυτά.

- Γνώση STEM. Όπως προαναφέραμε, η χρήση της ΕΡ αφορά κυρίως τη διδασκαλία STEM. Οπότε η γνώση STEM είναι απαραίτητη προκειμένου οι εκπαιδευτικοί να μπορέσουν να διδάξουν έννοιες STEM με τη χρήση ρομποτικής. Ωστόσο, σύμφωνα με τους Kim, Kim, Lee, Spector, & DeMeester (2013), η έλλειψη γνώσης STEM από τους εκπαιδευτικούς έχει ως αποτέλεσμα την έλλειψη ενδιαφέροντος για τα μαθήματα STEM και οτιδήποτε αφορά την διδασκαλία τους, όπως τη ρομποτική.

Ακόμα, ο χρόνος που πρέπει να περάσουν γνωρίζοντας και μαθαίνοντας με τα ρομπότ δεν αφορά μόνο τους εκπαιδευτικούς αλλά και τους μαθητές. Σύμφωνα με το Benniti (2012), προκειμένου οι μαθητές να έχουν τη δυνατότητα να αξιοποιήσουν τη ρομποτική θα πρέπει να έχουν έρθει σε επαφή με τα συστήματα ρομποτικής.

Οι δυνατότητες και οι χρήσεις της ΕΡ εκτείνονται σε όλο το φάσμα της εκπαίδευσης από την πρωτοβάθμια ως και τη δευτεροβάθμια (Eguchi, 2014), ενώ θετικά αποτελέσματα φαίνεται να έχει ακόμα και στις προσχολικές ηλικίες (Kazakoff, Sullivan & Bers, 2013). Όμως, οι δυνατότητες και η αποτελεσματικότητα ενός εργαλείου, όπως η ρομποτική, δεν εξαρτάται μόνο από το ίδιο το εργαλείο αλλά κυρίως από το ποιος το χειρίζεται και πώς. Συνεπώς, η εστίασή στους εκπαιδευτικούς και αλλά και σε αποτελεσματικούς τρόπους ένταξης της ΕΡ στη μαθησιακή διαδικασία είναι ένας τρόπος προκειμένου τα σχολεία να εστιάσουν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα (Alimisis, 2013), όπως η δημιουργικότητα, η εφευρετικότητα, ο επιστημονικός τρόπο σκέψης κλπ.

3. Διδακτική Φυσικών Επιστημών

3.1. Εισαγωγή

Αντικείμενο των Φ.Ε είναι η μελέτη του φυσικού κόσμου, κάτι που αναντίρρητα συμπεριλαμβάνει και εμάς τους ίδιους. Ο όγκος γνώσεων που έχουμε σήμερα στο πεδίο των Φ.Ε εκτείνεται παντού μέσα στην καθημερινότητα μας συγκροτώντας την κεντρική και βασική πηγή γνώσης και πληροφόρησης για το φυσικό και τον κατασκευασμένο κόσμο. Μέρος των Φ.Ε αποτελούν όλες οι τεχνολογικές εφαρμογές και τα επιτεύγματα του σήμερα, όλα τα τεχνολογικά μέσα που περιβάλλουν την καθημερινότητα μας και γενικά οτιδήποτε απορροφά μέρος της προσοχής μας και του ενδιαφέροντος μας (Osborne & Dillon, 2008).

Η γνώση των Φ.Ε προορίζεται για όλους τους ανθρώπους και όχι μόνο για αυτούς που επιθυμούν να σπουδάσουν ή να εργαστούν σε τεχνολογικά επαγγέλματα. Κάθε άνθρωπος οφείλει να έχει γνώμη, λόγο και να συμμετέχει ως μέλος της κοινωνίας στον διάλογο για τα επιστημονικά θέματα, καθώς αποτελούν μέρος της σύγχρονης ζωής και κοινωνίας. Ως εκ τούτου, είναι βασικής σημασίας η καλλιέργεια επιστημονικά εγγράμματων πολιτών με κοινωνική και περιβαλλοντική συνείδηση ανεξαρτήτως αν αποφασίσουν να ασχοληθούν με την επιστήμη και την τεχνολογία (NRC, 2012).

Ο μεγάλος όγκος γνώσεων πάνω σε ένα αντικείμενο δεν επαρκεί προκειμένου κάποιος να μπορεί να διδάξει τις Φ.Ε στη πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Οι Φ.Ε αποτελούν ένα πολυσύνθετο και μερικές φορές δυσνόητο αντικείμενο και το κοινό στο οποίο απευθύνονται, κυρίως μαθητές που βρίσκονται στην εφηβεία, έχει συγκεκριμένες στάσεις, νοητικές ικανότητες και ενδιαφέροντα. Επιπλέον, η επιλογή και χρήση ενός κατάλληλου διδακτικού μοντέλου είναι βασικής σημασίας και επιβάλλεται να είναι προσεκτική. Γι' αυτό είναι αναγκαίο ο εκπαιδευτικός να κατέχει γνώσεις και από άλλα επιστημονικά πεδία (ψυχολογία, κοινωνιολογία κτλ) (Osborne & Dillon, 2008).

3.2. Θεωρίες μάθησης που αφορούν την διδασκαλία Φ.Ε

3.2.1. Παραδοσιακό μοντέλο

Το παραδοσιακό μοντέλο βασίστηκε στην θεωρία του συμπεριφορισμού και αποτέλεσε τη πρώτη μεγάλη θεωρία μάθησης. Αναπτύχθηκε στα τέλη του 19^{ου} και αρχές του 20^{ου} αιώνα και κυριάρχησε στη διδακτική Φ.Ε ως τα μέσα του 20^{ου} αιώνα (Harasim, 2012). Η προσέγγιση της μάθησης, σύμφωνα με το συμπεριφορισμό, αφορά μόνο οτιδήποτε μπορεί να γίνει αντιληπτό μέσα από την διαδικασία της παρακολούθησης και αγνοεί τις διάφορες νοητικές διεργασίες μιας και δεν μπορεί να γίνουν αντιληπτές με κάποια επιστημονική διαδικασία. Το μυαλό του μαθητή θεωρείται ένα «μαύρο κουτί» γι' αυτό και οποιαδήποτε διεργασία σε αυτό δεν έχει ουσιαστική σημασία (Skinner, 1974), ενώ η μάθηση επιτυγχάνεται

από τη μεταβολή της συμπεριφοράς του μαθητή μέσα από τις εμπειρίες του (Hean, Deboraaaah & Halloran, 2009). Οι νέες συμπεριφορές και ιδέες αποκτούνται από τον μαθητή μέσα από μία παθητική διαδικασία (Armitage, Bryant, Dunhil, Hayes, Hudson, Kent & Et, 2003). Σύμφωνα με τους Hean, Craddock και Halloran (2009), η γνώση πολλές φορές επιτυγχάνεται μέσα από τη μέθοδο της δοκιμής και της απόρριψης όπου η επανάληψη έχει βασικό ρόλο. Το κέντρο εστίασης στο συγκεκριμένο μοντέλο δεν είναι η μαθησιακή διαδικασία αλλά τα μαθησιακά αποτελέσματα (Armitage et al., 2003).

3.2.2. Ανακαλυπτικό μοντέλο

Στα μέσα του 20^{ου} αιώνα ένα νέο μοντέλο μάθησης βρισκόταν στο επίκεντρο της παιδαγωγικής, το ανακαλυπτικό μοντέλο μάθησης. Η προσέγγιση της μάθησης, σύμφωνα με το ανακαλυπτικό μοντέλο, αφορά καταστάσεις όπου οι μαθητές με τη χρήση διαφόρων μέσων που τους έχουν δοθεί και την αυτοκαθοδηγούμενη κατανόηση τους, αποκτούν γνώσεις σχετικά με το αντικείμενο μελέτης τους (Bruner, 1961; Worthen, 1968). Η γνώση προέρχεται από μία ενεργή και δυναμική διαδικασία μεταξύ του ατόμου και των διαφόρων καταστάσεων εντός της μαθησιακής διαδικασίας. Η γνώση είναι μια διαδικασία και όχι ένα σύνολο δεδομένων, όπου κυρίως υπεύθυνος είναι ο μαθητής (Svinicki, 1998). Σύμφωνα με τον Bruner (1961), η ανακαλυπτική μάθηση αφορά «όλες τις μορφές απόκτησης γνώσης με τη χρήση του νου». Όμως, ενώ οι μαθητές είναι το επίκεντρο της μαθησιακής διαδικασίας, η δυνατότητα των μαθητών να αποκτήσουν γνώσεις δεν εξαρτάται μόνο από τους ίδιους, καθώς η σωστή καθοδήγηση και προετοιμασία από την πλευρά του εκπαιδευτικού είναι αναγκαία (Bakker, 2018). Ωστόσο, τα αποτελέσματα του ανακαλυπτικού μοντέλου μάθησης ήταν ανάμεικτα. Πιο συγκεκριμένα, ενώ κάποιοι μαθητές ανταποκρίνονταν θετικά σε αυτόν τον τρόπο διδασκαλίας, άλλοι μαθητές με χαμηλή αυτοπεποίθηση επιζητούσαν την καθοδήγηση (Cronbach, 1966). Επίσης, σύμφωνα με το Khlar (2009), αναφορικά με τις Φ.Ε, η έλλειψη δομής αλλά και οδηγιών σχετικά με την ανάλυση και επίλυση επιστημονικών προβλημάτων είναι μία πολύ δύσκολη διαδικασία, που πολύ πιθανό να απαιτήσει υπερβολικό χρόνο.

3.2.3. Κονστрукτιβιστικό μοντέλο

Η μάθηση δεν αφορά μόνο την απόκτηση γνώσεων αλλά και τη διαδικασία που επιτυγχάνεται αυτό (Fernado & Marikar, 2017). Το κονστрукτιβιστικό μοντέλο μάθησης, μία από τις κυριότερες σύγχρονες προσεγγίσεις, εστιάζει τόσο στην γνώση και πώς αυτή κατασκευάζεται από το μαθητή όσο και στην διαδικασία όπου επιτυγχάνεται αυτό. Σύμφωνα με τον Piaget (1960), η γνώση κατασκευάζεται από τον μαθητή μέσα από τις εμπειρίες του και νοηματοδοτείται με βάση τις προϋπάρχουσες γνώσεις του. Η γνώση δεν είναι κάτι στατικό και αμετάβλητο, κατασκευάζεται από εμάς με βάση τις προϋπάρχουσες ιδέες μας και προϋποθέτει την ενεργό συμμετοχή μας στην οποιαδήποτε διαδικασία κατασκευής της

(Hung, 2001). Ο μαθητής συμμετέχει σε δραστηριότητες έρευνας και επίλυσης προβλημάτων προκειμένου να δημιουργήσει τη δική του άποψη και γνώση και να μην του επιβληθεί αυτή παθητικά (Sjoberg, 2007). Επίσης, σύμφωνα με τον Vygotsky (1978), οι εμπειρίες του μαθητή προέρχονται από την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον και το κοινωνικό περίγυρο του, όπου στην μαθησιακή διαδικασία αφορά τους συμμαθητές και τον εκπαιδευτικό της τάξης. Η μάθηση εστιάζει τόσο στον ίδιο το μαθητή όσο και στο κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο που συντελείται. Αφορά, δηλαδή, την αλληλεπίδραση και τη συνεργασία με τους συμμαθητές του και τον εκπαιδευτικό, ο οποίος έχει υποστηρικτικό ρόλο. Βασικό μέλημα των εκπαιδευτικών είναι η γεφύρωση των γλωσσικών και πολιτισμικών διαφορών τους με τους μαθητές και η δημιουργία αποτελεσματικής επικοινωνίας με αυτούς (Vygotsky, 1978).

Πρωταρχικό βήμα αυτού του μοντέλου σε κάθε διδασκαλία εννοιών ή φαινομένων του φυσικού και τεχνικού κόσμου είναι η εξακρίβωση της προϋπάρχουσας γνώσης αλλά και των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών ως προς αυτές. Οι μαθητές μπαίνοντας στην διδακτική αίθουσα έχουν ήδη μία διαμορφωμένη γνώμη αλλά και ιδέες για τον φυσικό κόσμο και για τον τρόπο που λειτουργεί (Chambers & Andre, 1997). Αυτές οι ιδέες προέρχονται από τις προηγούμενες εμπειρίες τους και από ό, τι ήδη έχουν διδαχτεί. Αυτός ο τρόπος, που μέχρι τώρα αντιλαμβάνονται τον κόσμο, η άποψη τους, φιλτράρει κάθε τι καινούργιο, κάθε νέα πληροφορία ή εμπειρία που έρχονται σε επαφή. Η αμφισβήτηση, η αναθεώρηση και η αναδόμηση των απόψεων που έχουν οικοδομήσει παρουσιάζει ιδιαίτερη δυσκολία καθώς οι μαθητές είναι προσκολλημένοι στις αντιλήψεις αυτές και δεν τις απορρίπτουν εύκολα (Sencar & Eryilmaz, 2004).

3.2.4 Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και η εννοιολογική αλλαγή

Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών θεωρούνται το βασικό σημείο για την κατανόηση των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι μαθητές κατά την διδασκαλία των Φ.Ε καθώς έχουν κεντρική ρόλο στην δημιουργία νοητικών παραστάσεων για φαινόμενα του φυσικού κόσμου (Gunstone, 1995). Οι εναλλακτικές ιδέες αναπτύσσονται κατά την προσπάθεια νοηματοδότησης του κόσμου στον οποίο ζουν με βάση την εμπειρία τους και τις τρέχουσες γνώσεις τους, προτού λάβουν κάποιο επίσημο είδος διδασκαλίας (Halim, Yong, Subahan, 2014). Κάποια βασικά συμπεράσματα για τις εναλλακτικές ιδέες (Carey, 2000):

- Πριν ακόμα μπουν στο σχολείο τα παιδιά έχουν δημιουργήσει απόψεις/ εναλλακτικές ιδέες για μια ποικιλία θεμάτων
- Οι αντιλήψεις τους έχουν κυρίως να κάνουν με τις προσωπικές τους εμπειρίες και τις αισθητηριακές τους αντιλήψεις. Ιδιαίτερα οι ιδέες που έχουν από τις αισθητηριακές τους αντιλήψεις έχουν ισχυρή επιρροή στη μεταγενέστερη μάθηση.

- Αν και οι εναλλακτικές ιδέες των παιδιών έχουν διαφορά από τις επιστημονικές, οι αντιλήψεις αυτές είναι χρήσιμες και λογικές καθώς θα αποτελέσουν το σκελετό ερμηνείας των σχετικών φαινομένων.
- Πολλές φορές οι μαθητές δεν έχουν αίσθηση των εναλλακτικών ιδεών που κατέχουν και ότι με βάσει αυτές νοηματοδοτούν τα φυσικά φαινόμενα.

Η γνώση των εναλλακτικών αντιλήψεων των παιδιών από τους εκπαιδευτικούς ανεβάζει αισθητά το επίπεδο μάθησης κατά την διάρκεια της διδασκαλίας και οι μαθητές εμφανίζουν μεγαλύτερη προσήλωση στην μελέτη ενός αντικειμένου, όταν αυτό μελετάται από διαφορετικές οπτικές γωνίες (Carey, 2000).

Η κατανόηση ότι οι μαθητές διαθέτουν εναλλακτικές ιδέες οι οποίες δεν συνάδουν με την πραγματικότητα και τις επιστήμες οδήγησαν στην διατύπωση προτάσεων για την αναθεώρηση και την αλλαγή τους, δηλαδή την εννοιολογική τους αλλαγή. Κάποιες προτάσεις αφορούν την οποιαδήποτε τύπου αλλαγή στο γνωστικό υπόβαθρο των παιδιών ενώ άλλες μιλούσαν για ριζική αλλαγή στις εννοιολογικές δομές των παιδιών (Duit & Treagust, 2003).

Σύμφωνα με τους Scott, Asoko και Leach (2007), κάποιιοι ερευνητές θεωρούν ότι η εννοιολογική αλλαγή, σηματοδοτεί οποιαδήποτε αλλαγή στο γνωστικό υπόβαθρο των παιδιών κατά την διάρκεια της μάθησης ανεξαρτήτως αν είναι προσθήκη, αφαίρεση, τροποποίηση ή αντικατάσταση εννοιών. Άλλοι ερευνητές χρησιμοποιούν τον όρο εννοιολογική αλλαγή με την έννοια της ριζικής αλλαγής των αντιλήψεων των παιδιών με επιστημονικές έννοιες (Kuhn, 1962). Με τον πρώτο όρο η εννοιολογική αλλαγή αναφέρεται στην διαδικασία της μάθησης ενώ με τον δεύτερο αναφέρεται καθαρά στο αποτέλεσμα της μάθησης.

Σύμφωνα με την εννοιολογική αλλαγή, δεν υπάρχει ένας διδακτικός τρόπος για να διδάξεις ένα μάθημα των Φ.Ε (Abd-El-Khalick & Akerson, 2004). Θα πρέπει να υπάρχει επαναδιαπραγμάτευση των εννοιών των μαθητών στο σύνολο τους, έτσι ώστε οι μαθητές να μπορούν να κατανοήσουν τι σημαίνουν και γιατί τις χρησιμοποιούμε. Η χρήση κατάλληλων πειραματικών δραστηριοτήτων και επιχειρημάτων είναι αναγκαία έτσι ώστε οι μαθητές να αρχίσουν να αποκτούν την επιστημονική γνώση (Abd-El-Khalick & Akerson, 2004). Αυτό βέβαια, δεν είναι πάντα σίγουρο καθώς υπάρχει το ενδεχόμενο παρερμηνείας και αυτό πρέπει να λαμβάνεται πάντα υπόψη από τον εκπαιδευτικό κατά την διάρκεια της διδασκαλίας (Scott, Asoko, Driver, & Emberton, 1994).

3.2.5 Επιστημονικός τρόπος σκέψης- Επιστημονικός εγγραμματισμός

Η έρευνα του φυσικού κόσμου από τον άνθρωπο έφερε αλλαγές στο τρόπο αντίληψης των πραγμάτων γύρω του. Ικανοποιούσε την περιέργεια του και του έδωσε πραγματικές απαντήσεις. Οι αποφάσεις του βασιζόνταν πια σε εν μέρει αντικειμενικά

δεδομένα. Παρατηρούσε με προσοχή, ερευνούσε τα αίτια και τα συσχετίζε με τα ευρήματά του. Οι ισχυρισμοί οποιουδήποτε έπρεπε τώρα να επαληθευτούν πειραματικά προτού γίνουν αποδεκτοί. Η ύπαρξη ενός ικανοποιητικού αριθμού πειστικών στοιχείων είναι απαραίτητη προκειμένου να γίνει εξαγωγή συμπερασμάτων (DeHart Hurd, 1998).

Απώτερος σκοπός της διδασκαλίας των Φ.Ε αλλά κι από τους πρωταρχικούς γενικά της εκπαίδευσης σε πολλά εκπαιδευτικά συστήματα σήμερα, αποτελεί οι μαθητές να γίνουν οι ίδιοι μικροί επιστήμονες. Βασικές ικανότητες όπως η διορατικότητα, ο σκεπτικισμός, το κριτικό πνεύμα, η δημιουργική σκέψη κτλ αλλά και η γνώση των διαφόρων επιστημονικών διαδικασιών που χρησιμοποιούν αποτελούν τη βάση ανάπτυξης της επιστημονικής νοοτροπίας και σκέψης στο επίπεδο της εκπαίδευσης (NRC, 2012).

Αυτό που επιζητούμε ουσιαστικά είναι η δημιουργία επιστημονικά εγγράμματων πολιτών. Μερικές από τις βασικές δυνατότητες που έχει ένας επιστημονικά εγγράμματος πολίτης είναι (NRC, 2012):

- Η αντίληψη του αντίκτυπου της επιστήμης και της τεχνολογίας στην καθημερινή ζωή.
- Η συνεχής προσπάθεια ενημέρωσης για ζητήματα που σχετίζονται με την επιστήμη όπως το περιβάλλον, οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας, η υγεία κλπ προκειμένου να μπορεί να εκφέρει άποψη και να συμμετάσχει στη λήψη αποφάσεων.
- Η ανάγνωση καθώς και η κατανόηση των σημαντικών σημείων άρθρων που σχετίζονται με την επιστήμη και εμφανίζονται σε άτυπες πηγές όπως τα ΜΜΕ.
- Η κριτική επεξεργασία πληροφοριών και δεδομένων που εμφανίζονται ή σκόπιμα παραλείπονται από άρθρα σχετικά με την επιστήμη.
- Η συμμετοχή σε συζητήσεις που σχετίζονται με επιστημονικά θέματα.

3.2.6. Πειραματική διαδικασία

Σύμφωνα με τον Piaget (1971), ο ρόλος της πράξης στη μάθηση είναι πολύ σημαντικός. Η πράξη αυτή καθαυτή σημαίνει ενεργό συμμετοχή η οποία έχει ως αποτέλεσμα το ενδιαφέρον. Μόνο με την ύπαρξη ενδιαφέροντος από τον εκπαιδευόμενο μπορεί να υπάρξει πραγματική και μόνιμη μάθηση. Επίσης, η εμπλοκή του μαθητή στην πειραματική διαδικασία είναι απαραίτητη για την κατασκευή της γνώσης (Abell & Lederman, 2007). Η χρήση μίας πειραματικής δραστηριότητας όμως δεν είναι φτάνει από μόνη της. Η επάρκεια χρόνου στους μαθητές προκειμένου να επεξεργαστούν, μόνοι τους ή σε ομάδες, τις πληροφορίες που λαμβάνουν και να εμβαθύνουν στην σημασία τους αλλά και η γνωστική σύγκρουση με τις εναλλακτικές τους ιδέες είναι απαραίτητα στοιχεία για την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας και την κατανόηση των σχετικών εννοιών της (Abell & Lederman, 2007).

3.2.7. Μάθηση μέσω διερεύνησης στις Φ.Ε

Σύμφωνα με τους Bell, Urhahne, Schanze & Ploetzner (2010), η διδασκαλία Φ.Ε αποτελούν κάτι πολύ παραπάνω από την αποστήθιση επιστημονικών γνώσεων και πληροφοριών. Η ερμηνεία του κόσμου γύρω μας εξαρτάται από την εφαρμογή και κατανόηση των διαφόρων επιστημονικών μεθόδων και εννοιών σε συνδυασμό με την επιστημονική γνώση. Η διαδικασία της επιστημονικής έρευνας έχει συγκεκριμένα βήματα. Την παρατήρηση, την υπόθεση, την τεκμηρίωση, τον έλεγχο και την ανατροφοδότηση. Ακολουθώντας το παράδειγμα των αληθινών επιστημόνων, οι μαθητές πρέπει να διεξάγουν τις δικές τους έρευνες, να κάνουν παρατηρήσεις και να προτείνουν εξηγήσεις με βάση τα στοιχεία της δικιάς τους δουλειάς προσπαθώντας να μελετήσουν τον φυσικό κόσμο (Bell et al., 2010).

Η μάθηση μέσω διερεύνησης αποτελεί ένα τρόπο διδασκαλίας, όπου οι μαθητές μαθαίνουν να ερευνούν σε ένα επιστημονικό πλαίσιο, να αναπτύσσουν επιστημολογικές αντιλήψεις για τη φύση των επιστημών και την εξέλιξη των επιστημονικών γνώσεων καθώς και να αναπτύσσουν κάποιες δεξιότητες (πχ εντοπισμός των προβλημάτων, σχεδιασμός και διεξαγωγή έρευνας, επικοινωνία, κριτική σκέψη κλπ). Τα βασικά στάδια της μάθησης μέσω διερεύνησης είναι (Bell et al., 2010):

- Ο προσανατολισμός και η δημιουργία ερωτήσεων από την πλευρά των μαθητών καθώς παρατηρούν επιστημονικά φαινόμενα που τραβούν το ενδιαφέρον τους ή προκαλούν την περιέργεια τους. Επίσης, πραγματοποιούν παρατηρήσεις και δημιουργούν ερωτήσεις ως προς αυτά τα φαινόμενα.
- Η δημιουργία υπόθεσης, κάτι που συνήθως αποδεικνύεται ιδιαίτερα δύσκολο για τους μαθητές καθώς δεν γνωρίζουν που να εστιάσουν.
- Ο σχεδιασμός ενός πειράματος προκειμένου να πραγματοποιηθεί έλεγχος της υπόθεσης και η επιλογή κατάλληλων μέσων μέτρησης που θα βοηθήσουν στην συλλογή πληροφοριών από το πείραμα.
- Η διεξαγωγή πειράματος με τη χρήση των κατάλληλων εργαλείων για τη συλλογή πληροφοριών και δεδομένων. Στη συνέχεια πραγματοποιείται οργάνωση των δεδομένων που συλλέχθηκαν.
- Η ανάλυση και η ερμηνεία των δεδομένων που αποτελούν τη βάση των εμπειρικών ισχυρισμών και επιχειρημάτων για επιβεβαίωση ή μη της υπόθεσης.

3.2.8. Το μοντέλο των 5E

Στο πλαίσιο της μάθησης μέσω διερεύνησης ανήκει και το μοντέλο των 5^E (Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate) (Bybee,2002). Το συγκεκριμένο μοντέλο, αν και παρουσιάζει

κάποια κοινά στοιχεία με τον επιστημονικό τρόπο διερεύνησης στην πραγματικότητα ακολουθεί περισσότερο τη πορεία επίλυσης προβλημάτων από τους ενήλικες. Συγκεκριμένα, της εμπλοκής με το πρόβλημα, της εξερεύνησης του, τις εναλλακτικές λύσεις, τη διαμόρφωση ερμηνείας και χρήσης της και τέλος την αξιολόγηση της ερμηνείας με κριτήριο την αποτελεσματικότητα της (Bybee,2002). Οι δραστηριότητες αποτελούν ένα πολύ βασικό στοιχείο του μοντέλου καθώς θα πρέπει να δομούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να ενθαρρύνεται η εννοιολογική αλλαγή και η αναδόμηση των ιδεών τους.

Στάδια 5E (Bybee, 2002) :

Εμπλοκή: Παρουσίαση προβληματικής κατάστασης που χρησιμοποιούμε προκειμένου να τραβήξουμε τη προσοχή και το ενδιαφέρον των μαθητών και δημιουργώντας ταυτόχρονα ερωτήματα αναφορικά με το κεντρικό μας θέμα.

Εξερεύνηση: Πραγματοποίηση παρακολούθησης, καταγραφής δεδομένων, σχεδιασμού και εκτέλεσης πειραμάτων, δημιουργία υποθέσεων, οργάνωση των ευρημάτων και προσπάθεια ερμηνείας αυτών.

Εξήγηση: Γνωριμία και συσχέτιση με επιστημονικά μοντέλα, νόμους και θεωρίες. Οι μαθητές δηλαδή συνοψίζουν τα αποτελέσματα τους και τα συνδέουν με τις νέες αυτές έννοιες και θεωρίες.

Επέκταση: Χρησιμοποίηση των νέων γνώσεων τους σε νέους τομείς. Το συγκεκριμένο στάδιο μπορεί να οδηγήσει σε νέα ερωτήματα και υποθέσεις που ίσως χρειαστούν περαιτέρω εξερεύνηση.

Αξιολόγηση: Πραγματοποίηση αξιολόγησης της διδακτικής διαδικασίας η οποία είναι διαμορφωτική και αθροιστική.

3.3 Διδασκαλία των Φ.Ε και αναλυτικά προγράμματα στην Ελλάδα και το εξωτερικό

Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιούνται αρκετές τροποποιήσεις στα αναλυτικά προγράμματα των χώρων-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε μία προσπάθεια συσχέτισης στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό της εκπαίδευσης με τις ικανότητες και δεξιότητες που είναι απαραίτητες στον 21^ο αιώνα (Halasz & Michel, 2011; Binkley, Erstad, Herman, Raizen, Ripley, Miller-Ricci & Rumble, 2012; European Commission, 2016; Voogt & Roblin, 2012). Οι αλλαγές αυτές περιλαμβάνουν και τις Φ.Ε. Οι έρευνες σχετικά με τον τρόπο διδασκαλίας των Φ.Ε και οι επιδόσεις που παρουσιάζουν οι μαθητές σε διεθνείς διαγωνισμούς, όπως της Pisa ή TIMMS, επηρεάζουν και καθορίζουν την διαμόρφωση των αναλυτικών προγραμμάτων καθώς επίσης

και του τρόπου διδασκαλίας των Φ.Ε. Ως μέρος της προσπάθειας αυτής, έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες που αφορούν τους τρόπους διδασκαλίας των Φ.Ε και τις αλλαγές στα αναλυτικά προγράμματα (National Research Council, 2012; European Commission, 2016).

Στην συνέχεια, θα παρουσιαστούν συνοπτικά οι στόχοι των αναλυτικών προγραμμάτων διαφόρων χωρών της Ευρώπης, συμπεριλαμβανομένου και της Ελλάδας, που αφορούν τις έννοιες της ταχύτητας, της επιτάχυνσης και της τριβής.

3.3.1 Αναλυτικό πρόγραμμα Ελλάδας

Σκοπός της διδασκαλίας των Φ.Ε, σύμφωνα με το ΔΕΠΠΣ και ΑΠΣ (2003), είναι η απόκτηση γνώσεων όσον αφορά έννοιες και θεωρίες σχετικές με τα γνωστικά αντικείμενα και η ανάπτυξη της κριτικής σκέψης των μαθητών. Επίσης, επιδιώκει την εξοικείωση των μαθητών με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, την επιστημονική ορολογία, την ανάπτυξη δεξιοτήτων μέσω πειραματικών δραστηριοτήτων και την ανάπτυξη ομαδοσυνεργατικού πνεύματος. Η διδασκαλία πρέπει να έχει ανακαλυπτικό χαρακτήρα και εργαστηριακό και πειραματικό προσανατολισμό. Επίσης, πρέπει να λαμβάνει υπόψη το νοητικό επίπεδο των μαθητών και τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους. (Υπουργείο Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων, 2003).

Η διδασκαλία των εννοιών της ταχύτητας και τριβής διδάσκονται στην 5^η τάξη του δημοτικού. Πιο συγκεκριμένα το ΑΠΣ αναφέρει:

Ταχύτητα: Ποιοτική προσέγγιση της έννοιας της ταχύτητας και συσχετίσή της με το μήκος διαδρομής που διανύει ένα σώμα και τον αντίστοιχο χρόνο.

Τριβή: Αναγνώριση της δύναμης της τριβής και των επιδράσεων της, ανάλυσης των παραγόντων που εξαρτάται και συσχέτισης με την καθημερινότητα τους.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι, ενώ η επιτάχυνση δεν αναφέρεται σαν έννοια, στους στόχους της διδασκαλίας της «Κίνησης» οι μαθητές καλούνται να περιγράψουν καταστάσεις όπου «ένα σώμα επιταχύνεται ή όχι». Επίσης, στη διδασκαλία «Δύναμη και κίνηση», οι μαθητές καλούνται να γνωρίσουν τους νόμους της κίνησης χωρίς και πάλι να ορίζεται ή να αναφέρεται η έννοια της επιτάχυνσης.

Το νέο πρόγραμμα σπουδών (Υπουργείο Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων, 2011), το οποίο δημιουργήθηκε ύστερα από τα αποτελέσματα της Ελλάδας σε διεθνείς διαγωνισμούς όπως της PISA, κάλυψε το κενό που υπήρχε στο ΔΕΠΠΣ και ΑΠΣ και αφορούσε τη χρήση Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) θεωρώντας τη

χρήση ΤΠΕ απαραίτητο μέρος της διδασκαλίας Φ.Ε. Επίσης, εκτός από τις προϋπάρχουσες γνώσεις και τα βιώματα των μαθητών γίνεται ξεκάθαρη αναφορά στις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών και τον σημαντικό ρόλο που διαδραματίζουν στη μάθηση. Επιπλέον, ενθαρρύνεται η χρήση του κονστρουκτιβισμού στα πλαίσια της διδασκαλίας.

Ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο αποτελούν κάποιες διαφοροποιήσεις στους μαθησιακούς στόχους και το περιεχόμενο του ΑΠΣ σχετικά με τη ταχύτητα. Ενώ οι μαθησιακοί στόχοι και το περιεχόμενο αναφορικά με τη διδασκαλία της τριβής δεν έχουν αλλάξει, η έννοια της ταχύτητας δεν αναφέρεται κάπου. Γενικά, η ενότητα της «Κίνησης» έχει αφαιρεθεί εντελώς. Επίσης, δεν γίνεται καμία αναφορά στην επιτάχυνση αντικειμένων ούτε στους νόμους της κίνησης.

3.3.2 Αναλυτικό πρόγραμμα στη Ιρλανδία

Το αναλυτικό πρόγραμμα της Ιρλανδίας δίνει έμφαση στον επιστημονικό τρόπο εργασίας, δηλαδή στο σχεδιασμό και χρήση επιστημονικών μεθόδων. Ιδιαίτερη σημασία, ειδικά στην αρχή της εκπαιδευτικής διαδικασίας, έχουν οι προϋπάρχουσες γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών στην διδασκαλία των Φ.Ε. Επιπλέον, ενθαρρύνεται η χρήση ΤΠΕ στην διδασκαλία των Φ.Ε (Curriculum Committee for Social, Environmental and Scientific Education, 1999; Mullis, Martin, Minnich, Stanco, Victoria, Centurino & Castle, 2011).

Αναφορικά με τις έννοιες της μηχανικής, μόνο η έννοια της δύναμής μελετάται, σε ένα πρώτο βαθμό στην 3^η και 4^η τάξη και στην συνέχεια ξανά στις 5^η και 6^η τάξη. Η έννοια της τριβής μελετάται και τόσο στην 3^η και 4^η τάξη σχετικά με το ρόλο που έχει στην κίνηση και από το τι εξαρτάται και στην 5^η και 6^η τάξη αναφορικά με τον τρόπο που μπορεί χρησιμοποιηθεί και το αποτέλεσμα που μπορεί να έχει (πχ με τη χρήση των φρένων σε ένα ποδήλατο και ότι παράγει θερμότητα). Παρόλο που γίνεται αναφορά στα αποτελέσματα των δυνάμεων και τον τρόπο που μπορούν να μετακινηθούν διάφορα αντικείμενα δεν γίνεται σαφή αναφορά στην κίνηση, δηλαδή στις έννοιες της ταχύτητας και της επιτάχυνσης (Curriculum Committee for Social, Environmental and Scientific Education, 1999).

3.3.3 Αναλυτικό πρόγραμμα Φινλανδία

Ο βασικός στόχος τους αναλυτικού προγράμματος της Φινλανδίας είναι η ενίσχυση του ενδιαφέροντος και η παροχή κινήτρων για μάθηση. Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην αξιοποίηση των εναλλακτικών αντιλήψεων και προϋπάρχουσων εμπειριών των μαθητών, καθώς αποτελούν το εναρκτήριο σημείο για τη διδασκαλία των Φ.Ε (Finnish National Agency for Education, 2014). Κύριος στόχος των Φ.Ε είναι, η ενεργός συμμετοχή στην εκπαιδευτική διαδικασία, η συνεργατικότητα, η ανάπτυξη δεξιοτήτων σχετικά με πειραματικές διαδικασίες και η κατανόηση της φύσης της επιστήμης και των επιστημονικών εννοιών, μεθόδων και μοντέλων (Finnish National Agency for Education, 2004; Lavonen &

Juuti, 2016).

Αναφορικά με τις Φ.Ε, στις τέσσερις πρώτες τάξεις του δημοτικού διδάσκονται ως ενιαίο μάθημα ενώ στη συνέχεια διαφοροποιούνται ξεχωριστά, δηλαδή Βιολογία, Φυσική, Χημεία και Γεωγραφία. Το δημοτικό περιλαμβάνει δέκα τάξεις, δηλαδή συμπεριλαμβάνει και τις τάξεις που αντίστοιχα υπάρχουν στο γυμνάσιο στην Ελλάδα. Η διδασκαλία εννοιών της μηχανικής, πραγματοποιείται για πρώτη φορά στο μάθημα της Φυσικής μεταξύ τις 7^{ης} και 9^{ης} τάξης και περιλαμβάνει τις έννοιες της ταχύτητας, επιτάχυνσης και τριβής (Finnish National Agency for Education, 2014).

3.3.4 Αναλυτικό πρόγραμμα στη Πολωνία

Το αναλυτικό πρόγραμμα της Πολωνίας δίνει έμφαση στην απόκτηση και χρήση γνώσεων και δεξιοτήτων σχετικά με φαινόμενα και θεματικές που αφορούν την καθημερινότητα τους. Δίνεται, δηλαδή, έμφαση στις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών χωρίς όμως να γίνεται ξεκάθαρη αναφορά στις προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών (EURYDICE, 2014). Επίσης, ενθαρρύνεται ιδιαίτερα η χρήση των ΤΠΕ ως μέσο διδασκαλίας και η ανάπτυξη δεξιοτήτων που σχετίζονται με τη χρήση τους (Paliwoda-Pękosz & Stal, 2015). Όσον αφορά τις Φ.Ε, τονίζεται η χρήση επιστημονικών μεθόδων στη διδασκαλία, όπως παρατήρηση, δημιουργία υποθέσεων, χρήση επιστημονικών μεθόδων μέτρησης κλπ (Mullis, Martin, Goh & Cotter, 2016).

Οι Φ.Ε στο δημοτικό διδάσκονται ως ενιαίο μάθημα με τίτλο «Φύση». Αναφορικά με τη διδασκαλία εννοιών της μηχανικής, αυτή πραγματοποιείται στη 5^η και 6^η τάξη με τίτλο «Κίνηση και Δυνάμεις στη Φύση» (Mullis, Martin, Goh & Cotter, 2016).

3.4 Συμπέρασμα

Όπως φάνηκε παραπάνω, η αλλαγή των τάσεων και προσεγγίσεων επηρεάζει ιδιαίτερα τη διδασκαλία Φ.Ε αλλά και τα αναλυτικά προγράμματα των χωρών. Ο κονστрукτιβισμός και ο επιστημονικός εγγραμματισμός αποτελούν τις κυριότερες σύγχρονες τάσεις όπως φαίνεται και από τα αναλυτικά προγράμματα. Επίσης, η ένταξη και αξιοποίηση των ΤΠΕ στην διδασκαλία των Φ.Ε αλλά και στην εκπαίδευση γενικά, αποτελεί σημαντική επιδίωξη των αναλυτικών προγραμμάτων. Όμως όσον αφορά τη διδασκαλία των εννοιών μηχανικής όπως η ταχύτητα, επιτάχυνση και τριβή παρατηρούνται διαφοροποιήσεις στα εκάστοτε αναλυτικά προγράμματα. Συγκεκριμένα, ενώ οι έννοιες αυτές μελετώνται ως ένα βαθμό στις τελευταίες τάξεις του δημοτικού (5^η και 6^η) το ίδιο δεν συμβαίνει στο φινλανδικό αναλυτικό πρόγραμμα, όπου η μελέτη τους πραγματοποιείται σε μεγαλύτερες τάξεις. Το ιρλανδικό αναλυτικό πρόγραμμα διαφοροποιείται σε ένα βαθμό από τα άλλα αναλυτικά προγράμματα εξετάζοντας

την έννοια της δύναμης και της τριβής αλλά όχι έννοιες σχετικά με την κίνηση, όπως της ταχύτητας και της επιτάχυνσης, που τις μελετά σε μεγαλύτερες τάξεις.

4. Έρευνες σχετικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τις έννοιες της ταχύτητας, της επιτάχυνσης και της τριβής

4.1 Εισαγωγή

Πολλοί μαθητές διαμορφώνουν μία αρνητική άποψη αναφορικά με τις Φ.Ε εξαιτίας της αδυναμίας τους να επιτύχουν σε αυτές, κάτι που πιθανόν σχετίζεται με τις εναλλακτικές αντιλήψεις. Ιδέες, δηλαδή, που έχουν ήδη διαμορφώσει ως προς τις βασικές έννοιες των Φ.Ε (Halim, Yong & Meerah, 2014), όπως είναι η τριβή, η ταχύτητα και η επιτάχυνση, τις οποίες οι μαθητές αρχίζουν να τις παρατηρούν και να δημιουργούν πεποιθήσεις για αυτές από πολύ μικρή ηλικία.

Παρόλο που η έρευνα για τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών αναφορικά με τις βασικές έννοιες της μηχανικής, όπως είναι η ταχύτητα, η επιτάχυνση και η τριβή, ξεκίνησε πριν σχεδόν τέσσερις δεκαετίες (Halloun & Hestenes, 1985; Hahner & Spencer, 1998; Hancer & Durkan, 2008; Erceg & Aviani, 2014), ακόμα και σήμερα αποτελεί κέντρο ενδιαφέροντος από τους επιστήμονες. Ένας από τους λόγους θεωρείται η δυσκολία αλλαγής των αντιλήψεων αυτών από τους μαθητές, η εμφάνιση τους σε μαθητές όλων των βαθμίδων (Salazar, Sanchez-Lavega & Arriandiaga, 1990; Viennot, 2003; Bilal&Erol, 2010) αλλά πολλές φορές, ακόμη και σε εκπαιδευτικούς (Kruger, Palacio&Summers, 1992; Bayraktar, 2009).

Η συχνότητα εμφάνισης φαινομένων που σχετίζονται με αυτές τις έννοιες στην καθημερινότητα τους αλλά και το μεγάλο χρονικό διάστημα που οι μαθητές διατηρούν αυτές τις εναλλακτικές αντιλήψεις είναι κάποιιοι από τους λόγους που αυξάνουν την δυσκολία αλλαγής τους (Sharma&Sharma, 2007). Επίσης, η αδυναμία των μαθητών να κατασκευάσουν, να χρησιμοποιήσουν αλλά και να κατανοήσουν διαγράμματα συνδέοντας τα με τις φυσικές έννοιες και το πραγματικό κόσμο αποτελεί ένα πολύ σημαντικό παράγοντα διατήρησης των εναλλακτικών ιδεών (McDermott, Rosenquist & VanZee, 1987; Erceg & Aviani, 2014). Σύμφωνα με τους Molefe, Lemmer and Smith (2005), η χρήση ενός διαγράμματος μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο ύστερα από την κατανόηση των εννοιών που εξετάζονται. Επίσης, η αντίληψη ότι τα διαγράμματα δίνουν μία ακριβή εικόνα της κατάστασης αλλά και η παρερμηνεία των διαφόρων γραμμών και υψηλών σημείων σε αυτά, δημιουργεί λανθασμένες αντιλήψεις στους μαθητές και μπορεί να ενισχύσει τις ήδη υπάρχουσες πεποιθήσεις τους (Basson, 2002).

4.2. Αντιλήψεις σχετικά με τη ταχύτητα

Καθώς η ταχύτητα συνιστά μία κεντρική έννοια της μηχανικής και μία από τις συχνότερες διδασκόμενες στη φυσική αποτέλεσε μία από τις πρωταρχικές έννοιες που οι επιστήμονες

προσπάθησαν να εξακριβώσουν τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με αυτή (Whitaker, 1983; Halloun & Hestenes, 1985; Rosenquist & McDermott, 1987;). Οι μαθητές παρουσιάζουν μία ιδιαίτερη δυσκολία να κατανοήσουν την έννοια αυτή, πολλές φορές την μπερδεύουν ή τη συγχέουν με άλλες, όπως την έννοια της θέσης (Rosenquist & McDermott, 1987) ενώ δυσκολεύονται να χρησιμοποιήσουν τη σωστή επιστημονική ορολογία για αυτή (Shaffer & McDermott, 2005).

Σύμφωνα με τους Rosenquist & McDermott (1987), αρκετοί μαθητές φαίνεται να μπερδεύουν την έννοια της ταχύτητα ενός αντικειμένου με τη θέση του αντικειμένου. Αν, δηλαδή, δύο αντικείμενα έχουν την ίδια θέση αυτό σημαίνει ότι έχουν και την ίδια ταχύτητα. Σύμφωνα με τους Trowbridge & McDermott, 1981, ακόμα και όταν οι μαθητές μπορούσαν να ορίσουν τη ταχύτητα αδυνατούσαν να χρησιμοποιήσουν την έννοια της πρακτικά. Όταν, οι μαθητές καλούνταν να συγκρίνουν τις ταχύτητες δύο αντικειμένων επέστρεφαν στις προϋπάρχουσες αντιλήψεις τους όπου το αντικείμενο με τη μεγαλύτερη ταχύτητα ήταν αυτό με τη μεγαλύτερη θέση αδιαφορώντας για τον χρόνο.

Επίσης, σύμφωνα με το Lemme (2013), οι μαθητές, μέσα από τη συσχέτιση με τη καθημερινότητα τους, φτάνουν στο συμπέρασμα ότι οι αλλαγές στην κίνηση ενός αντικειμένου έχουν να κάνουν με το μέγεθος της ταχύτητας. Αν, δηλαδή, έχει μικρή ταχύτητα τότε θα σταματήσει και πιο γρήγορα. Ακόμα, οι μαθητές έχουν τη πεποίθηση ότι οι αλλαγές απαιτούν χρόνο και ότι χρησιμοποιώντας δύναμη σε ένα αντικείμενο, αυτό χρειάζεται κάποιο χρόνο να «χάσει» τη δύναμη που έχει αποκτήσει (Halloun & Hestenes, 1985). Αυτές οι αντιλήψεις οδηγούν τους μαθητές να σχετίζουν τη μικρή ταχύτητα με λιγότερο χρόνο και την μεγαλύτερη ταχύτητα με μεγαλύτερο χρόνο (DiSessa, 1993).

Επιπλέον, αρκετοί μαθητές αναφέρουν την ανάγκη ύπαρξης μίας συνεχούς δύναμης προκειμένου ένα αντικείμενο να μπορεί να κινείται με σταθερή ταχύτητα (Hancer & Durkan, 2008). Οι μαθητές φαίνεται να συνδέουν την έννοια της ταχύτητας με την δύναμη αντί της δύναμης με την επιτάχυνση. Αυτό γίνεται επίσης εμφανές από την αντιλήψεις κάποιων μαθητών ότι αν η δύναμη που ασκείται πάνω σε ένα αντικείμενο είναι 0 τότε η ταχύτητα του μειώνεται ανεξαρτήτως αν θεωρούμε ότι δεν υπάρχει τριβή (Halloun & Hestenes, 1985b). Οποιαδήποτε αλλαγή στην ταχύτητα ενός αντικειμένου προκύπτει είτε από τη διακοπή ή αύξηση των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό (Whitaker, 1983). Επίσης, η ακινησία ενός αντικειμένου οφείλεται στη μη ύπαρξη δυνάμεων (Hancer & Durkan, 2007).

4.3. Αντιλήψεις σχετικά με τη επιτάχυνση

Όπως με την ταχύτητα έτσι και με την επιτάχυνση, οι μαθητές δυσκολεύονται να την κατανοήσουν, καθώς αδυνατούν πολλές φορές να χρησιμοποιήσουν την επιστημονική της ορολογία και να τη συσχετίσουν με άλλες έννοιες (Motlhabane, 2016).

Μία συχνή παρανόηση των μαθητών σχετικά με την επιτάχυνση αφορά τη συσχέτιση της με τη ταχύτητα ενός αντικειμένου (Lemmer, 2013). Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές συχνά θεωρούν ότι ένα αντικείμενο που κινείται με σταθερή επιτάχυνση έχει επίσης και σταθερή ταχύτητα. Το φαινόμενο αυτό, ενισχύεται ιδιαίτερα όταν παρακολουθούμε αλλαγές σε υψηλές ταχύτητες ενός αντικειμένου, καθώς οι αλλαγές γίνονται δυσκολότερα αντιληπτές σε σχέση με αλλαγές σε χαμηλότερες ταχύτητες (Lemmer, 2013). Επιπλέον, συχνά οι μαθητές θεωρούν ότι η μη ύπαρξη ταχύτητας σε μία δεδομένη στιγμή σημαίνει και τη μη ύπαρξη επιτάχυνσης την ίδια στιγμή (Shaffer & McDermott, 2005).

Όπως προαναφέραμε, οι μαθητές συχνά δεν θεωρούν ότι υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ της δύναμης και της επιτάχυνσης, αλλά ότι η ταχύτητα συσχετίζεται με την δύναμη. Επιπλέον, οι μαθητές εκφράζουν την αντίληψη ότι η ύπαρξη μιας σταθερής δύναμης ισοδυναμεί σε αύξηση της επιτάχυνσης (Minstrell, 1982) ή ότι η επιτάχυνση μπορεί να υφίσταται μόνο όταν υπάρξει αύξηση της δύναμης (McDermott, 1998).

Σχετικά με τη Σ, οι μαθητές συχνά την συσχετίζουν με την κατεύθυνσή της μεγαλύτερης ταχύτητας που είχε το αντικείμενο μία δεδομένη στιγμή. Επομένως, οι μαθητές στη περίπτωση που ένα αντικείμενο επιβραδύνεται και στην συνέχεια αυξάνεται η ταχύτητα του προς την αντίθετη κατεύθυνση από αυτή που ξεκίνησε θεωρούν ότι η κατεύθυνση της επιτάχυνσης είναι η ίδια κατεύθυνση με τη μεγαλύτερη ταχύτητα από τις στιγμές που εξετάζουμε (Shaffer & McDermott, 2005).

4.4. Αντιλήψεις σχετικά με τη τριβή

Όπως φαίνεται και από τα παραπάνω, οι μαθητές δυσκολεύονται ιδιαίτερα σε έννοιες της μηχανικής με τις οποίες έρχονται σε επαφή σε καθημερινή βάση. Η έννοια της τριβής αποτελεί επίσης μία τέτοια έννοια, με τους μαθητές να έχουν δημιουργήσει ήδη αρκετές πεποιθήσεις και ιδέες για τη συγκεκριμένη έννοια προτού τη διδαχθούν στο σχολείο (Besson, Borghi, Ambrosio & Mascheretti, 2007).

Σύμφωνα με τους Hahner και Spencer (1998), η τριβή δημιουργείται κυρίως μεταξύ δύο στερεών επιφανειών και δεν αποτελεί ένα αποκλειστικά μακροσκοπικό φαινόμενο. Τόσο εξαιτίας της καθημερινότητας των μαθητών όσο και της συχνής αναπαράστασης της τριβής στα σχολικά εγχειρίδια ως της δύναμης που δημιουργείται μεταξύ ενός στερεού αντικειμένου και μιας στερεής επιφάνειας, οι μαθητές δεν μπορούν να αντιληφθούν την τριβή ως ένα αποτέλεσμα που σχετίζεται με φαινόμενα του μικρόκοσμου.

Σύμφωνα με αρκετές έρευνες, οι μαθητές παρουσιάζουν αρκετές εναλλακτικές αντιλήψεις αναφορικά με τις ιδιότητες της τριβής, το ρόλο που παίζει στα σώματα αλλά και το πώς ασκείται (Besson, Borghi, Ambrosio & Mascheretti, 2007; Carvalho & Sousa, 2005; Hancer & Durkan, 2008). Αρκετοί μαθητές θεωρούν την τριβή αποκλειστικά ως μία δύναμη

αντίστασης η οποία επηρεάζει και ασκείται μόνο στο αντικείμενο το οποίο κινείται και είναι πάντα αντίθετη στην κίνηση. Επίσης, οι μαθητές συχνά αναφέρουν ότι η τριβή εξαρτάται από το εμβαδόν της επιφάνειας του αντικειμένου που κινείται. Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι οι μαθητές συγχέουν τη στατική τριβή με τη τριβή ολίσθησης.

5. Προβληματισμός της έρευνας , κατασκευή και παρουσίαση πειραμάτων

Στο προηγούμενο κεφάλαιο που συζητήθηκαν οι εναλλακτικές αντιλήψεις και δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές σχετικά με τις έννοιες της ταχύτητα, επιτάχυνσης και τριβής. Επίσης, στο κεφάλαιο 2, η βιβλιογραφική ανασκόπηση ανέδειξε τη θετική επίδραση που μπορεί να έχει στην εκπαίδευση η αξιοποίηση της ΕΠ και της ρομποτικής. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση τόσο της εκπαιδευτικής ρομποτικής όσο και της ΕΠ σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με τη διδασκαλία Φ.Ε εμφανίζοντας θετικά αποτελέσματα.

Η χρήση περιβαλλόντων ΕΠ έχουν χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία εννοιών σε αρκετούς τομείς των Φ.Ε όπως η χημεία (Merchant, Goetz, Keeney-Kennicutt, Kwok, Cifuentes & Davis, 2012), βιολογία (Toth, Morrow & Ludvico, 2009), φυσική (Kozhevnikov, Gurlitt & Kozhevnikov, 2013) κ.α. Η δυνατότητα των περιβαλλόντων ΕΠ να προσομοιώνουν τις συνθήκες ενός αληθινού εργαστηρίου αλλά και η οπτικοποίηση αφηρημένων και δυσκολονόητων εννοιών των Φ.Ε, σύμφωνα με τους Kozhevnikov, Gurlitt και Kozhevnikov (2013), μπορεί να έχει καταλυτικό ρόλο στην αλλαγή των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών.

Επίσης, η ΕΡ σε ένα μεγάλο βαθμό χρησιμοποιείται στα πλαίσια της διδασκαλίας των Φ.Ε (Benitti, 2012) όπως στη φυσική (Alimisis, 2013), βιολογία (Miller & Nourbakhsh, 2016), μαθηματικά (Chalmers, Chandra, Hudson & Hudson, 2012) κ.α. Η δυνατότητα κατανόησης και πρακτικής χρήσης αφηρημένων και δύσκολων εννοιών αλλά και η σύνδεσης της επιστημονικής έρευνας και του μηχανικού σχεδιασμού που επιτυγχάνεται μέσω της ΕΡ (Ospennikova, Ershov & Ijijn, 2015) έχει θετικά αποτελέσματα στην περαιτέρω κατανόηση των εννοιών αυτών. Επομένως, μπορεί να συντελέσει στην αλλαγή των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών.

5.1. Κατασκευή Εικονικού Εκπαιδευτικού Περιβάλλοντος

Η κατασκευή ενός ΕΕΠ οφείλει να πραγματοποιηθεί με βάση ορισμένα κριτήρια. Το είδος του συστήματος της ΕΠ πραγματικότητας, δηλαδή πλήρους εμβύθισης, ορισμένης εμβύθισης ή επιτραπέζιου (desktop-vr), που θα κατασκευάσουμε επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τα κριτήρια αυτά και γι' αυτό πρωταρχικό μας μέλημα θα πρέπει να είναι η επιλογή του συστήματος αυτού.

5.1.1. Επιλογή συστήματος ΕΠ

Παρόλο που οι δυνατότητες των υπολογιστών έχουν αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια και ο προγραμματισμός ενός εικονικού περιβάλλοντος πλήρους ή ορισμένης εμβύθισης

βελτιώνεται συνέχεια, η κατασκευή των συγκεκριμένων εικονικών περιβαλλόντων χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερη δυσκολία (Gaoliang, Gongdong, Wenjian & Haiquan, 2010). Επίσης, τα δύο παραπάνω συστήματα απαιτούν τη χρήση διαφόρων περιφερειακών συσκευών, όπως γυαλιά ΕΠ, αλλά και υπολογιστές υψηλής απόδοσης ανεβάζοντας αρκετά το κόστος (Freina & Ott, 2015). Επιπλέον, τα θέματα ασφάλειας και υγείας τα οποία αφορούν τη χρήση των παρακάτω συστημάτων, όπως ναυτία, αν και έχουν μειωθεί αισθητά παραμένουν ακόμα σε ένα βαθμό (Nelson, 2014; Friena & Ott, 2015).

Σύμφωνα με τους Peng, Wang, Liu και Yu (2010), η κατασκευή επιτραπέζιων (desktop) εικονικών περιβαλλόντων δεν αποτελεί μία εύκολη διαδικασία όμως σε σχέση με τα περιβάλλοντα πλήρους ή ορισμένης εμπύθισης ο βαθμός δυσκολίας είναι μικρότερος. Επίσης, το κόστος για να χρησιμοποιήσουμε ένα τέτοιο περιβάλλον είναι αρκετά μειωμένο καθώς απαιτούνται μόνο οι βασικές περιφερειακές συσκευές, δηλαδή ποντίκι, πληκτρολόγιο, οθόνη και ακουστικά. Επιπλέον, μπορούν να λειτουργήσουν συνήθως και σε υπολογιστές χαμηλής απόδοσης (Freina & Ott, 2015).

5.1.2. Κριτήρια κατασκευής ΕΕΠ

Το επιτραπέζιο εικονικό περιβάλλον που θα κατασκευάσουμε, όπως προαναφέραμε, θα πρέπει να πληρεί κάποια κριτήρια. Τα κριτήρια θα πρέπει να σχετίζονται τόσο με το περιβάλλον ΕΠ και τα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να έχει όσο και με το είδος της διδασκαλίας που έχουμε (Φ.Ε), τους στόχους του αναλυτικού προγράμματος και τις ανάγκες των μαθητών μας.

Σύμφωνα με τους Dalgarno και Lee (2010), τα δύο βασικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να έχει ένα τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον είναι η ακρίβεια της αναπαράστασης και η αλληλεπίδραση του εκπαιδευόμενου με το περιβάλλον. Η ακρίβεια της αναπαράστασης σχετίζεται με τη ποιότητα των γραφικών, την κίνηση των αντικειμένων και των εναλλαγών στο περιβάλλον που θα πρέπει να είναι συνεχής και χωρίς καθυστέρηση. Αφορά δηλαδή, το επίπεδο της ρεαλιστικότητας του περιβάλλοντος, το κατά πόσο αυτό αναπαριστά την πραγματικότητα. Η αλληλεπίδραση του εκπαιδευόμενου με το περιβάλλον σχετίζεται με την επίδραση που έχουν οι εκπαιδευόμενοι στο περιβάλλον και στα δρώμενα που πραγματοποιούνται σε αυτό. Η δυνατότητα, δηλαδή, εξερεύνησης, ελέγχου, αλληλεπίδρασης και οπτικής των αντικειμένων που βρίσκονται στο περιβάλλον.

Ακόμα, καθώς το εικονικό περιβάλλον που κατασκευάσουμε έχει εκπαιδευτικό χαρακτήρα (ΕΕΠ) οφείλουμε να συμπεριλάβουμε και κάποια επιπρόσθετα κριτήρια σχετικά με το παιδαγωγικό και διδακτικό του χαρακτήρα. Χαρακτηριστικά, οι Merchant, Goetz, Keeney-Kennicutt, Kwoka και Cifuentes (2012) αναφέρουν ως κριτήρια την αυτό-αποτελεσματικότητα (self-efficacy), την ευκολία χρήσης, τον βαθμό που χρήση του περιβάλλοντος από τον εκπαιδευόμενο αποκτά νόημα (perceived meaningfulness), την

αποδοτικότητα κ.α. ενώ οι Barrett και Blackledge (2012), αναφέρουν τη δυνατότητα επανάληψης των διεργασιών εντός του περιβάλλοντος και τα κίνητρα που παρέχει στον χρήστη.

Επίσης, το ΕΕΠ θα πρέπει να είναι συμβατό με τους στόχους των ελληνικών ΑΠΣ και ΔΕΠΠΣ αναφορικά με τη διδασκαλία της ταχύτητας, της επιτάχυνσης και της τριβής. Επιπλέον, σύμφωνα με τους Barrett και Blackledge (2012), τα ΕΕΠ που χρησιμοποιούνται για τη διδασκαλία Φ.Ε θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από επιστημονική ορθότητα, ευελιξία και να έχουν λάβει υπόψη τις ανάγκες των μαθητών, όπως τις εναλλακτικές αντιλήψεις τους.

Τέλος, το ΕΕΠ θα πρέπει να είναι συμβατό με το λογισμικό Windows, καθώς αυτό χρησιμοποιείται κυρίως στους υπολογιστές των δημοτικών σχολείων. Επιπλέον, τα γραφικά και η απόδοση του περιβάλλοντος δε θα πρέπει να απαιτεί τη χρήση υπολογιστών υψηλής απόδοσης καθώς το κόστος τους είναι ιδιαίτερα υψηλό, ιδιαίτερα για τα δημόσια σχολεία.

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω και τη μελέτη σχετικής βιβλιογραφίας (Dalgarno & Lee, 2010; Merchant, Goetz, Keeney-Kennicutt, Kwoka & Cifuentes, 2012; Barrett & Blackledge, 2012; Ogbuanya & Onele, 2018) επιλέχθηκαν και οργανώθηκαν τα κριτήρια που θα πρέπει τουλάχιστον σε ένα ορισμένο βαθμό να διέπουν το επιτραπέζιο ΕΕΠ που θα κατασκευάσουμε. Τα κριτήρια αυτά είναι:

- Η τρισδιάστατη (3D) απεικόνιση περιβάλλοντος και αντικειμένων
- Η ρεαλιστικότητα του περιβάλλοντος
- Η ομαλότητα στη κίνηση των αντικειμένων
- Η δυνατότητα αλλαγής της οπτικής εντός του περιβάλλοντος
- Οι πληροφορίες εντός του περιβάλλοντος να είναι επιστημονικά ορθές και κατάλληλες για την ηλικία των μαθητών
- Η επαναληπτικότητα των διαδικασιών
- Η ευκολία χρήσης
- Η δυνατότητα χρήσης σε λογισμικό Windows

5.1.3. Δυσκολίες που παρουσιάστηκαν κατά την κατασκευή του ΕΕΠ

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω κριτήρια ξεκίνησε η κατασκευή του ΕΕΠ με τη χρήση του λογισμικού Unity3D. Το συγκεκριμένο λογισμικό είναι μία δωρεάν μηχανή παιχνιδιού (game engine) η οποία μπορεί να κατασκευάσει δισδιάστατα (2D), τρισδιάστατα (3D) ή ΕΠ παιχνίδια και περιβάλλοντα (Tredinnick, Boettcher, Smith, Solovy, & Ponto, 2017). Κατά τη διάρκεια δημιουργίας του ΕΕΠ παρουσιάστηκαν ιδιαίτερες δυσκολίες σχετικά με τη δυνατότητα εναλλαγής της οπτικής εντός του περιβάλλοντος. Οι δυσκολίες αφορούσαν τόσο προβλήματα σχετιζόμενα με το προγραμματισμό όσο και για την πιθανότητα οι μαθητές να

παροτρύνονταν από τους σκοπούς της διδασκαλίας αν τους δίνονταν απόλυτη ελευθερία εντός του περιβάλλοντος (Ijaz et al., 2017). Σύμφωνα με τους Parong & Mayer (2018), μία εφαρμογή ΕΠ μπορεί να έχει αρνητική επίδραση όσον αφορά τα μαθησιακά αποτελέσματα καθώς οι μαθητές μπορεί να εστιάσουν σε άλλα στοιχεία όπως το περιβάλλον, τα αντικείμενα, το χειρισμό κλπ, αντί για το αντικείμενο της διδασκαλίας. Για αυτό το λόγο περιορίστηκε η δυνατότητα αλλαγής της οπτικής εντός του περιβάλλοντος και η αλληλεπίδραση με το σύνολο των αντικειμένων του περιβάλλοντος που δεν σχετίζονταν με τη διδασκαλία.. Επίσης, τα γραφικά του περιβάλλοντος προσαρμόστηκαν έτσι ώστε να προσδίδουν ένα καλό επίπεδο ρεαλιστικότητας και ταυτόχρονα το πρόγραμμα να μπορεί να τρέξει σε υπολογιστές με μικρή απόδοση (low- end). Επιπλέον, εξαιτίας της μεγάλης δυσκολίας, σχετικά με το προγραμματισμό, που υπήρχε κατά την δημιουργία ενός ενιαίου προγράμματος αλλά και τη μεγαλύτερη δυσκολία που υπήρχε στον εντοπισμό και διόρθωση διαφόρων προβλημάτων, αποφασίστηκε να δημιουργηθούν διαφορετικά προγράμματα για κάθε διδασκαλία. Όλα τα προγράμματα κατασκευάστηκαν πληρώντας τα παραπάνω κριτήρια και χρησιμοποιώντας την ελληνική γλώσσα.

5.2. Κατασκευή δραστηριοτήτων εκπαιδευτικής ρομποτικής

Τα Lego Mindstorm αποτέλεσαν μία από τις πρώτες προσπάθειες της χρήσης ρομποτικής στην εκπαίδευση, δηλαδή της ΕΡ (Altin και Pedaste, 2013). Σύμφωνα με τους Ospennikova, Ershov και Pjin (2015), τα Lego Mindstorm εντάσσονται σε όλες τις κατηγορίες αναφορικά με τη χρήση τους στη διδασκαλία, δηλαδή ως γνωστικό αντικείμενο, γνωστικό εργαλείο ή ως μέσο διδασκαλίας. Επίσης, σύμφωνα με το Alimisis (2013), τα Lego Mindstorm είναι συμβατά με μορφές μάθησης σχετικές με τον κονστρουκτιβισμό. Ακόμα, τα Lego Mindstorm πληρούν όλα τα κριτήρια σχετικά με τη χρήση ΕΡ στην διδασκαλία Φ.Ε όπως η ευκολία μετρήσεων, η επανάληψη πειραμάτων, η δημιουργία πραγματικών κατασκευών που αφορούν έννοιες της μηχανικής κ.α (Church, Ford, Perova & Rogers, 2010). Επιπλέον, η χρήση των μοντέλων της Lego Mindstorm στην εκπαίδευση φέρεται να έχει θετικά αποτελέσματα ιδιαίτερα σε μαθήματα που σχετίζονται με τις Φ.Ε (Alimisis, 2012; Alimisis 2013; Ospennikova, Ershov & Pjin, 2015).

5.2.1 Μεθοδολογία κατασκευής δραστηριοτήτων εκπαιδευτικής ρομποτικής

Παρόλο που η χρήση των μοντέλων Lego Mindstorm, όπως αναφέραμε, είναι αρκετά διαδεδομένη στην εκπαίδευση η ένταξη τους πρέπει να γίνει με βάση τόσο τη μέθοδο διδασκαλίας, όσο και τη δυνατότητα των μαθητών να τα χρησιμοποιήσουν.

Αρχικά, λαμβάνοντας υπόψη την πιθανή μη γνώση στη κατασκευή, προγραμματισμό και χειρισμό των Lego Mindstorm από τους μαθητές, αυτά θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ως

μέσο διδασκαλίας. Τα ρομπότ, δηλαδή, θα πρέπει να δοθούν κατασκευασμένα και προγραμματισμένα, έτοιμα να εκτελέσουν τις δραστηριότητες που σχετίζονται με την κάθε διδασκαλία.

Επίσης, τα Lego Mindstorm εμπίπτουν στο πλαίσιο ομαδοσυνεργατικής διερευνητικής μάθησης και της διδασκαλίας Φ.Ε. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Αναγνωστάκης & Σταύρου (2015), οι δραστηριότητες που κατασκευάζονται με τη χρήση των Lego Mindstorm, στο πλαίσιο της διερευνητικής μάθησης, μπορούν να παρουσιάζουν ομοιότητες με πειράματα συμβατικής διδασκαλίας. Χαρακτηριστικά, στην περίπτωση των δυνάμεων, τα Lego Mindstorm μπορούν να δρουν ως ένα μέσο άσκησης δύναμης (Αναγνωστάκης & Σταύρου, 2015). Ανά δύο συνδέονται με ένα δυναμόμετρό μεταξύ τους και ανάλογα την ισχύ που έχουν καταγράφονται κινήσεις προς τη μία ή την άλλη κατεύθυνση. Επίσης, σύμφωνα με τους Ospennikova et al. (2015), τα Lego Mindstorm μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέσα παρατήρησης και μέτρησης διαφόρων φαινομένων. Στη περίπτωση της ελεύθερης πτώσης, τα Lego Mindstorm μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ένα τρόπο μέτρησης της ελεύθερης πτώσης των αντικειμένων αποδεικνύοντας την χαρακτηριστικά της βαρύτητας. Συνεπώς, τα πειράματα που κατασκευάστηκαν με τη χρήση των τα Lego Mindstorm παρουσιάζουν ομοιότητες με τα πειράματα συμβατικής διδασκαλίας εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα έτσι και την όσο το δυνατόν περισσότερο επιστημονική ορθότητα τους, όπως στη περίπτωση της τριβής, αλλά και ως μέσα μετρήσεων φαινομένων, όπως στην περίπτωση της σταθερής ή επιταχυνόμενης κίνησης.

Με βάση τα παραπάνω, αποφασίστηκε η χρήση των Lego Mindstorm και συγκεκριμένα του μοντέλου EV3 εξαιτίας της διαθεσιμότητας τους. Ακόμα, η χρήση των EV3 θα πραγματοποιηθεί ως μέσο διδασκαλίας και η κατασκευή των δραστηριοτήτων σχετίζεται με τις δραστηριότητες της συμβατικής διδασκαλίας του βιβλίου αλλά και με δραστηριότητες που αφορούν τη χρήση των Lego Mindstorm ως τρόπου μέτρησης.

5.3. Παρουσίαση των πειραμάτων

Παρακάτω παρουσιάζονται τα όλα πειράματα που χρησιμοποιήθηκαν στις δραστηριότητες των διδασκαλιών. Όλα τα πειράματα είχαν κατασκευαστεί και προγραμματιστεί, όπου ήταν αναγκαίο, πρωτότερα. Σε όλες τις δραστηριότητες, οι μαθητές έπρεπε να χρησιμοποιήσουν τα υλικά ή προγράμματα που τους δίνονταν, να στήσουν τα πειράματα, εφόσον χρειαζόταν, να εκτελέσουν τις δραστηριότητες και να καταγράψουν τα αποτελέσματα τους. Επίσης, αναλύεται, ο τρόπος κατασκευής των πειραμάτων που αφορούν τη διδασκαλία με χρήση EP, προκειμένου να μπορέσουν οι μαθητές να τα χρησιμοποιήσουν, ο τρόπος στησίματος τους και τα αποτελέσματα τους. Αναφορικά με τα πειράματα ΕΠ, παρουσιάζεται ο τρόπος χρήσης της εφαρμογής, τα στοιχεία της και τα αποτελέσματα που προκύπτουν.

5.4. Πειράματα/Δραστηριότητες διδασκαλίας με χρήση συμβατικών μέσων

Τα περισσότερα πειράματα που χρησιμοποιήθηκαν στη συμβατική διδασκαλία προέρχονται κυρίως από το σχολικό βιβλίο. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν τα πειράματα της ταχύτητάς και της τριβής. Η επιτάχυνση παρόλο που αποτελεί έννοια της μηχανικής δεν διδάσκεται στο δημοτικό. Η διδασκαλία της επιτάχυνσης διδάσκεται πρώτη φορά στη δεύτερα γυμνάσιου. Όμως, το σχολικό εγχειρίδιο δεν χρησιμοποιεί κάποιο πείραμα ή δραστηριότητα αναφορικά με την διδασκαλία της. Στη συγκεκριμένη διδασκαλία χρησιμοποιήθηκε μόνο μία πειραματική δραστηριότητα η οποία σχετίζεται με την επιτάχυνση.

5.4.1 Ταχύτητα

Κατασκευή/Στοιχεία πειράματος:

Χρησιμοποιώντας ένα μέτρο μετράμε μία απόσταση 3 μέτρων και το αφήνουμε ανοιχτό (Εικόνα 5.1). Χρησιμοποιούμε μία μικρή πλαστική μπάλα και όχι κατά προτίμηση μπάλα ποδοσφαίρου, καθώς η πλαστική έχει λιγότερη τριβή και αναπαριστά περισσότερο μία ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, εφόσον πληρούνται οι προϋποθέσεις οι οποίες περιγράφονται στις οδηγίες του πειράματος, όπως ο μαθητής να χρησιμοποιήσει την ίδια δύναμη στις δραστηριότητες 1 και 2.

Δραστηριότητες:

Στην πρώτη δραστηριότητα, οι μαθητές έχοντας συγκεκριμένες αποστάσεις βρίσκουν με τη χρήση ενός χρονομέτρου το χρόνο που χρειάζεται η μπάλα να διανύσει την κάθε απόσταση. Στην δεύτερη δραστηριότητα, έχοντας συγκεκριμένους χρόνους προσπαθούν να διαπιστώσουν την απόσταση που θα πραγματοποιήσουν στην κάθε περίπτωση. Στη τρίτη δραστηριότητα, αλλάζουμε την αρχική οδηγία όπου ο μαθητής χρησιμοποιεί την ίδια δύναμη σε κάθε περίπτωση. Συγκεκριμένα, έχοντας μία συγκεκριμένη απόσταση, 3 μέτρα, θα μετρήσουμε το χρόνο που χρειάζεται να πραγματοποιήσει την συγκεκριμένη απόσταση χρησιμοποιώντας όμως λιγότερη δύναμη σε κάθε περίπτωση. Έχοντας δηλαδή λιγότερη ταχύτητα κάθε φορά.



Εικόνα 5.1. Πείραμα ταχύτητας

5.4.2. Επιτάχυνση

Κατασκευή/Στοιχεία πειράματος:

Χρησιμοποιώντας ένα μοιρογνωμόνιο τοποθετούμε ένα χοντρό χαρτόνι σε γωνία 30° μοιρών και το κρατάμε σταθερό σε αυτή τη θέση (Εικόνα 5.2). Στη συνέχεια, οι μαθητές χρησιμοποιώντας ένα πλαστικό μπαλάκι το τοποθετούν και το αφήνουν να πέσει από τρεις διαφορετικές θέσεις. Αρχικά από τη κορυφή του χαρτονιού, τη δεύτερη φορά από τη μέση και τέλος από μία πολύ χαμηλή θέση (Εικόνα 5.3). Σε κάθε περίπτωση, με τη χρήση ενός χρονομέτρου, μετράμε το χρόνο που χρειάζεται να φτάσει από το κάθε σημείο στο δάπεδο.



Εικόνα 5.2. Τοποθέτηση χαρτονιού με τη χρήση μοιρογνωμονίου



Εικόνα 5.3. Θέσεις μπάλας στο πείραμα

5.4.3. Τριβή

Κατασκευή/Στοιχεία πειράματος:

Προκειμένου να εκτελέσουμε τις συγκεκριμένες δραστηριότητες θα χρειαστούμε δύο διαφορετικά γυαλόχαρτα, φελιζόλ, σπάγκο, κόλλα ή ταινία, χαρτόνι, χάρακα, λαστιχάκι και μικρά βαρίδια. Αρχικά, δένουμε το σπάγκο με το φελιζόλ (Εικόνα 5.4). Στη συνέχεια, κόβουμε δύο κομμάτια χαρτόνι και τα κολλάμε σε δύο διαφορετικές επιφάνειες του φελιζόλ οι οποίες όμως έχουν διαφορετικό εμβαδό (Εικόνα 5.5). Η επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το δάπεδο ή τα γυαλόχαρτα είναι μία από τις δύο επιφάνειες όπου έχουμε κωλύσει το χαρτόνι. Ύστερα, κολλάμε πάνω στο χάρακα το λαστιχάκι και όλο μαζί πάνω στο φελιζόλ (Εικόνα 5.6). Κατά την εκτέλεση όλων των δραστηριοτήτων οι μαθητές θα πρέπει να προσέχουν με ποιο τρόπο τραβάνε το λαστιχάκι καθώς αν το τραβήξουν απότομα ή σχηματίσουν γωνία με το χάρακα καθώς το τραβάνε, μπορεί να το λαστιχάκι να φύγει από τη θέση του, να κοπεί ή να παραμορφωθεί σε μεγάλο βαθμό. Οι μαθητές θα πρέπει να το τραβάνε παράλληλα με το χάρακά και να αυξάνουν τη δύναμη που χρησιμοποιούν έως ότου αρχίσει να κινείται το φελιζόλ (Εικόνα 5.7).



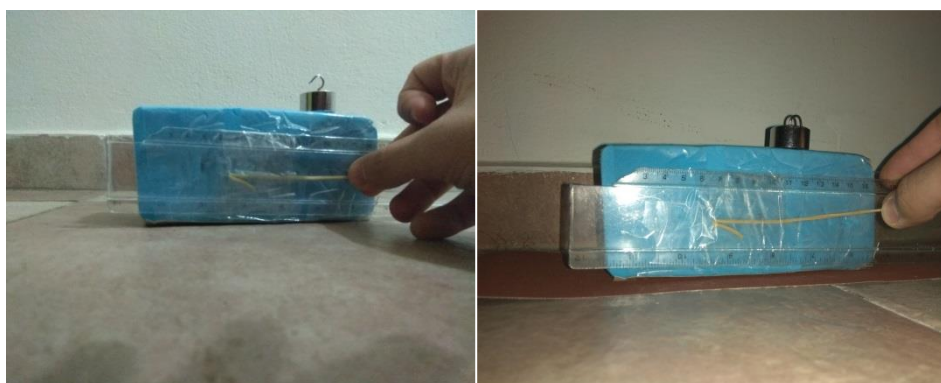
Εικόνα 5.4. Κομμάτια φελιζόλ δεμένα με σπάγκο



Εικόνα 5.5. Επιφάνειες του φελιζόλ



Εικόνα 5.6. Τελική κατασκευή με φελιζόλ



Εικόνα 5.7. Τρόπος εκτέλεσης πειράματος

Δραστηριότητες:

Στη πρώτη δραστηριότητα, οι μαθητές θα μετακινήσουν μία γόμα πάνω στο θρανίο και στα δύο γυαλόχαρτα παρατηρώντας το βαθμό δυσκολίας κάθε επιφάνειας. Στη δεύτερη δραστηριότητα οι μαθητές θα μετακινήσουν την κατασκευή μας από φελιζόλ σε κάθε επιφάνεια έχοντας προσθέσει στο φελιζόλ 50 γραμμάρια (Εικόνα 5.7). Σε κάθε περίπτωση, οι μαθητές καταγράφουν τα εκατοστά όπου παραμορφώνεται το λαστιγάκι έως ότου αρχίσει να

μετακινείται το φελιζόλ. Στη τρίτη δραστηριότητα οι μαθητές θα μετακινήσουν την κατασκευή από φελιζόλ σε κάθε επιφάνεια έχοντας προσθέσει στο φελιζόλ 150 γραμμάρια. Αφού καταγράψουν τη παραμόρφωση που υφίσταται το λαστιχάκι σε κάθε περίπτωση, οι μαθητές επαναλαμβάνουν τη συγκεκριμένη δραστηριότητα χρησιμοποιώντας τη δεύτερη επιφάνεια με χαρτόνι.

5.5. Πειράματα/Δραστηριότητες διδασκαλιών με τη χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής

Για την κατασκευή πειραμάτων EP χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 6 κουτιά Lego Mindstorm EV3 (1 για κάθε ομάδα). Τα ρομπότ προγραμματίστηκαν μέσω μίας εφαρμογής που παρέχει η LEGO δωρεάν. Όλα τα ρομπότ ήταν ήδη κατασκευασμένα και προγραμματισμένα προτού ξεκινήσει η κάθε διδασκαλία. Το ρομπότ αποτελεί το βασικό μοντέλο που περιγράφεται στις οδηγίες χρήσης μέσα στο κουτί του Lego Mindstorm EV3 (Εικόνα 5.8). Οδηγίες κατασκευής του μπορούν, επίσης, να βρεθούν στην ιστοσελίδα της Lego (www.lego.com/en-us/mindstorms/about-ev3).



Εικόνα 5.8. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε στις διδασκαλίες

5.5.1. Ταχύτητα

Κατασκευή/Στοιχεία πειράματος:

Χρησιμοποιώντας ένα μέτρο ή μία μεζούρα μετράμε μία απόσταση 2 μέτρων. Το μέτρο δε θα μετακινηθεί από αυτή τη θέση καθώς θα χρησιμοποιηθεί κατά την διάρκεια όλων των δραστηριοτήτων. Το σημείο αναφοράς μας είναι το γρανάζι το οποίο βρίσκεται στο μπροστινό μέρος του ρομπότ. Το ρομπότ τοποθετείται στην αρχή του μέτρου με το γρανάζι να βρίσκεται παράλληλα με την ένδειξη 0 του μέτρου (Εικόνα 5.9).



Εικόνα 5.9. Αρχική θέση ρομπότ

Δραστηριότητες:

Στην πρώτη δραστηριότητα, τοποθετούμε το κουτί σε μία συγκεκριμένη απόσταση, η οποία είναι 50εκ και εκτελούμε το πρόγραμμα Velocity 1. Μόλις σταματήσει το ρομπότ εμφανίζεται στην οθόνη του ο χρόνος που διήρκεσε η κίνηση την οποίο και καταγράφουμε. Ύστερα τοποθετούμε το ρομπότ στην αρχική του θέση και αυξάνουμε την απόσταση του κουτιού στο 1 μέτρο και εκτελούμε το πρόγραμμα Velocity 2. Αφού καταγράψουμε τον χρόνο τοποθετούμε το κουτί στα 2 μέτρα και εκτελούμε το πρόγραμμα Velocity 3. Καταγράφουμε κάθε χρόνο που μας δίνεται από το ρομπότ (Εικόνα 5.10).



Εικόνα 5.10. Αποτελέσματα πρώτης δραστηριότητας

Στη δεύτερη δραστηριότητα αφαιρούμε το κουτί από την πορεία του ρομπότ, καθώς η διαδρομή που θα κάνει το ρομπότ σε κάθε πρόγραμμα εξαρτάται από το χρόνο που έχουμε

θέσει μέσα στο πρόγραμμα. Στο πρόγραμμα Velocitytime 1 το ρομπότ κινείται για 2,5 δευτερόλεπτα. Στο Velocitytime 2 για 5 και στο Velocitytime 3 για 7,5. Η ταχύτητα που κινείται είναι όμοια με τη πρώτη δραστηριότητα, για αυτό και τα αποτελέσματα αναφορικά με την απόσταση είναι ίδια εκτός από το τελευταίο όπου το ρομπότ διανύει 1,5 μέτρο.

Στην τρίτη δραστηριότητα το ρομπότ θα εκτελέσει την ίδια απόσταση, 1μέτρο, 3 φορές με διαφορετική ταχύτητα. Στο πρώτο πρόγραμμα, Velocityspeed 1, το ρομπότ έχει τη μισή ταχύτητα από αυτή που είχε στις προηγούμενες δραστηριότητες. Στο δεύτερο, Velocityspeed 2, έχει την ίδια και στο τρίτο, Velocityspeed 3, έχει τη διπλάσια. Το αποτέλεσμα είναι στη πρώτη προσπάθεια να κάνει 10 δευτερόλεπτα, στην δεύτερη 5 δευτερόλεπτα και στην τρίτη 2,5 δευτερόλεπτα (ομοίως με Εικόνα 5.10 αλλά αντίστροφα)

5.5.2. Επιτάχυνση

Κατασκευή/Στοιχεία πειράματος:

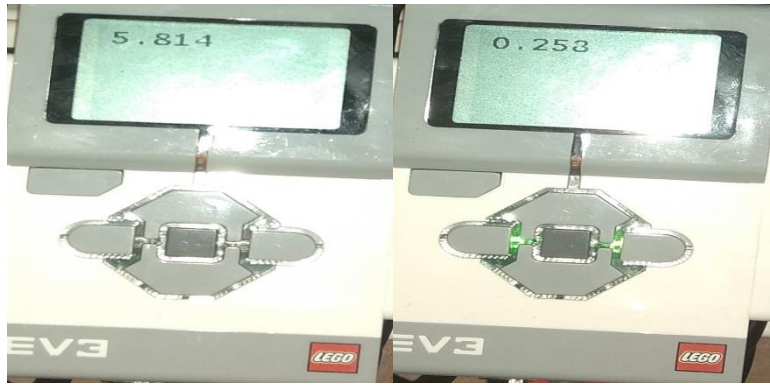
Χρησιμοποιώντας ένα μέτρο μετράμε μία απόσταση 2 μέτρων και τοποθετούμε το ρομπότ στην αρχή του μέτρου με το γρανάζι να βρίσκεται στο 0 (Εικόνα 5.9).

Δραστηριότητες:

Ομοίως με τη πρώτη δραστηριότητα της ταχύτητας, θα τοποθετήσουμε το κουτί σε 3 αποστάσεις πάνω στο μέτρο στην πρώτη δραστηριότητα. Οι αποστάσεις που θα τοποθετηθεί το κουτί είναι 0,5 μέτρα, 0,75 μέτρα και 1,5 μέτρο. Τα προγράμματα για κάθε κίνηση αντίστοιχα είναι τα acceleration 1, acceleration 2 και acceleration 3. Σε κάθε περίπτωση το ρομπότ στο τέλος της κίνησης θα εμφανίζει στην οθόνη του το χρόνο και την ταχύτητα που είχε την στιγμή που σταμάτησε (Εικόνα 5.11 και Εικόνα 5.12). Καταγράφουμε και τα δύο δεδομένα σε κάθε κίνηση του ρομπότ.



Εικόνα 5.11. Αποτελέσματα προγράμματος acceleration1



Εικόνα 5.12. Αποτελέσματα προγράμματος acceleration2

Στην δεύτερη δραστηριότητα, όπως και στην ταχύτητα, το ρομπότ θα πραγματοποιήσει 3 διαφορετικές κινήσεις με 3 συγκεκριμένους και διαφορετικούς χρόνους. Τα κουτιά δεν είναι απαραίτητα καθώς η κίνηση εξαρτάται από το χρόνο. Η πρώτη κίνηση θα διαρκέσει για 2,5 δευτερόλεπτα, η δεύτερη για 5 δευτερόλεπτα και η τρίτη για 7,5 δευτερόλεπτα. Τα προγράμματα που αφορούν κάθε κίνηση είναι αντίστοιχα το accelerationtime1, accelerationtime2 και accelerationtime3. Το ρομπότ σε κάθε κίνηση μας δίνει και το χρόνο που έκανε ως επαλήθευση αλλά και την ταχύτητα που είχε εκείνη τη στιγμή (Εικόνα 5.13 και Εικόνα 5.14). Καταγράφουμε όλα τα δεδομένα από το ρομπότ αλλά και την απόσταση που πραγματοποίησε.



Εικόνα 5.13. Αποτελέσματα προγράμματος accelerationtime1



Εικόνα 5.14. Αποτελέσματα προγράμματος accelerationtime2

Στην τρίτη δραστηριότητα το ρομπότ θα κινηθεί για 1 μέτρο 3 φορές χρησιμοποιώντας διαφορετική επιτάχυνση κάθε φορά. Στην πρώτη περίπτωση η επιτάχυνση θα είναι η μισή από αυτή που χρησιμοποιούσαμε στις προηγούμενες δραστηριότητες. Στη δεύτερη περίπτωση θα είναι η ίδια με τις δύο προηγούμενες δραστηριότητες, ενώ στην τρίτη θα είναι η διπλάσια. Καταγράφουμε όλα τα δεδομένα που μας δίδονται.

5.5.3. Τριβή

Κατασκευή/Στοιχεία πειράματος:

Σε όλες τις δραστηριότητες που αφορούν τη τριβή, κάθε ομάδα θα χρησιμοποιήσει ένα μέτρο, ένα ρομπότ κι ένα φελιζόλ δεμένο με σπάγκο (Εικόνα 5.15). Για να φτιάξουμε την κατασκευή από φελιζόλ πρέπει αρχικά να κόψουμε δύο κομμάτια χαρτόνι και να τα κολλήσουμε σε δύο διαφορετικές επιφάνειες του φελιζόλ, οι οποίες όμως έχουν διαφορετικό εμβαδόν. Η επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το δάπεδο ή τα γυαλόχαρτα είναι μία από τις δύο επιφάνειες όπου έχουμε καλύψει το χαρτόνι. Στη συνέχεια δένουμε το φελιζόλ με ένα κομμάτι σπάγκο όπως στο πείραμα της διδασκαλίας με χρήση συμβατικών μέσων (Εικόνα 5.4). Στη θέση 0 θα τοποθετηθεί το φελιζόλ το οποίο θα τραβιέται από το ρομπότ. Το πρόγραμμα που θα χρησιμοποιηθεί είναι το ίδιο σε όλες τις δραστηριότητες και περιπτώσεις.



Εικόνα 5.15. Αρχική θέση του ρομπότ

Δραστηριότητες:

Στην πρώτη δραστηριότητα το ρομπότ τραβάει το φελιζόλ το οποίο έχει πάνω του ένα βαρίδιο το οποίο ζυγίζει 50 γραμμάρια. Στην πρώτη περίπτωση το τραβάει πάνω στο πάτωμα (Εικόνα 5.16). Στη δεύτερη περίπτωση έχουμε τοποθετήσει το φελιζόλ πάνω σε ένα κόκκινο γυαλόχαρτο (Εικόνα 5.17). Στη τρίτη περίπτωση θα χρησιμοποιήσουμε ένα μαύρο γυαλόχαρτο το οποίο μοιάζει με την ασφαλτο (Εικόνα 5.18). Εξαιτίας του γυαλόχαρτου το φελιζόλ με το βαρίδιο θα μετακινείται όλο και λιγότερο σε κάθε περίπτωση.



Εικόνα 5.16. Αποτέλεσμα τραβήγματος φορτίου 50 γραμμαρίων στο πάτωμα



Εικόνα 5.17. Αποτέλεσμα τραβήγματος φορτίου 50 γραμμαρίων στο κόκκινο γυαλόχαρτο



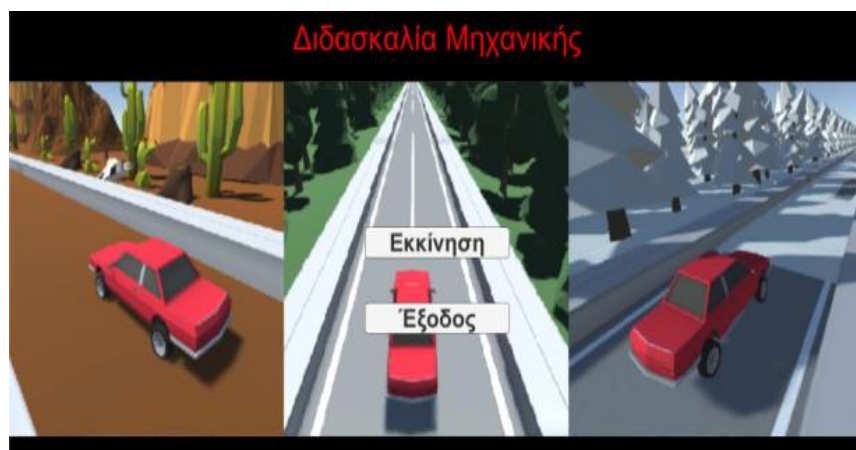
Εικόνα 5.18. Αποτέλεσμα τραβήγματος φορτίου 50 γραμμαρίων στο μαύρο γυαλόχαρτο

Στις δύο επόμενες δραστηριότητες θα επαναλάβουμε την ίδια διαδικασία προσθέτοντας περισσότερο βάρος σε κάθε δραστηριότητα. Στη δεύτερη δραστηριότητα θα έχουμε 150 γραμμάρια και στη τρίτη δραστηριότητα 200 γραμμάρια.

Επίσης, μετά το τέλος της τρίτης δραστηριότητας οι μαθητές επαναλαμβάνουν τη συγκεκριμένη δραστηριότητα χρησιμοποιώντας την άλλη πλευρά του φελιζόλ, η οποία έχει χαρτόνι, όπως και στη συμβατική διδασκαλία.

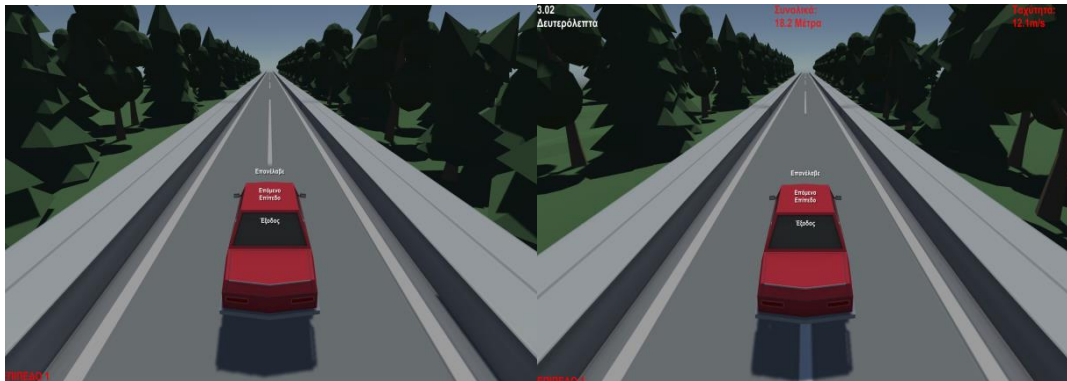
5.6. Πειράματα/Δραστηριότητες διδασκαλιών με τη χρήση εικονικής πραγματικότητας

Σε κάθε διδασκαλία, εκτός της τριβής, δημιουργήθηκε ένα πρόγραμμα που περιέχει όλες τις δραστηριότητες για την εκάστοτε διδασκαλία. Στη τριβή, εξαιτίας των διαφορετικών περιβαλλόντων και συνθηκών (βάρος, σχήμα φορτίου) αποφασίστηκε η δημιουργία 4 προγραμμάτων. Σε κάθε πρόγραμμα θα εξετάζεται ,σε όλα τα διαφορετικά περιβάλλοντα, μία συγκεκριμένη συνθήκη. Οι μαθητές αφού εξετάσουν την συγκεκριμένη συνθήκη κλείνουν το πρόγραμμα και θα ανοίγουν το επόμενο. Όλα τα προγράμματα ξεκινάνε με την ίδια αρχική οθόνη (Εικόνα 5.19). Σε αυτήν μπορούν να επιλέξουν να ξεκινήσουν το πρόγραμμα ή να το κλείσουν.



Εικόνα 5.19. Αρχική οθόνη

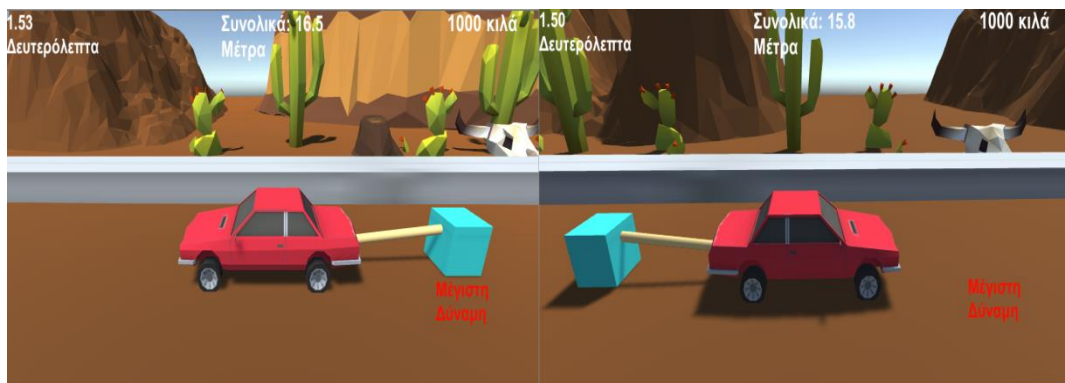
Σε όλα τα προγράμματα, οποιαδήποτε στιγμή πατηθεί το πλήκτρο «ESC», ανοίγει το κυρίως μενού (Εικόνα 5.20). Ο χρόνος παγώνει και ο χρήστης έχει τρεις επιλογές. Μπορεί να επιλέξει το «Επανάλαβε» και να επανέλθει στο σημείο έναρξης ακίνητος μένοντας στο ίδιο επίπεδο. Επιλέγοντας το «Επόμενο επίπεδο» ο χρήστης θα μεταβεί στο επόμενο επίπεδο με το αυτοκίνητο να βρίσκεται στην αρχική θέση ακίνητο. Επίσης, μπορεί να παρακολουθήσει τις τιμές που έχει εκείνη τη στιγμή ή ακόμα και να αλλάξει τη οπτική του ενώ έχει παγώσει ο χρόνος. Πατώντας το «Έξοδος» ο χρήστης βγαίνει από το πρόγραμμα. Τέλος, ξαναπατώντας το «ESC» κλείνει το κυρίως μενού και ο χρήστης συνεχίζει από τη στιγμή ακριβώς που είχε σταματήσει.



Εικόνα 5.20. Κυρίως μενού

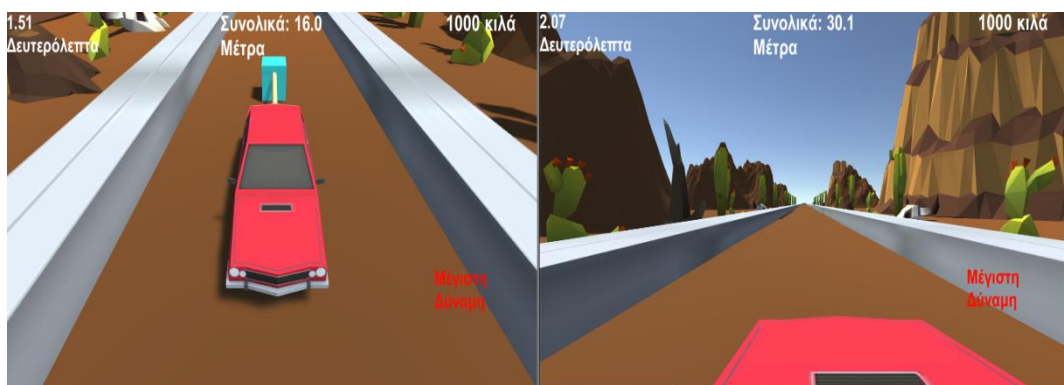
Επίσης, σε όλα τα προγράμματα ο χρήστης μπορεί να αλλάξει την οπτική του οποιαδήποτε στιγμή επιθυμεί. Υπάρχουν συνολικά 5 οπτικές που ο μαθητής μπορεί να επιλέξει, ακόμα και κατά τη διάρκεια που το αυτοκίνητο εκτελεί την κίνηση, οι οποίες επιτρέπουν στον μαθητή να παρατηρούν το αυτοκίνητο και την κίνηση από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Η αρχική οπτική γωνία είναι πίσω από το αυτοκίνητο η οποία επανέρχεται οποιαδήποτε στιγμή δεν πατάμε κάποιο από τα κουμπιά που αναφέρονται παρακάτω και αλλάζουν τη οπτική γωνία (Εικόνα 5.20).

Πατώντας το πλήκτρο «A» ή «D» ο μαθητής μπορεί να αλλάξει την οπτική του βλέποντας την αριστερή ή δεξιά πλευρά του αυτοκινήτου αντίστοιχα (Εικόνα 5.21).



Εικόνα 5.21. Οπτική από αριστερά και δεξιά αντίστοιχα

Επίσης, πατώντας το πλήκτρο «S» μπορεί να δει το αυτοκίνητο από το μπροστά, ενώ πατώντας το πλήκτρο «W» μεταφέρεται στην θέση του οδηγού (Εικόνα 5.22). Κατά την επανάληψη, την αλλαγή επιπέδου ή εφόσον ο μαθητής σταματήσει να πατάει κάποιο από τα κουμπιά, ο μαθητής επιστρέφει στην αρχική οπτική γωνία (Εικόνα 5.20).



Εικόνα 5.22. Οπτική από μπροστά προς τα πίσω και θέσης οδηγού.

5.6.1. Ταχύτητα

Κατασκευή/Στοιχεία πειράματος:

Στη διδασκαλία της ταχύτητας έχουμε ένα πρόγραμμα. Στο πρόγραμμα αυτό έχουμε 3 επίπεδα όπου κάθε επίπεδο αποτελεί και μία δραστηριότητα και εξετάζει μία διαφορετική παράμετρο (μέτρα, χρόνο και μέγεθος ταχύτητας).

Σε όλα τα επίπεδα μας δίδονται ορισμένες πληροφορίες στην οθόνη οι οποίες σχετίζονται με την κίνηση του αυτοκινήτου και το επίπεδο που βρισκόμαστε. Στο κάτω αριστερό μέρος της οθόνης μπορούμε οποιαδήποτε στιγμή να δούμε το επίπεδο που βρισκόμαστε. Στο πάνω αριστερό μέρος της οθόνης εμφανίζεται από τη στιγμή που πατήσουμε ένα από τα 3 πλήκτρα ο χρόνος κίνησης. Επίσης, στο πάνω μεσαίο μέρος της οθόνης εμφανίζονται τα συνολικά μέτρα όπου έχουμε διανύσει (Εικόνα 5.23).

Δραστηριότητες:

Οι μαθητές, καθώς εκτελούν το πρόγραμμα, έχουν ταυτόχρονα μπροστά τους ένα φύλλο εργασία το οποίο τους δίνει περαιτέρω οδηγίες για τα στοιχεία που θα πρέπει να εστιάσουν στο πρόγραμμα και τη λειτουργία του προγράμματος. Κάθε επίπεδο ορίστηκε ως μία διαφορετική δραστηριότητα στο φύλλο εργασίας. Το πρώτο επίπεδο αποτελεί την πρώτη

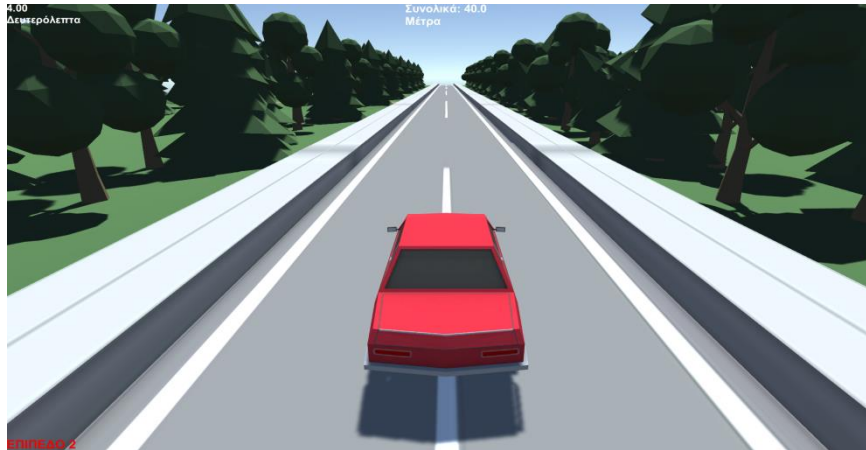
δραστηριότητα. Σε αυτό το επίπεδο, όπως και στα υπόλοιπα επίπεδα, ακούμε το αυτοκίνητο να έχει τη μηχανή αναμμένη και να περιμένει να ξεκινήσει (Εικόνα 5.23). Πατώντας ένα από τα πλήκτρα «1», «2», ή «3» του πληκτρολογίου, σύμφωνα με της οδηγίες του φύλλου εργασίας, το αυτοκίνητο ξεκινάει να κινείται με σταθερή ταχύτητα για μία συγκεκριμένη απόσταση αναλόγως το κουμπί που πατήθηκε. Η απόσταση για κάθε κουμπί είναι 50, 100 και 150 μέτρα, αντίστοιχα σε κάθε κουμπί (Εικόνα 5.24). Στο δεύτερο επίπεδο το αυτοκίνητο ξεκινάει να κινείται με σταθερή ταχύτητα για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα αναλόγως το κουμπί που πατήθηκε (Εικόνα 5.25). Ο χρόνος κίνησης για κάθε κουμπί είναι 4, 8 και 12 δευτερόλεπτα, αντίστοιχα σε κάθε κουμπί. Στο τρίτο επίπεδο το αυτοκίνητο ξεκινάει να κινείται με μία συγκεκριμένη σταθερή ταχύτητα αναλόγως το κουμπί που πατήθηκε (Εικόνα 5.26). Η διαδρομή σε κάθε περίπτωση είναι για 150 μέτρα. Η σταθερή ταχύτητα για κάθε κουμπί είναι 5, 10 και 20 m/s, αντίστοιχα σε κάθε κουμπί.



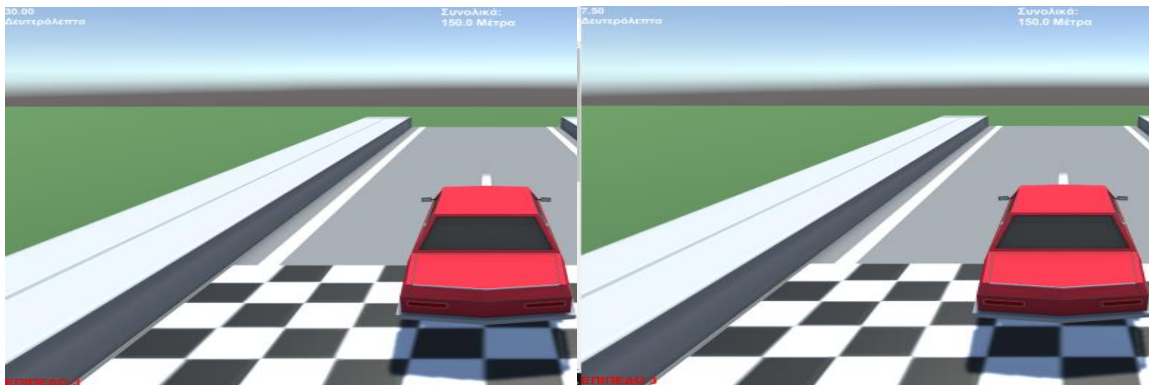
Εικόνα 5.23. Αρχική θέση



Εικόνα 5.24. Τελική θέση πρώτης δραστηριότητας στη ταχύτητα πατώντας το πλήκτρο «1».



Εικόνα 5.25. Τελική θέση δεύτερης δραστηριότητας στη ταχύτητα πατώντας το πλήκτρο «1».



Εικόνα 5.26. Τελική θέση τρίτης δραστηριότητας στη ταχύτητα πατώντας το πλήκτρο «1» και «3» αντίστοιχα.

5.6.2. Επιτάχυνση

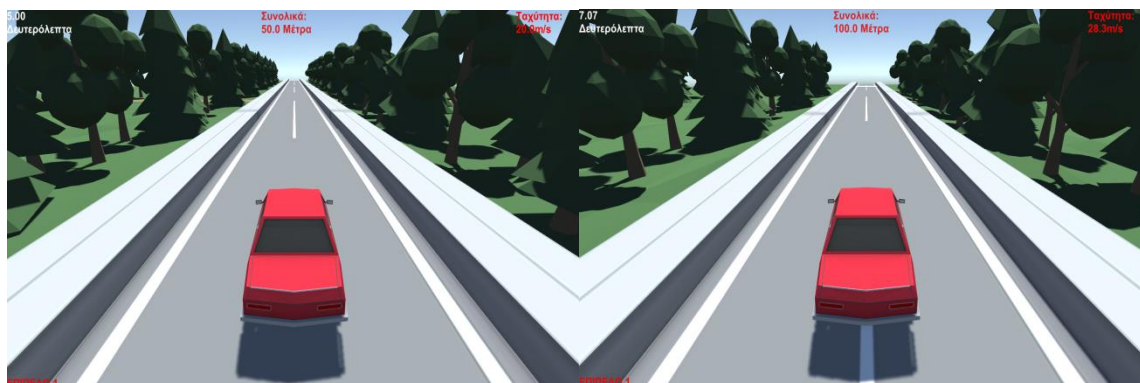
Κατασκευή/Στοιχεία πειράματος:

Στη διδασκαλία της επιτάχυνσης έχουμε επίσης ένα πρόγραμμα και 3 διαφορετικά επίπεδα. Ομοίως με την εφαρμογή της ταχύτητας, έχουμε τα 3 ίδια πλήκτρα και 3 διαφορετικές κινήσεις σε κάθε επίπεδο.

Στο συγκεκριμένο πρόγραμμα μας δίδονται οι ίδιες πληροφορίες που μας δίδονταν στην εφαρμογή της ταχύτητας με την προσθήκη μιας ακόμα. Στο πάνω δεξιό μέρος την οθόνης μας εμφανίζεται η ταχύτητα του αυτοκινήτου (Εικόνα 5.28).

Δραστηριότητες:

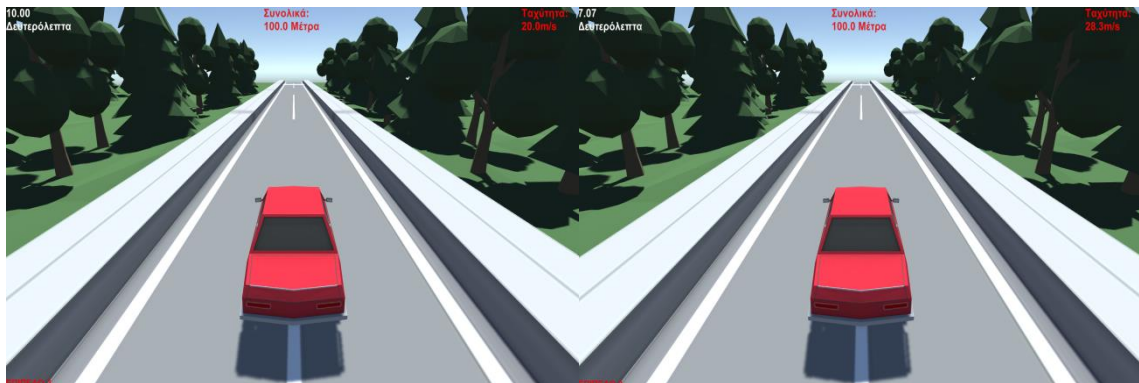
Οι μαθητές, καθώς εκτελούν το πρόγραμμα, έχουν ταυτόχρονα μπροστά τους ένα φύλλο εργασίας το οποίο τους δίνει περαιτέρω οδηγίες για τα στοιχεία που θα πρέπει να εστιάσουν στο πρόγραμμα και τη λειτουργία του προγράμματος. Κάθε επίπεδο ορίστηκε ως μία διαφορετική δραστηριότητα στο φύλλο εργασίας. Σε κάθε επίπεδο ξεκινάμε με το να ακούμε το αυτοκίνητο να έχει τη μηχανή αναμμένη και να περιμένει να ξεκινήσει. Πατώντας ένα από τα πλήκτρα «1», «2», ή «3» του πληκτρολογίου, σύμφωνα με της οδηγίες του φύλλου εργασίας, το αυτοκίνητο ξεκινάει να κινείται με σταθερή επιτάχυνση για μία συγκεκριμένη απόσταση αναλόγως το κουμπί που πατήθηκε. Η απόσταση για κάθε κουμπί είναι 50, 100 και 150 μέτρα, αντίστοιχα σε κάθε κουμπί (Εικόνα 5.27). Στο δεύτερο επίπεδο το αυτοκίνητο ξεκινάει να κινείται με σταθερή επιτάχυνση για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα αναλόγως το κουμπί που πατήθηκε (Εικόνα 5.28). Ο χρόνος κίνησης για κάθε κουμπί είναι 5, 7 και 8 δευτερόλεπτα, αντίστοιχα σε κάθε κουμπί. Στο τρίτο επίπεδο το αυτοκίνητο ξεκινάει να κινείται με μία συγκεκριμένη σταθερή επιτάχυνση αναλόγως το κουμπί που πατήθηκε (Εικόνα 5.29). Η διαδρομή σε κάθε περίπτωση είναι για 100 μέτρα. Η σταθερή ταχύτητα για κάθε κουμπί είναι 4, 2 και 8 m/s², αντίστοιχα σε κάθε κουμπί.



Εικόνα 5.27. Τελική θέση πρώτης δραστηριότητας στην επιτάχυνση πατώντας το πλήκτρο «1» και «2» αντίστοιχα.



Εικόνα 5.28. Τελική θέση δεύτερης δραστηριότητας στην επιτάχυνση πατώντας το πλήκτρο «1».



Εικόνα 5.29. Τελική θέση δεύτερης δραστηριότητας στην επιτάχυνση πατώντας το πλήκτρο «1» και «2» αντίστοιχα.

5.6.3. Τριβή

Κατασκευή/Στοιχεία πειράματος:

Στη διδασκαλία της τριβής, σε αντίθεση με τις άλλες διδασκαλίες, έχουμε 4 προγράμματα. Τα 3 πρώτα προγράμματα έχουν σε κάθε επίπεδο το αυτοκίνητο με ένα συγκεκριμένο φορτίο (συγκεκριμένο βάρος) να το μετακινεί σε 3 διαφορετικά περιβάλλοντα (Εικόνα 5.30). Στο τέταρτο πρόγραμμα έχουμε το αυτοκίνητο να μετακινεί ένα φορτίο στο ίδιο περιβάλλον, φέρνοντας όμως σε επαφή με το δρόμο μία διαφορετική πλευρά του φορτίου σε κάθε περίπτωση (Εικόνα 5.36). Σε κάθε επίπεδο εκτελείται μία μόνο κίνηση χρησιμοποιώντας το πλήκτρο «1».



Εικόνα 5.30. Διαφορετικά περιβάλλοντα στα προγράμματα της τριβής

Οι πληροφορίες που μας δίδονται στην οθόνη, σε όλες τις εφαρμογές που σχετίζονται με την τριβή, έχουν ορισμένες διαφοροποιήσεις σε σχέση με τα προγράμματα της ταχύτητας και της επιτάχυνσης. Όπως και στα προγράμματα της ταχύτητας και επιτάχυνσης μας δίδεται το επίπεδο, ο χρόνος και η απόσταση που διανύσαμε στο κάτω αριστερό, πάνω αριστερό και πάνω μέσο σημείο της οθόνης αντίστοιχα. Στα προγράμματα της τριβής, όμως, μας δίδεται επιπλέον το βάρος που ζυγίζει το φορτίο αλλά και η δύναμη που χρησιμοποιεί το αυτοκίνητο, στο πάνω δεξιά και κάτω δεξιά μέρος της οθόνης αντίστοιχα (Εικόνα 5.31).



Εικόνα 5.31. Αποτέλεσμα πρώτου περιβάλλοντος πρώτου προγράμματος της τριβής

Διδασκαλίες:

Οι μαθητές, καθώς εκτελούν το πρόγραμμα, έχουν ταυτόχρονα μπροστά τους ένα φύλλο εργασία το οποίο τους δίνει περαιτέρω οδηγίες για τα στοιχεία που θα πρέπει να εστιάσουν

στο πρόγραμμα και τη λειτουργία του προγράμματος. Κάθε πρόγραμμα ορίστηκε ως μία διαφορετική δραστηριότητα στο φύλλο εργασίας. Σε κάθε επίπεδο του προγράμματος το αυτοκίνητο κινείται με ένα φορτίο (1000 κιλά) σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον (Εικόνα 5.31). Σε κάθε επίπεδο αλλάζει μόνο το περιβάλλον. Επομένως, αλλάζει μόνο ο συντελεστής τριβής σε κάθε επίπεδο χωρίς να αλλάζει το βάρος του αντικειμένου ή η απόσταση που θα διανύσει το αυτοκίνητο (Εικόνα 5.32).

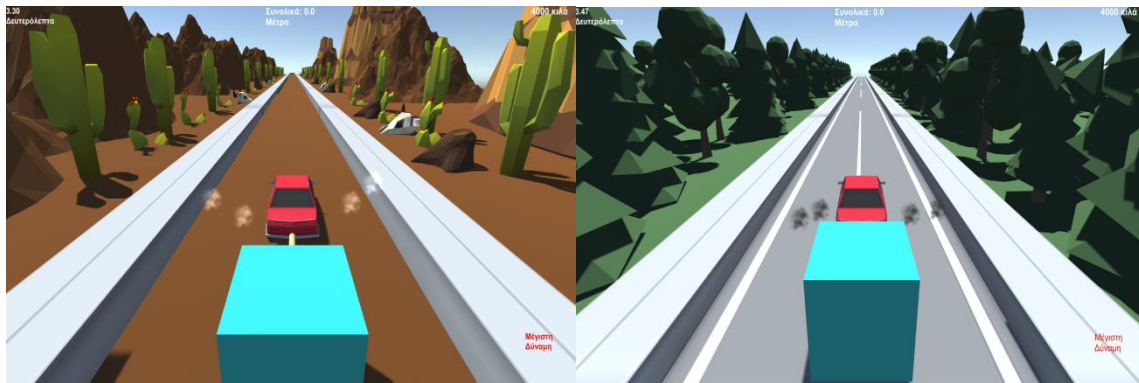


Εικόνα 5.32. Αποτελέσματα δεύτερου και τρίτου περιβάλλοντος του πρώτου προγράμματος της τριβής

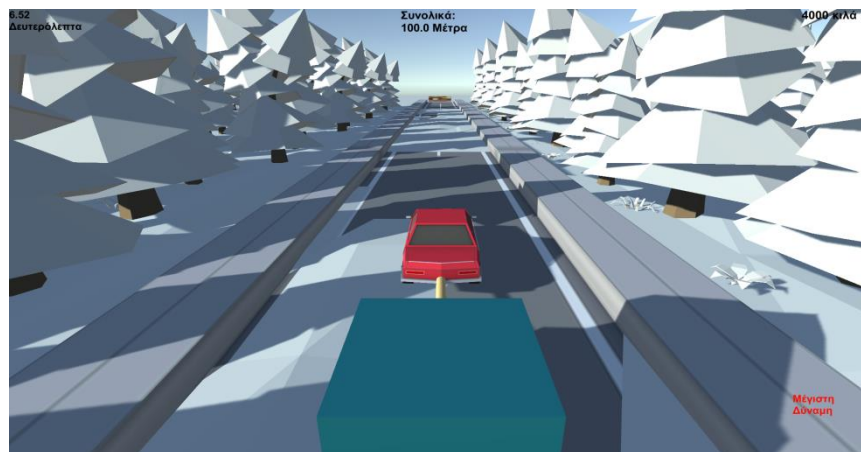
Στο δεύτερο πρόγραμμα, το φορτίο αυξάνεται (2000 κιλά) αλλά η απόσταση παραμένει σταθερή (Εικόνα 5.33). Στο τρίτο πρόγραμμα αυξάνεται κι άλλο το φορτίο (4000 κιλά) με αποτέλεσμα το αυτοκίνητο να μην μπορεί να μετακινήσει το φορτίο στα πρώτα δύο επίπεδα (Εικόνα 5.34), εκτός από το τρίτο επίπεδο (Εικόνα 5.35).



Εικόνα 5.33. Αποτέλεσμα πρώτου περιβάλλοντος δεύτερου προγράμματος της τριβής



Εικόνα 5.34. Αποτελέσματα πρώτου και δεύτερου περιβάλλοντος του τρίτου προγράμματος της τριβής



Εικόνα 5.35. Αποτέλεσμα τρίτου περιβάλλοντος του τρίτου προγράμματος της τριβής

Στο τέταρτο πρόγραμμα το φορτίο είναι το ίδιο με το δεύτερο πρόγραμμα (2000 κιλά), όμως αυτό που αλλάζει είναι το σχήμα του (ορθογώνιο). Στο συγκεκριμένο πρόγραμμα έχουμε δύο επίπεδα όπου το αυτοκίνητο κινείται με το φορτίο σε στο ίδιο περιβάλλον χρησιμοποιώντας διαφορετική εφαπτόμενη πλευρά με το δρόμο (Εικόνα 5.36).



Εικόνα 5.37. Αποτελέσματα του τέταρτου προγράμματος της τριβής

6. Μεθοδολογία της έρευνας

Η παρούσα έρευνα εξετάζει την αποτελεσματικότητα της χρήσης της εκπαιδευτικής ρομποτικής και της χρήσης της εικονικής πραγματικότητας για τη διδασκαλία εννοιών της μηχανικής, όπως η ταχύτητα, η επιτάχυνση και η τριβή. Τα στάδια της έρευνας που ακολουθήθηκαν κατά σειρά είναι:

- Βιβλιογραφική ανασκόπηση
- Διατύπωση των ερευνητικών ερωτημάτων της έρευνας
- Επιλογή του δείγματος
- Ερευνητικός σχεδιασμός
- Συλλογή δεδομένων και ανάλυση τους

6.1. Δείγμα

Το δείγμα της έρευνας αποτελούν μαθητές της Ε' τάξης από 3 δημοτικά σχολεία του Ηράκλειου Κρήτης. Συνολικά είχαμε 61 μαθητές, οι οποίοι κατανέμονται σε τρεις ομάδες, ανάλογα με το είδος της διδασκαλίας που πραγματοποιήθηκε σε κάθε σχολείο.

Το πρώτο τμήμα που έγινε χρήση ΕΠ (Ομάδα 1) αποτελούνταν από 17 μαθητές. Το δεύτερο τμήμα που έγινε χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής (Ομάδα 2) αριθμούσε 18 μαθητές. Στο τρίτο τμήμα χρησιμοποιήθηκαν συμβατικά μέσα διδασκαλίας (Ομάδα 3) και αποτελούνταν από 26 άτομα.

6.2. Ερευνητικός σχεδιασμός

6.2.1 Ανάπτυξη πειραματικών δραστηριοτήτων

Αφού πραγματοποιήθηκε η διατύπωση των ερευνητικών ερωτημάτων και η επιλογή του δείγματος, έγινε αναζήτηση για την ανάπτυξη πειραματικών δραστηριοτήτων σχετικά με κάθε ομάδα. Για την ομάδα 3 επιλέχθηκαν πειράματα από το σχολικό βιβλίο. Για την ομάδα 2 αναπτύχθηκαν πειράματα με τη χρήση Lego Mindstorm EV3. Τέλος, για την ομάδα 1 αναπτύχθηκαν ΕΕΠ.

6.2.2 Σχεδιασμός των διδασκαλιών

Οι διδασκαλίες αφορούσαν έννοιες της μηχανικής και πιο συγκεκριμένα έννοιες που αφορούν τη κίνηση και τις δυνάμεις (Motion and Force). Η έννοια της ταχύτητας και της τριβής διδάσκονται στην Ε' τάξη, στο μάθημα «Φυσικά Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω», στην ενότητα Μηχανική (ταχύτητα και τριβή). Η έννοια της επιτάχυνσης δεν αναφέρεται ως μάθημα όμως στο ΑΠΣ, αναφέρεται ότι οι μαθητές καλούνται να

περιγράψουν καταστάσεις όπου ένα σώμα «επιταχύνεται ή όχι». Επιπλέον, όπως αναφέραμε παραπάνω, οι μαθητές συχνά μπερδεύουν τη ταχύτητα και την επιτάχυνση. Σχεδιάστηκαν, λοιπόν, 3 διδασκαλίες ώστε να πραγματοποιηθούν σε 3 διδακτικά δώρα:

- 1 δώρο για τη διδασκαλία της ταχύτητας
- 1 δώρο για τη διδασκαλία της επιτάχυνση
- 1 δώρο για τη διδασκαλία της τριβής

Όλες διδακτικές ενότητες καθώς και οι στόχοι που τέθηκαν στις συγκεκριμένες διδασκαλίες σχετίζονται άμεσα με το ελληνικό ΑΠΣ και ΔΕΠΠΣ στην ενότητα της Μηχανικής. Σχετικά με τις μεθόδους διδασκαλίας, πραγματοποιήθηκαν 3 είδη διδασκαλιών σε 3 διαφορετικά τμήματα της Ε' δημοτικού.

Οι διδασκαλίες όλων των ομάδων ήταν ομαδοσυνεργατικές και ακολούθησαν ένα κονστрукτιβιστικό μοντέλο διδασκαλίας το οποίο βασίζεται στη διερευνητική μάθηση (Bybee, 2002). Στην ομάδα 1 εντάχθηκε στο μοντέλο διδασκαλίας η χρήση ΕΕΠ μέσω Η/Υ στη 2^η και 3^η φάση της διδασκαλίας. Στην ομάδα 2 εντάχθηκε η χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής στη 2^η και 3^η φάση της διδασκαλίας. Η ομάδα 3 χρησιμοποίησε συμβατικά μέσα διδασκαλίας, δηλαδή το σχολικό εγχειρίδιο, φωτοτυπίες με εποπτικό υλικό, πειραματικές δραστηριότητες κτλ. Η ομάδα 3 αποτελούσε την ομάδα έλεγχου και τα αποτελέσματα της χρησιμοποιήθηκαν ως βάση σύγκρισης με τις άλλες διδασκαλίες.

6.2.3 Σχέδια διδασκαλίας

Η ομάδα 3 διδάχθηκε με τη χρήση συμβατικών μέσω διδασκαλίας όπως του σχολικού εγχειριδίου, πειραματικών δραστηριοτήτων με χρήση απλών υλικών και τη χρήση εποπτικού υλικού ώστε να συμβαδίζει με τις άλλες διδασκαλίες. Όλες οι ομάδες ακολούθησαν το μοντέλο Bybee (2002) των 5Ε. Παρακάτω θα παρουσιαστούν τα σχέδια διδασκαλίας όλων των ομάδων.

6.2.4. Ταχύτητα

Σχέδιο Μαθήματος

Α. Στοιχεία διδασκαλίας

Τάξη: Ε' τάξη Δημοτικού

Θεματική ενότητα: Μηχανική

Τίτλος μαθήματος: Ταχύτητα

Διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες

Υλικοτεχνική υποδομή για Ομάδα 1:

Συνθήκες χώρου διδασκαλίας: Αίθουσα πληροφορικής ή αίθουσα διδασκαλίας με υπολογιστές η οποία προσφέρεται για ομαδοσυνεργατική διδασκαλία, με επάρκεια σε χώρο και φωτισμό.

Διαθέσιμα Μέσα: 6 υπολογιστές, 6 χρονόμετρα, 6 μέτρα

Υλικοτεχνική υποδομή για Ομάδα 2:

Συνθήκες χώρου διδασκαλίας: Αίθουσα διδασκαλίας η οποία προσφέρεται για ομαδοσυνεργατική διδασκαλία, με επάρκεια σε χώρο και φωτισμό.

Διαθέσιμα Μέσα : 6 ρομπότ της σειράς Lego Mindstorm EV3, 6 μέτρα, 6 χρονόμετρα

Υλικοτεχνική υποδομή για Ομάδα 3:

Συνθήκες χώρου διδασκαλίας: Αίθουσα διδασκαλίας η οποία προσφέρεται για ομαδοσυνεργατική διδασκαλία, με επάρκεια σε χώρο και φωτισμό.

Διαθέσιμα Μέσα : 6 μέτρα, 6 χρονόμετρα

B. Ανάπτυξη σχεδίου διδασκαλίας

B1. Στοχοθεσία και διδακτική προσέγγιση

Περιεχόμενο μαθήματος: Στο μάθημα αυτό θα γίνει μία εισαγωγή στην έννοια της ταχύτητας. Συγκεκριμένα θα δείξουμε στους μαθητές το συσχετισμό της έννοιας της ταχύτητας ενός αντικειμένου με το χρόνο και την απόσταση που διανύει και θα ορίσουμε την έννοια αυτή

Γενικός σκοπός: Να γνωρίσουν οι μαθητές την έννοια της ταχύτητας και το συσχετισμό της με το χρόνο και την απόσταση

Επιμέρους στόχοι:

Στόχοι που αφορούν σε γνώσεις:

- Να συσχετίζουν την ταχύτητα με το μήκος της διαδρομής που διανύει ένα σώμα και τον αντίστοιχο χρόνο

Στόχοι που αφορούν σε δεξιότητες:

- Να αναπτύξουν δεξιότητες επικοινωνίας και συνεργασίας
- Να αναγνωρίζουν σε καταστάσεις της καθημερινής τους εμπειρίας το ρόλο που παίζει η ταχύτητα

Στόχοι που αφορούν σε στάσεις:

- Να συνεργάζονται και να ανταλλάσσουν απόψεις με τα μέλη της ομάδας τους αλλά και με το σύνολο της τάξης προκειμένου να καταλήξουν σε κοινά συμπεράσματα

Είδος διδακτικής προσέγγισης: Το συγκεκριμένο σχέδιο διδασκαλίας βασίζεται στο κονστрукτιβιστικό μοντέλο διερευνητικής διδασκαλίας 5E (Bybee, 2002). Συγκεκριμένα, η διδασκαλία αποτελείται από 5 φάσεις:

- Εμπλοκή
- Εξερεύνηση
- Εξήγηση
- Επέκταση
- Έλεγχος

B2. Διάρθρωση της πορείας της διδασκαλίας:

Διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας ομάδας 1:

Φάση 1: Εμπλοκή

Η διδασκαλία ξεκινάει με μία εικόνα από ένα αυτοκίνητο και το του μετρητή ταχύτητας (ταχύμετρο), που όλα τα αυτοκίνητα έχουν. Ο εκπαιδευτικός εμπλέκεται σε συζήτηση με τους μαθητές ως προς τι είναι αυτό που βλέπουν στην εικόνα, αν το έχουν παρατηρήσει ποτέ και τι πιστεύουν ότι σημαίνει.

Φάση 2: Εξερεύνηση

Αφού οι μαθητές χωριστούν σε ομάδες των 3 ατόμων, συζητούν μεταξύ τους και καταγράφουν σχετικά με το ποια πιστεύουν ότι είναι η έννοια της ταχύτητας (Δραστηριότητα 1). Στη συνέχεια, κάθε ομάδα κάθεται σε ένα υπολογιστή και ξεκινάει τις δραστηριότητες ακολουθώντας τις οδηγίες στο φύλλο εργασίας. Σε όλες τις δραστηριότητες οι μαθητές καλούνται να συνεργαστούν προκειμένου να συμπληρώσουν το πίνακα που έχει κάθε δραστηριότητα. Ένας μαθητής χειρίζεται το πρόγραμμα, ένας μαθητής παρακολουθεί προσεκτικά τα δεδομένα μέσα στο πρόγραμμα και ένας καταγράφει τα δεδομένα στους πίνακες. Στην πρώτη δραστηριότητα το αυτοκίνητο θα κινηθεί 3 φορές με σταθερή ταχύτητα αλλά θα κάνει διαφορετικές αποστάσεις. Στη δεύτερη δραστηριότητα θα κινηθεί 3 φορές με σταθερή ταχύτητα αλλά με διαφορετικό χρόνο. Στην τρίτη δραστηριότητα θα κινηθεί 3 φορές

μία σταθερή απόσταση αλλά με διαφορετική σταθερή ταχύτητα κάθε φορά (Δραστηριότητα 1,2 και 3).

Φάση 3: Εξήγηση

Κάθε ομάδα ανακοινώνει τα αποτελέσματά της στην ολομέλεια της τάξης. Οι μαθητές διατυπώνουν με την βοήθεια του εκπαιδευτικού τη σχέση ανάμεσα στην ταχύτητα, χρόνο και την απόσταση και ορίζουν την έννοια της ταχύτητας.

Φάση 4: Επέκταση

Οι μαθητές ανά ομάδα εφαρμόζουν τις γνώσεις που έμαθαν και τις συσχετίζουν με την καθημερινή ζωή. Σε κάθε ομάδα, οι μαθητές μετρούν την ταχύτητα τους σε μία δεδομένη απόσταση με τη χρήση χρονομέτρου και τη συσχετίζουν με διάφορες αποστάσεις που χρειάζονται να κάνουν στην καθημερινή τους ζωή (Δραστηριότητα 4).

Φάση 5: Έλεγχος

Οι μαθητές συζητούν με τον εκπαιδευτικό τις έννοιες (ταχύτητα) και τα συμπεράσματα που αποκόμισαν από τη διδασκαλία και τα συγκρίνουν με τις αρχικές απόψεις τους. Στόχος είναι να συνειδητοποιήσουν τη διαδικασία απόκτησης της γνώσης.

Διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας ομάδας 2:

Φάση 1: Εμπλοκή

Η διδασκαλία ξεκινάει με μία εικόνα από ένα αυτοκίνητο και το του μετρητή ταχύτητας (ταχύμετρο), που όλα τα αυτοκίνητα έχουν. Ο εκπαιδευτικός εμπλέκεται σε συζήτηση με τους μαθητές ως προς τι είναι αυτό που βλέπουν στην εικόνα, αν το έχουν παρατηρήσει ποτέ και τι πιστεύουν ότι σημαίνει.

Φάση 2: Εξερεύνηση

Αφού οι μαθητές χωριστούν σε ομάδες των 3 ατόμων, συζητούν μεταξύ τους και καταγράφουν σχετικά με το ποια πιστεύουν ότι είναι η έννοια της ταχύτητας. Στη συνέχεια, κάθε ομάδα παίρνει από ένα ρομπότ Lego Mindstorm EV3 και ξεκινάει τις δραστηριότητες ακολουθώντας τις οδηγίες στο φύλλο εργασίας. Σε όλες τις δραστηριότητες οι μαθητές καλούνται να συνεργαστούν προκειμένου να συμπληρώσουν τον πίνακα που έχει κάθε δραστηριότητα. Ένας μαθητής κρατάει το μέτρο, ένας τοποθετεί το ρομπότ στη σωστή θέση και ενεργοποιεί το σωστό πρόγραμμα και ένας άλλος μαθητής καταγράφει τα δεδομένα που δίνει το ρομπότ στους πίνακες. Στην πρώτη δραστηριότητα το ρομπότ θα κινηθεί 3 φορές με σταθερή ταχύτητα αλλά θα κάνει διαφορετικές αποστάσεις. Στη δεύτερη δραστηριότητα θα

κινηθεί 3 φορές με σταθερή ταχύτητα αλλά με διαφορετικό χρόνο. Στην τρίτη δραστηριότητα θα κινηθεί 3 φορές μία σταθερή απόσταση αλλά με διαφορετική σταθερή ταχύτητα κάθε φορά (Δραστηριότητα 1,2 και 3).

Φάση 3: Εξήγηση

Κάθε ομάδα των μαθητών ανακοινώνουν τα αποτελέσματα τους στην ολομέλεια της τάξης. Οι μαθητές διατυπώνουν με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού τη σχέση ανάμεσα στην ταχύτητα, χρόνο και την απόσταση και ορίζουν την έννοια της ταχύτητας.

Φάση 4: Επέκταση

Οι μαθητές ανά ομάδα εφαρμόζουν τις γνώσεις που έμαθαν και τις συσχετίζουν με τη καθημερινή ζωή. Σε κάθε ομάδα, οι μαθητές μετρούν την ταχύτητα τους σε μία δεδομένη απόσταση και τη συσχετίζουν με διάφορες αποστάσεις που χρειάζονται να κάνουν στην καθημερινή τους ζωή (Δραστηριότητα 4).

Φάση 5: Έλεγχος

Οι μαθητές συζητούν με τον εκπαιδευτικό τις έννοιες (ταχύτητα) και τα συμπεράσματα που αποκόμισαν από τη διδασκαλία και τα συγκρίνουν με τις αρχικές απόψεις τους. Στόχος είναι να συνειδητοποιήσουν τη διαδικασία απόκτησης της γνώσης.

Διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας ομάδας 3:

Φάση 1: Εμπλοκή

Η διδασκαλία ξεκινάει με μία εικόνα στο προτζέκτορα από ένα αυτοκίνητο και το του μετρητή ταχύτητας(ταχύμετρο), που όλα τα αυτοκίνητα έχουν. Επίσης, οι μαθητές σχολιάζουν τις εικόνες που βρίσκονται στο βιβλίο του μαθητή. Ο εκπαιδευτικός εμπλέκεται σε συζήτηση με τους μαθητές ως προς τι είναι αυτό που βλέπουν στις εικόνες, αν το έχουν παρατηρήσει ποτέ και τι πιστεύουν ότι σημαίνει.

Φάση 2: Εξερεύνηση

Αφού οι μαθητές χωριστούν σε ομάδες των 3 ατόμων, συζητούν μεταξύ τους και καταγράφουν σχετικά με το ποια πιστεύουν ότι είναι η έννοια της ταχύτητας. Στη συνέχεια, κάθε ομάδα παίρνει από μία μπάλα και ξεκινάει τις δραστηριότητες ακολουθώντας τις οδηγίες στο φύλλο εργασίας. Σε όλες τις δραστηριότητες οι μαθητές καλούνται να συνεργαστούν προκειμένου να συμπληρώσουν το πίνακα που έχει κάθε δραστηριότητα. Ένας μαθητής κρατάει το μέτρο, ένας χρησιμοποιεί τη μπάλα και ένας άλλος μαθητής καταγράφει τα δεδομένα από τη δραστηριότητα. Στη

πρώτη δραστηριότητα οι μαθητές ρίχνουν τη μπάλα 3 φορές με σταθερή ταχύτητα πραγματοποιώντας όμως διαφορετικές αποστάσεις. Στη δεύτερη δραστηριότητα ρίχνουν τη μπάλα 3 φορές με σταθερή ταχύτητα αλλά την αφήνουν να κινηθεί διαφορετικά χρονικά διαστήματα. Στην τρίτη δραστηριότητα οι μαθητές ρίχνουν τη μπάλα 3 φορές σε μία σταθερή απόσταση αλλά με διαφορετική σταθερή ταχύτητα κάθε φορά. (Δραστηριότητα 1,2 και 3)

Φάση 3: Εξήγηση

Κάθε ομάδα των μαθητών ανακοινώνει τα αποτελέσματα τους στην ολομέλεια της τάξης. Οι μαθητές διατυπώνουν, με την βοήθεια του εκπαιδευτικού, τη σχέση ανάμεσα στη ταχύτητα, στο χρόνο και στην απόσταση και ορίζουν την έννοια της ταχύτητας.

Φάση 4: Επέκταση

Οι μαθητές ανά ομάδα εφαρμόζουν τις γνώσεις που έμαθαν και τις συσχετίζουν με τη καθημερινή ζωή. Σε κάθε ομάδα, οι μαθητές μετρούν την ταχύτητα τους σε μία δεδομένη απόσταση και την συσχετίζουν με διάφορες αποστάσεις που χρειάζονται να κάνουν στην καθημερινή τους ζωή. (Δραστηριότητα 4)

Φάση 5: Έλεγχος

Οι μαθητές συζητούν με τον εκπαιδευτικό τις έννοιες (ταχύτητα) και τα συμπεράσματα που αποκόμισαν από τη διδασκαλία και τα συγκρίνουν με τις αρχικές απόψεις τους. Στόχος είναι να συνειδητοποιήσουν τη διαδικασία απόκτησης της γνώσης.

Γ. Αξιολόγηση

Ως αξιολόγηση της διδασκαλίας μοιράζεται στους μαθητές το Φύλλο Αξιολόγησης 1. Περιλαμβάνει 5 δραστηριότητες. Στην πρώτη οι μαθητές διαβάζουν προτάσεις και επιλέγουν αν είναι σωστές ή λάθος. Στην συνέχεια έχουν ένα προβληματική κατάσταση και πρέπει να επιλέξουν μία εκ των δύο επιλογών και να αιτιολογήσουν το λόγο. Μετά πρέπει να απαντήσουν σε μία ανοιχτή ερώτηση που σχετίζεται με την καθημερινότητα τους και την έννοια που μελετήσαμε. Στην τέταρτη δραστηριότητα έχουν ένα πρόβλημα με 2 ερωτήσεις προς απάντηση και στη τελευταία δραστηριότητα έχουν ένα ακόμα πρόβλημα που σχετίζεται με την καθημερινότητα τους και καλούνται να συμπληρώσουν ένα πίνακα και να απαντήσουν σε δύο ερωτήσεις σχετικές με το πρόβλημα.

6.2.5. Επιτάχυνση

Σχέδιο Μαθήματος

A. Στοιχεία διδασκαλίας

Τάξη: Ε' τάξη Δημοτικού

Θεματική ενότητα: Μηχανική

Τίτλος μαθήματος: Επιτάχυνση

Διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες

Υλικοτεχνική υποδομή για Ομάδα 1:

Συνθήκες χώρου διδασκαλίας: Αίθουσα πληροφορικής ή αίθουσα διδασκαλίας με υπολογιστές η οποία προσφέρεται για ομαδοσυνεργατική διδασκαλία, με επάρκεια σε χώρο και φωτισμό.

Διαθέσιμα Μέσα: 6 υπολογιστές, προτζέκτορας

Υλικοτεχνική υποδομή για Ομάδα 2:

Συνθήκες χώρου διδασκαλίας: Αίθουσα διδασκαλίας η οποία προσφέρεται για ομαδοσυνεργατική διδασκαλία, με επάρκεια σε χώρο και φωτισμό.

Διαθέσιμα Μέσα : 6 ρομπότ της σειράς Lego Mindstorm EV3, 6 μέτρα, προτζέκτορας

Υλικοτεχνική υποδομή για Ομάδα 3:

Συνθήκες χώρου διδασκαλίας: Αίθουσα διδασκαλίας η οποία προσφέρεται για ομαδοσυνεργατική διδασκαλία, με επάρκεια σε χώρο και φωτισμό.

Διαθέσιμα Μέσα : σχολικό εγχειρίδιο, 6 πλαστικές μπάλες, προτζέκτορας

B. Ανάπτυξη σχεδίου διδασκαλίας

B1. Στοχοθεσία και διδακτική προσέγγιση

Περιεχόμενο μαθήματος: Στο μάθημα αυτό θα γίνει μία εισαγωγή στην έννοια της επιτάχυνσης. Συγκεκριμένα θα δείξουμε στους μαθητές το συσχετισμό της έννοιας της επιτάχυνσης ενός αντικειμένου με το χρόνο και την ταχύτητα που αποκτάει και θα ορίσουμε την έννοια αυτή.

Γενικός σκοπός: Να γνωρίσουν οι μαθητές την έννοια της επιτάχυνσης και το συσχετισμό της με το χρόνο και τη ταχύτητα

Επιμέρους στόχοι:

Στόχοι που αφορούν σε γνώσεις:

- Να συσχετίζουν τη επιτάχυνση με πόσο γρήγορα αλλάζει (ρυθμός μεταβολής) η ταχύτητα ενός σώματος σε μία χρονική στιγμή

Στόχοι που αφορούν σε δεξιότητες:

- Να αναπτύξουν δεξιότητες επικοινωνίας και συνεργασίας
- Να αναγνωρίζουν σε καταστάσεις της καθημερινής τους εμπειρίας το ρόλο που παίζει η επιτάχυνση

Στόχοι που αφορούν σε στάσεις:

- Να συνεργάζονται και να ανταλλάσσουν απόψεις με τα μέλη της ομάδας τους αλλά και με το σύνολο της τάξης προκειμένου να καταλήξουν σε κοινά συμπεράσματα

Είδος διδακτικής προσέγγισης: Το συγκεκριμένο σχέδιο διδασκαλίας βασίζεται στο κονστрукτιβιστικό μοντέλο διερευνητικής διδασκαλίας 5E (Bybee, 2002). Συγκεκριμένα, η διδασκαλία αποτελείται από 5 φάσεις:

- Εμπλοκή
- Εξερεύνηση
- Εξήγηση
- Επέκταση
- Έλεγχος (Αξιολόγηση)

B2. Διάρθρωση της πορείας της διδασκαλίας:

Διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας ομάδας 1:

Φάση 1: Εμπλοκή

Η διδασκαλία ξεκινάει με μία εισαγωγική συζήτηση της έννοιας της ταχύτητας και το είδος της κίνησης που είδαμε στην προηγούμενη διδασκαλία. Προβάλλεται ένα βίντεο στους

μαθητές οι οποίοι καλούνται να σχολιάσουν την διαφορά τις κίνησης που είδαμε και αυτήν που εκτελούν τα αυτοκίνητα στο βίντεο.

Φάση 2: Εξερεύνηση

Στη συνέχεια, κάθε ομάδα κάθεται σε ένα υπολογιστή και ξεκινάει τις δραστηριότητες ακολουθώντας τις οδηγίες στο φύλλο εργασίας. Σε όλες τις δραστηριότητες οι μαθητές καλούνται να συνεργαστούν προκειμένου να συμπληρώσουν το πίνακα που έχει κάθε δραστηριότητα. Ένας μαθητής χειρίζεται το πρόγραμμα , ένας μαθητής παρακολουθεί προσεκτικά τα δεδομένα μέσα στο πρόγραμμα και ένας άλλος καταγράφει τα δεδομένα στους πίνακες. Στη πρώτη δραστηριότητα το αυτοκίνητο θα κινηθεί 3 φορές με σταθερή επιτάχυνση αλλά θα κάνει διαφορετικές αποστάσεις. Στη δεύτερη δραστηριότητα θα κινηθεί 3 φορές με σταθερή επιτάχυνση αλλά με διαφορετικό χρόνο. Στην τρίτη δραστηριότητα θα κινηθεί 3 φορές μία σταθερή απόσταση αλλά με διαφορετική σταθερή επιτάχυνση κάθε φορά (Δραστηριότητα 1,2 και 3).

Φάση 3: Εξήγηση

Κάθε ομάδα των μαθητών ανακοινώνουν τα αποτελέσματα τους στην ολομέλεια της τάξης. Οι μαθητές διατυπώνουν με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού τη σχέση ανάμεσα στην επιτάχυνση, τον χρόνο και την ταχύτητα και ορίζουν την έννοια της επιτάχυνσης.

Φάση 4: Επέκταση

Σε κάθε ομάδα οι μαθητές συσχετίζουν τις κινήσεις διαφόρων αντικειμένων της καθημερινότητας τους σε σχέση με την έννοια της ταχύτητας και της επιτάχυνσης και ανακοινώνουν τα αποτελέσματα τους στην ολομέλεια της τάξης (Δραστηριότητα 4).

Φάση 5: Έλεγχος

Οι μαθητές συζητούν με τον εκπαιδευτικό τις έννοιες της ταχύτητα και της επιτάχυνση και τα συμπεράσματα που αποκόμισαν από τη διδασκαλία και τα συγκρίνουν με τις αρχικές απόψεις τους. Στόχος είναι να συνειδητοποιήσουν τη διαδικασία απόκτησης της γνώσης.

Διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας ομάδας 2:

Φάση 1: Εμπλοκή

Η διδασκαλία ξεκινάει με μία εισαγωγική συζήτηση της έννοιας της ταχύτητας και το είδος της κίνησης που είδαμε στην προηγούμενη διδασκαλία. Προβάλλεται ένα βίντεο στους μαθητές οι οποίοι καλούνται να σχολιάσουν την διαφορά τις κίνησης που είδαμε και αυτήν που εκτελούν τα αυτοκίνητα στο βίντεο.

Φάση 2: Εξερεύνηση

Αφού οι μαθητές χωριστούν σε ομάδες των 3 ατόμων, συζητούν μεταξύ τους και καταγράφουν για το είδος της κίνησης που είδανε στο βίντεο και τη διαφορά που πιστεύουν ότι είχε από την αυτήν στις δραστηριότητες στην προηγούμενη διδασκαλία. Στη συνέχεια, κάθε ομάδα παίρνει από ένα ρομπότ Lego Mindstorm EV3 και ξεκινάει τις δραστηριότητες ακολουθώντας τις οδηγίες στο φύλλο εργασίας. Σε όλες τις δραστηριότητες οι μαθητές καλούνται να συνεργαστούν προκειμένου να συμπληρώσουν το πίνακα που έχει κάθε δραστηριότητα. Ένας μαθητής κρατάει το μέτρο, ένας τοποθετεί το ρομπότ στη σωστή θέση και ενεργοποιεί το σωστό πρόγραμμα και ένας άλλος μαθητής καταγράφει τα δεδομένα που δίνει το ρομπότ στους πίνακες. Στην πρώτη δραστηριότητα το ρομπότ θα κινηθεί 3 φορές με σταθερή επιτάχυνση αλλά θα κάνει διαφορετικές αποστάσεις. Στην δεύτερη δραστηριότητα θα κινηθεί 3 φορές με σταθερή επιτάχυνση αλλά με διαφορετικό χρόνο. Στην τρίτη δραστηριότητα θα κινηθεί 3 φορές μία σταθερή απόσταση αλλά με διαφορετική σταθερή επιτάχυνση κάθε φορά (Δραστηριότητα 1,2 και 3).

Φάση 3: Εξήγηση

Κάθε ομάδα των μαθητών ανακοινώνουν τα αποτελέσματα τους στην ολομέλεια της τάξης. Οι μαθητές διατυπώνουν με την βοήθεια του εκπαιδευτικού τη σχέση ανάμεσα στην επιτάχυνση, το χρόνο και τη ταχύτητα και ορίζουν την έννοια της επιτάχυνσης.

Φάση 4: Επέκταση

Σε κάθε ομάδα, οι μαθητές συσχετίζουν τις κινήσεις διαφόρων αντικειμένων της καθημερινότητας τους σε σχέση με την έννοια της ταχύτητας και της επιτάχυνσης (Δραστηριότητα 4).

Φάση 5: Έλεγχος

Οι μαθητές συζητούν με τον εκπαιδευτικό τις έννοιες (ταχύτητα και επιτάχυνση) και τα συμπεράσματα που αποκόμισαν από τη διδασκαλία και τα συγκρίνουν με τις αρχικές απόψεις τους. Στόχος είναι να συνειδητοποιήσουν τη διαδικασία απόκτησης της γνώσης.

Λιερευνητική μέθοδος διδασκαλίας ομάδας 3:

Φάση 1: Εμπλοκή

Η διδασκαλία ξεκινάει με μία εισαγωγική συζήτηση της έννοιας της ταχύτητας και το είδος της κίνησης που είδαμε στην προηγούμενη διδασκαλία. Προβάλλεται ένα βίντεο στους

μαθητές οι οποίοι καλούνται να σχολιάσουν την διαφορά τις κίνησης που είδαμε και αυτήν που εκτελούν τα αυτοκίνητα στο βίντεο.

Φάση 2: Εξερεύνηση

Στη συνέχεια, κάθε ομάδα ξεκινάει τις δραστηριότητες ακολουθώντας τις οδηγίες στο φύλλο εργασίας. Σε όλες τις δραστηριότητες οι μαθητές καλούνται να συνεργαστούν προκειμένου να απαντήσουν. Στη πρώτη δραστηριότητα ένας μαθητής εκτελεί το πείραμα, ένας μαθητής κρατάει το χρονόμετρο και ένας άλλος καταγράφει τα δεδομένα στους πίνακες. Στη δεύτερη και τρίτη δραστηριότητα οι μαθητές συνεργάζονται προκειμένου να αξιολογήσουν τα δεδομένα που τους δίνονται και να απαντήσουν στις ερωτήσεις. (Δραστηριότητα 1,2 και 3).

Φάση 3: Εξήγηση

Κάθε ομάδα των μαθητών ανακοινώνει τα αποτελέσματα τους στην ολομέλεια της τάξης. Οι μαθητές διατυπώνουν, με την βοήθεια του εκπαιδευτικού, τη σχέση ανάμεσα στην επιτάχυνση, χρόνο και την ταχύτητα και ορίζουν την έννοια της επιτάχυνσης.

Φάση 4: Επέκταση

Οι μαθητές ανά ομάδα συσχετίζουν τις γνώσεις που έμαθαν με τη καθημερινή ζωή. Σε κάθε ομάδα οι μαθητές συσχετίζουν τις κινήσεις διαφόρων αντικειμένων της καθημερινότητας τους σε σχέση με την έννοια της ταχύτητας και της επιτάχυνσης (Δραστηριότητα 4).

Φάση 5: Έλεγχος

Οι μαθητές συζητούν με τον εκπαιδευτικό τις έννοιες (ταχύτητα και επιτάχυνση) και τα συμπεράσματα που αποκόμισαν από τη διδασκαλία και τα συγκρίνουν με τις αρχικές απόψεις τους. Στόχος είναι να συνειδητοποιήσουν τη διαδικασία απόκτησης της γνώσης.

Γ. Αξιολόγηση

Ως αξιολόγηση της διδασκαλίας μοιράζεται στους μαθητές το Φύλλο Αξιολόγησης 2. Περιλαμβάνει 5 δραστηριότητες. Η πρώτη δραστηριότητα περιλαμβάνει αντιστοίχιση. Στη συνέχεια οι μαθητές συμπληρώνουν κενά προτάσεων. Στην επόμενη δραστηριότητα οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν ένα πρόβλημα σχετικό με την έννοια της επιτάχυνσης επιλέγοντας και αιτιολογώντας την απάντησή τους. Στην τέταρτη δραστηριότητα επιλέγουν αν οι προτάσεις που έχουν διαβάζουν οι οποίες έχουν να κάνουν με τη καθημερινότητα τους είναι σωστές ή λάθος. Στη τελευταία δραστηριότητα καλούνται να επιλύσουν μία προβληματική κατάσταση.

6.2.6. Τριβή

Σχέδιο Μαθήματος

A. Στοιχεία διδασκαλίας

Τάξη: Ε' τάξη Δημοτικού

Θεματική ενότητα: Μηχανική

Τίτλος μαθήματος: Τριβή

Διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες

Υλικοτεχνική υποδομή για Ομάδα 1:

Συνθήκες χώρου διδασκαλίας: Αίθουσα πληροφορικής ή αίθουσα διδασκαλίας με υπολογιστές η οποία προσφέρεται για ομαδοσυνεργατική διδασκαλία, με επάρκεια σε χώρο και φωτισμό.

Διαθέσιμα Μέσα: 6 υπολογιστές

Υλικοτεχνική υποδομή για Ομάδα 2:

Συνθήκες χώρου διδασκαλίας: Αίθουσα διδασκαλίας η οποία προσφέρεται για ομαδοσυνεργατική διδασκαλία, με επάρκεια σε χώρο και φωτισμό.

Διαθέσιμα Μέσα : 6 ρομπότ της σειράς Lego Mindstorm EV3, 6 κατασκευές από φελιζολ (Εικόνα 5.4), 6 μέτρα, 12 γυαλόχαρτα, βαρίδια

Υλικοτεχνική υποδομή για Ομάδα 3:

Συνθήκες χώρου διδασκαλίας: Αίθουσα διδασκαλίας η οποία προσφέρεται για ομαδοσυνεργατική διδασκαλία, με επάρκεια σε χώρο και φωτισμό.

Διαθέσιμα Μέσα : 6 κατασκευές από φελιζολ (βλέπε εικόνα 5.4), 6 γόμες, 12 γυαλόχαρτα, βαρίδια

B. Ανάπτυξη σχεδίου διδασκαλίας

B1. Στοχοθεσία και διδακτική προσέγγιση

Περιεχόμενο μαθήματος: Συγκεκριμένα θα δείξουμε στους μαθητές την ύπαρξη μίας δύναμης η οποία αντιστέκεται στη κίνηση ενός αντικειμένου και θα διακρίνουμε από τι εξαρτάται αυτή η δύναμη.

Γενικός σκοπός: Να γνωρίσουν οι μαθητές την έννοια της τριβής και από τι εξαρτάται αυτή

Επιμέρους στόχοι:

Στόχοι που αφορούν σε γνώσεις:

- Να συσχετίζουν τη ύπαρξη της τριβή με την αντίσταση στη κίνηση ενός σώματος
- Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά τη σχέση της τριβής με τις επιφάνειες επαφής και το βάρος του σώματος που κινείται

Στόχοι που αφορούν σε δεξιότητες:

- Να αναπτύξουν δεξιότητες επικοινωνίας και συνεργασίας
- Να αναγνωρίζουν σε καταστάσεις της καθημερινής τους εμπειρίας το ρόλο που παίζει η τριβή και να ταξινομούν τα αποτελέσματα της σε επιθυμητά και ανεπιθύμητα

Στόχοι που αφορούν σε στάσεις:

- Να συνεργάζονται και να ανταλλάσσουν απόψεις με τα μέλη της ομάδας τους αλλά και με το σύνολο της τάξης προκειμένου να καταλήξουν σε κοινά συμπεράσματα

Είδος διδακτικής προσέγγισης: Το συγκεκριμένο σχέδιο διδασκαλίας βασίζεται στο κonstrουκτιβιστικό μοντέλο διερευνητικής διδασκαλίας 5E (Bybee, 2002). Συγκεκριμένα, η διδασκαλία αποτελείται από 5 φάσεις:

- Εμπλοκή
- Εξερεύνηση
- Εξήγηση
- Επέκταση
- Έλεγχος (Αξιολόγηση)

B2. Διάρθρωση της πορείας της διδασκαλίας:

Διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας ομάδας 1:

Φάση 1: Εμπλοκή

Η διδασκαλία ξεκινάει με εικόνες από ανθρώπους και αυτοκίνητα τα οποία κινούνται σε διάφορα περιβάλλοντα. Ο εκπαιδευτικός εμπλέκεται σε συζήτηση με τους μαθητές σχετικά με τι είναι αυτά που βλέπουν στην εικόνα και αν ξέρουν το λόγο που γίνονται αυτά τα φαινόμενα (πχ γλιστράει ένα άνθρωπος στον πάγο).

Φάση 2: Εξερεύνηση

Αφού οι μαθητές χωριστούν σε ομάδες των 3 ατόμων, συζητούν μεταξύ τους και καταγράφουν τις απόψεις τους αναφορικά με τις εικόνες. Στη συνέχεια, κάθε ομάδα κάθεται σε ένα υπολογιστή και ξεκινάει τις δραστηριότητες ακολουθώντας τις οδηγίες στο φύλλο εργασίας. Σε όλες τις δραστηριότητες οι μαθητές καλούνται να συνεργαστούν προκειμένου να συμπληρώσουν το πίνακα που έχει κάθε δραστηριότητα. Ένας μαθητής χειρίζεται το πρόγραμμα, ένας μαθητής παρακολουθεί προσεκτικά τα δεδομένα μέσα στο πρόγραμμα και ένας καταγράφει τα δεδομένα στους πίνακες. Στη πρώτη δραστηριότητα το αυτοκίνητο θα κινηθεί 3 φορές για συγκεκριμένο χρόνο σε διαφορετικά επίπεδα. Στο δάπεδο και σε δύο γυαλόχαρτα. Στη δεύτερη δραστηριότητα θα κινηθεί πάλι 3 φορές για συγκεκριμένο χρόνο σε διαφορετικά επίπεδα με το διπλάσιο βάρος. Στην τρίτη δραστηριότητα θα κινηθεί πάλι 3 φορές για συγκεκριμένο χρόνο σε διαφορετικά επίπεδα με το τριπλάσιο βάρος. Στη τέταρτη δραστηριότητα θα κινηθεί σε ένα περιβάλλον έχοντας να μεταφέρει ένα ορθογώνιο αντικείμενο που σε κάθε διαδρομή διαφορετική πλευρά του έρχεται σε επαφή με το δρόμο. (Δραστηριότητα 1,2,3 και 4).

Φάση 3: Εξήγηση

Κάθε ομάδα των μαθητών ανακοινώνουν τα αποτελέσματα τους στην ολομέλεια της τάξης. Οι μαθητές διατυπώνουν με την βοήθεια του εκπαιδευτικού τη σχέση ανάμεσα στην δύναμη που παρεμβαίνει στην κίνηση, στο βάρος και στις επιφάνειες. Ο εκπαιδευτικός εξηγεί στους μαθητές ότι αυτήν την δύναμη την ονομάζουμε τριβή.

Φάση 4: Επέκταση

Σε κάθε ομάδα οι μαθητές συσχετίζουν τις εμπειρίες τους με περιπτώσεις που η τριβή είναι επιθυμητή και περιπτώσεις που είναι ανεπιθύμητη (Δραστηριότητα 5).

Φάση 5: Έλεγχος

Οι μαθητές συζητούν με τον εκπαιδευτικό την έννοια της τριβής και τα συμπεράσματα που αποκόμισαν από τη διδασκαλία και τα συγκρίνουν με τις αρχικές απόψεις τους. Στόχος είναι να συνειδητοποιήσουν τη διαδικασία απόκτησης της γνώσης.

Διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας ομάδας 2:

Φάση 1: Εμπλοκή

Η διδασκαλία ξεκινάει με εικόνες από ανθρώπους και αυτοκίνητα τα οποία κινούνται σε διάφορα περιβάλλοντα. Ο εκπαιδευτικός εμπλέκεται σε συζήτηση με τους μαθητές σχετικά με τι είναι αυτά που βλέπουν στην εικόνα και αν ξέρουν το λόγο που γίνονται αυτά τα φαινόμενα (πχ γλιστράει ένα άνθρωπος στο πάγο).

Φάση 2: Εξερεύνηση

Αφού οι μαθητές χωριστούν σε ομάδες των 3 ατόμων, συζητούν μεταξύ τους και καταγράφουν τις απόψεις τους αναφορικά με τις εικόνες στο φύλλο εργασίας. Στη συνέχεια, κάθε ομάδα παίρνει από ένα ρομπότ Lego Mindstorm EV3 το οποίο είναι δεμένο με ένα κουτάκι και ξεκινάει τις δραστηριότητες ακολουθώντας τις οδηγίες στο φύλλο εργασίας. Σε όλες τις δραστηριότητες οι μαθητές καλούνται να συνεργαστούν προκειμένου να συμπληρώσουν το πίνακα που έχει κάθε δραστηριότητα. Ένας μαθητής κρατάει το μέτρο και αλλάζει τα γυαλόχαρτα, ένας τοποθετεί το ρομπότ με το κουτάκι στη σωστή θέση και ενεργοποιεί το σωστό πρόγραμμα και ένας άλλος μαθητής καταγράφει τα δεδομένα που δίνει το ρομπότ στους πίνακες. Στη πρώτη δραστηριότητα το ρομπότ θα κινηθεί 3 φορές για συγκεκριμένο χρόνο σε διαφορετικά επίπεδα. Στο δάπεδο και σε δύο γυαλόχαρτα. Στη δεύτερη δραστηριότητα θα κινηθεί πάλι 3 φορές για συγκεκριμένο χρόνο σε διαφορετικά επίπεδα με το διπλάσιο βάρος. Στην τρίτη δραστηριότητα θα κινηθεί πάλι 3 φορές για συγκεκριμένο χρόνο σε διαφορετικά επίπεδα με το τριπλάσιο βάρος. Στη τέταρτη δραστηριότητα θα κινηθεί με το ίδιο βάρος με τη δραστηριότητα έχοντας όμως μία άλλη πλευρά να έρχεται σε επαφή με το δάπεδο/ γυαλόχαρτο (Δραστηριότητα 1,2,3 και 4).

Φάση 3: Εξήγηση

Κάθε ομάδα των μαθητών ανακοινώνουν τα αποτελέσματα τους στην ολομέλεια της τάξης. Οι μαθητές διατυπώνουν με την βοήθεια του εκπαιδευτικού τη σχέση ανάμεσα στην δύναμη που παρεμβαίνει στην κίνηση, στο βάρος και στις επιφάνειες. Ο εκπαιδευτικός εξηγεί στους μαθητές ότι αυτή τη δύναμη την ονομάζουμε τριβή.

Φάση 4: Επέκταση

Σε κάθε ομάδα οι μαθητές συσχετίζουν τις εμπειρίες τους με περιπτώσεις που η τριβή είναι επιθυμητή και περιπτώσεις που είναι ανεπιθύμητη (Δραστηριότητα 5).

Φάση 5: Έλεγχος

Οι μαθητές συζητούν με τον εκπαιδευτικό την έννοια της τριβής και τα συμπεράσματα που αποκόμισαν από τη διδασκαλία και τα συγκρίνουν με τις αρχικές απόψεις τους. Στόχος είναι να συνειδητοποιήσουν τη διαδικασία απόκτησης της γνώσης.

Διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας ομάδας 3:

Φάση 1: Εμπλοκή

Η διδασκαλία ξεκινάει με εικόνες από ανθρώπους και αυτοκίνητα τα οποία κινούνται σε διάφορα περιβάλλοντα. Επίσης, οι μαθητές σχολιάζουν εικόνες σχετικά με την τριβή στο σχολικό βιβλίο. Ο εκπαιδευτικός εμπλέκεται σε συζήτηση με τους μαθητές σχετικά με τι είναι αυτά που βλέπουν στην εικόνα και αν ξέρουν το λόγο που γίνονται αυτά (πχ ένας άνθρωπος που γλιστράει).

Φάση 2: Εξερεύνηση

Αφού οι μαθητές χωριστούν σε ομάδες των 3 ατόμων, συζητούν μεταξύ τους και καταγράφουν τις απόψεις τους αναφορικά με τις εικόνες .Στη συνέχεια, κάθε ομάδα παίρνει τα υλικά που θα χρειαστεί και ξεκινάει τις δραστηριότητες ακολουθώντας τις οδηγίες στο φύλλο εργασίας. Σε όλες τις δραστηριότητες οι μαθητές καλούνται να συνεργαστούν προκειμένου να συμπληρώσουν το πίνακα που έχει κάθε δραστηριότητα. Ένας μαθητής κρατάει τα υλικά τα των δραστηριοτήτων και τα τοποθετεί ανάλογα την δραστηριότητα, ένας μαθητής εκτελεί τη δραστηριότητα και ένας άλλος μαθητής καταγράφει τα δεδομένα σε κάθε πίνακα αναλόγως. Στη πρώτη δραστηριότητα, οι μαθητές προσπαθούν να κινήσουν μία γόμα σε διαφορετικά επίπεδα. Στο δάπεδο και σε δύο γυαλόχαρτα. Στη δεύτερη δραστηριότητα θα κινήσουν ένα κουτί με πέτρες μέσα στα διαφορετικά επίπεδα. Στην τρίτη δραστηριότητα θα τριπλασιάσουν το βάρος του κουτιού (Δραστηριότητα 1,2 και 3).

Φάση 3: Εξήγηση

Κάθε ομάδα ανακοινώνει τα αποτελέσματα τους στην ολομέλεια της τάξης. Οι μαθητές διατυπώνουν με την βοήθεια του εκπαιδευτικού τη σχέση ανάμεσα στην δύναμη που παρεμβαίνει στην κίνηση, στο βάρος και στις επιφάνειες Ο εκπαιδευτικός εξηγεί στους μαθητές ότι αυτή τη δύναμη την ονομάζουμε τριβή.

Φάση 4: Επέκταση

Σε κάθε ομάδα οι μαθητές συσχετίζουν τις εμπειρίες τους με περιπτώσεις που η τριβή είναι επιθυμητή και περιπτώσεις που είναι ανεπιθύμητη (Δραστηριότητα 4).

Φάση 5: Έλεγχος

Οι μαθητές συζητούν με τον εκπαιδευτικό την έννοια της τριβής και τα συμπεράσματα που αποκόμισαν από τη διδασκαλία και τα συγκρίνουν με τις αρχικές απόψεις τους. Στόχος είναι να συνειδητοποιήσουν τη διαδικασία απόκτησης της γνώσης.

Γ. Αξιολόγηση

Ως αξιολόγηση της διδασκαλίας, μοιράζεται στους μαθητές το Φύλλο Αξιολόγησης 3. Περιλαμβάνει 5 δραστηριότητες. Στη πρώτη επιλέγουν τη σωστή λέξη σε ένα κείμενο που περιγραφεί τη τριβή και από τι εξαρτάται. Στη συνέχεια, αντιστοιχούν αντικείμενα με το αποτέλεσμα που θα έχουν. Στη επόμενη δραστηριότητα επιλέγουν αν οι προτάσεις που σχετίζονται με τη καθημερινότητα τους είναι σωστές ή λάθος. Στην τέταρτη δραστηριότητα έχουν ένα προβληματική κατάσταση στην οποία καλούνται να κάνουν μία επιλογή και να την αιτιολογήσουν. Στην τελευταία δραστηριότητα έχουν κάποια αντικείμενα της καθημερινότητας τους και καλούνται να τα αιτιολογήσουν τη χρήση τους σε σχέση με την έννοια της τριβής.

6.3 Ερευνητικά εργαλεία

Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν ερωτηματολόγια και φύλλα αξιολόγησης. Τα ερωτηματολόγια αφορούσαν τις εντυπώσεις και απόψεις των ομάδων 1 και 2 σχετικά με τη χρήση ΕΠ και εκπαιδευτικής ρομποτικής. Τα ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν βρίσκονται στο παράρτημα 1.

Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν pre-test, φύλλα αξιολόγησης σε κάθε διδασκαλία και post-test. Τα pre-test χρησιμοποιήθηκαν και στις 3 ομάδες προκειμένου να εξακριβωθεί το αν βρίσκονταν και οι τρεις ομάδες σε κοινό επίπεδο πριν την έναρξη των διδασκαλιών. Το θέμα του pre-test μπορούσε να αφορά οτιδήποτε εκτός από τις ενότητες που θα διδασκόντουσαν. Επιλέχθηκε ως θέμα η ενότητα της ενέργειας καθώς και μαθηματικά προβλήματα από την Δ' τάξη σχετικά με την ενότητα της ενέργειας. Το pre-test αποτελούνταν από 5 δραστηριότητες. Στη πρώτη δραστηριότητα οι μαθητές συμπλήρωναν κενά χρησιμοποιώντας λέξεις που τους δίνονταν σχετικές με τις μορφές ενέργειας. Στην συνέχεια με βάση εικόνες εξηγούσαν το είδος ενέργειας που είχαμε αρχικά το είδος που είχαμε τελικά (μετατροπή ενέργειας). Στη επόμενη δραστηριότητα λύνανε ένα απλό μαθηματικό πρόβλημα της Δ' δημοτικού. Στην τέταρτη δραστηριότητα κυκλώνανε το σωστό σχετικά με τις μορφές ενέργειας και στην

τελευταία δραστηριότητα είχανε άλλον ένα πρόβλημα τις Δ' δημοτικού σχετικό με τις μορφές ενέργειας. Τα pre-test δόθηκαν σε όλες τις ομάδες μία εβδομάδα πριν ξεκινήσουν οι διδασκαλίες. Το συνολικό σκορ του pre-test ήταν 10.

Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 3 φύλλα αξιολόγησης σε κάθε ομάδα. Μετά το τέλος κάθε διδασκαλίας δίνονταν το φύλλο αξιολόγησης, που αντιστοιχούσε στην εκάστοτε διδασκαλία. Τα φύλλα αξιολόγησης περιγράφηκαν παραπάνω και το συνολικό σκορ κάθε φύλλου αξιολόγησης ήταν 10.

Επιπλέον, μετά το τέλος των διδασκαλιών και αφού είχαν περάσει 15 μέρες από την τελευταία διδασκαλία δοθήκαν σε όλες τις ομάδες ένα post-test προκειμένου να εξακριβωθεί τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της διδασκαλίας. Το post-test περιελάμβανε 6 δραστηριότητες. Στη πρώτη δραστηριότητα οι μαθητές καλούνταν να συμπληρώσουν τα κενά των προτάσεων χρησιμοποιώντας τη λέξη «ταχύτητα» ή «επιτάχυνση». Στη συνέχεια, οι μαθητές καλούνταν να συμπληρώσουν τα κενά προτάσεων που αφορούσαν την τριβή και από τι επηρεάζεται. Στην επόμενη δραστηριότητα οι μαθητές έπρεπε σε μία προβληματική κατάσταση που σχετιζόταν με τη ταχύτητα. Στην τέταρτη δραστηριότητα οι μαθητές είχαν ένα πρόβλημα σχετικό με την επιτάχυνση και στην αμέσως μετά δραστηριότητα είχαν μία προβληματική κατάσταση σχετικά με τη τριβή που οι μαθητές καλούνταν να επιλέξουν και να αιτιολογήσουν την απάντησή τους. Στην τελευταία δραστηριότητα οι μαθητές καλούνται να αναφέρουν δύο παραδείγματα που η τριβή είναι επιθυμητή και δύο που είναι ανεπιθύμητη. Το συνολικό σκορ του post-test ήταν 10.

Ακόμα, όπως αναφέραμε, στην ομάδα 1 και 2 δόθηκαν ερωτηματολόγια σχετικά με τις απόψεις και εντυπώσεις τους σχετικά με την χρήση ΕΠ και εκπαιδευτικής ρομποτικής αντίστοιχα. Οι ερωτήσεις στο ερωτηματολόγιο και των δύο ομάδων ήταν 52 και εξέταζαν στοιχεία σχετικά με το περιεχόμενο, γραφικά, τρόπο και ευκολία χρήσης κλπ του κάθε μέσου. Σε όλες τις ερωτήσεις χρησιμοποιήθηκε η 5βάθμη κλίμακα Likert.

6.4 Πραγματοποίηση των διδασκαλιών

Όλες οι διδασκαλίες πραγματοποιήθηκαν σε 3 δημοτικά σχολεία του Ηράκλειου Κρήτης. Σε δύο σχολεία επιλέχθηκε ένα από τα 2 τμήματα της Ε' τάξης ενώ στο τρίτο σχολείο τα δύο τμήματα ενώθηκαν και δημιουργήθηκε το τμήμα των 26 ατόμων. Τα τμήματα των δύο άλλων σχολείων είχαν τουλάχιστον ένα τμήμα αρκετά μεγάλο (17- 18 άτομα) σε σχέση με το τρίτο σχολείο που είχε δύο μικρές τάξεις (13 άτομα).

Οι διδασκαλίες πραγματοποιήθηκαν από το Ιανουάριο έως το Μάρτιο του 2019. Αρχικά, υπήρξε συνάντηση σε κάθε σχολείο με τους διευθυντές των σχολείων και τους εκπαιδευτικούς προκειμένου να ενημερωθούν και να επιτρέψουν την πραγματοποίηση των διδασκαλιών. Μετά, ορίστηκαν οι ημερομηνίες πραγματοποίησης των διδασκαλιών και

ζητήθηκε άδεια για την πραγματοποίηση της έρευνας από το πανεπιστήμιο σε πρώτο βαθμό και από το υπουργείο σε δεύτερο βαθμό. Πραγματοποιήθηκε αλλαγή των προγραμμάτων στις τάξεις και ιδιαίτερα στο σχολείο με το κοινό τμήμα καθώς έπρεπε να είναι διαθέσιμες και οι δύο τάξεις στο ίδιο διδακτικό δάωρο.

Πρώτου ξεκινήσουν οι διδασκαλίες, πραγματοποιήθηκαν συναντήσεις προκειμένου να ενημερωθούν οι μαθητές για τις διδασκαλίες και τις τυχόν αλλαγές στα προγράμματα του σχολείου. Επίσης, στις ομάδες 1 και 2 χρησιμοποιήθηκε μία διδακτική ώρα προκειμένου να εξοικειωθούν με το περιβάλλον ΕΠ και τα Lego Mindstorm EV3. Στην ομάδα 1 έγινε παρουσίαση της εφαρμογής μέσω προτζέκτορα. Στη ομάδα 2 δόθηκαν τα Lego Mindstorm προκειμένου να κατανοήσουν σε ένα βαθμό με τον τρόπο λειτουργίας τους.

Στην συνέχεια, δόθηκαν σε όλες οι τάξεις τα pre-test, προκειμένου να εξακριβωθεί αν οι ομάδες βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο. Η πραγματοποίηση των διδασκαλιών που ακολούθησε μετά τα pre-test ήταν ομαλή και δεν αντιμετωπίστηκε κάποιο πρόβλημα όπως αναβολή ή καθυστέρηση. Μετά την ολοκλήρωση της εκάστοτε διδακτικής ενότητας η κάθε ομάδα πραγματοποιούσε και το αντίστοιχο φύλλο αξιολόγησης. Τα post-test, τα οποία εξέταζαν τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της κάθε μεθόδου διδασκαλίας, δόθηκαν για συμπλήρωση 15 μέρες μετά την ολοκλήρωση της τελευταία διδασκαλίας.

6.5 Συλλογή και επεξεργασία των αποτελεσμάτων

Αφού ολοκληρώθηκαν όλες οι διαδικασίες, δηλαδή τα pre-test, οι διδασκαλίες, τα φύλλα αξιολόγησης και τα post-test ακολούθησε η βαθμολόγηση τους με βάση τις σωστές απαντήσεις. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, κωδικοποιήθηκαν και πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση. Παρακάτω θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης.

7. Στατιστική Ανάλυση

7.1 Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA)

Σε μία έρευνα τα δειγματικά δεδομένα που συλλέγονται από ένα πληθυσμό χωρίζονται στα παρατηρησιακά δεδομένα (observational data) και στα πειραματικά δεδομένα (designed sampling data). Στη παρατηρησιακή δειγματοληψία, ο ρόλος του ερευνητή είναι πιο παθητικός, καθώς ο ερευνητής καταγράφει τις εμφανιζόμενες τιμές. Στα πειραματική δειγματοληψία (designed sampling), ο ερευνητής προσπαθεί να προσδιορίσει τη ταυτότητα και τον τρόπο που οι άλλες μετρώμενες ανεξάρτητες ή όχι μεταβλητές επιδρούν στην μεταβλητή την οποία ο ερευνητής μελετάει, δηλαδή στην εξαρτημένη μεταβλητή.

Η ανάλυση διακύμανσης (Analysis of Variance- ANOVA) είναι μία ομάδα στατιστικών μεθόδων που αφορούν την ανάλυση δεδομένων και χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί η διαφορά μέσω όρων περισσότερων των 2 ομάδων. Η ανάλυση των δεδομένων με τη χρήση της ANOVA είναι σύντομη και αρκετά ακριβής. Δεν περιορίζεται από το πληθυσμό των μέσων όρων αλλά ούτε από τον αριθμό των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Στην ανάλυση διακύμανσης ANOVA, ο αριθμός των παραγόντων της ανεξάρτητης συνεχής μεταβλητής, που έχουν πάνω από 2 ομάδες, καθορίζει το είδος της μεθοδολογίας που θα έχουμε στην ANOVA. Αν έχουμε 1 ανεξάρτητο παράγοντα έχουμε ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (One-way ANOVA) ή αν έχουμε 2 παράγοντες τότε ονομάζεται ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (Two-way ANOVA). Ομοίως για 3, 4 ή n παράγοντες έχουμε 3-way, 4-way και n-way ANOVA. Στην έρευνα μας έγινε χρήση διακύμανσης ενός παράγοντα.

Η ANOVA αναλύει τη συνολική διασπορά όλων των τιμών μία μέτρησης σε σχέση με το συνολικό μέσο όρο όλων των τιμών. Η συνολική διασπορά που παρατηρείται σε μία μέτρηση προέρχεται από δύο πηγές:

- Διαφορά μεταξύ των δειγμάτων (between groups variance). Τη διαφορά του μέσου όρου κάθε δείγματος από το συνολικό μέσο όρο των δειγμάτων
- Διαφορά εντός των δειγμάτων (within groups variance). Τη διαφορά του κάθε υποκείμενου ενός δείγματος από το μέσο όρο του συγκεκριμένου δείγματος

Το κριτήριο ελέγχου στην ANOVA είναι ο λόγος της διαφορά μεταξύ των δειγμάτων με τη διαφορά εντός των δειγμάτων. Άρα όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά μεταξύ των δειγμάτων τόσο πιθανότερο είναι να εμφανιστούν σημαντικές διαφορές.

Προκειμένου να μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την ANOVA πρέπει να πληρούνται οι παραπάνω προϋποθέσεις:

- Κάθε δείγμα θα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό και ανεξάρτητο (τυχαία δείγματα), ενώ οι τιμές που τα απαρτίζουν να προέρχονται από ανεξάρτητες παρατηρήσεις.
- Να μην υπάρχουν ακραίες τιμές στα δεδομένα που συλλέγονται. Ο έλεγχος πραγματοποιείται κυρίως με τη βοήθεια θηκογραμμάτων.
- Η κατανομή των τιμών του δείγματος να είναι κανονική παρότι και αποκλίσεις από την κανονική κατανομή συνήθως δεν επηρεάζουν το αποτέλεσμα του ελέγχου.
- Οι πληθυσμοί από τους οποίους επελέγησαν τα δείγματα να έχουν κανονική κατανομή. Επομένως οι ομάδες να είναι ομοιογενείς.

Η εκ των υστέρων ανάλυση (post hoc ανάλυση) επιτρέπει της πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων όρων ανά ζεύγη προκειμένου να εντοπιστούν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τα post hoc test διαχωρίζονται ανάλογα με τη ύπαρξη ή μη ομοιογένειας της διασποράς των συγκρινόμενων δειγμάτων. Μερικά από τα σημαντικότερα κριτήρια είναι:

- Το LSD (Least Square Differences). Αντιστοιχεί σε πολλαπλούς ελέγχους t. Το συγκεκριμένο τεστ όμως έχει πιθανότητα εξαγωγής λάθους συμπεράσματος ειδικά αν υπάρχει μεγάλος αριθμός ελέγχων.
- Ο έλεγχος Bonferroni. Ο συγκεκριμένος έλεγχος προσαρμόζει το επίπεδο της στατιστικής σημαντικότητας με βάση τον αριθμό των ζευγών που συγκρίνονται, μειώνοντας την πιθανότητα λάθους συμπεράσματος.
- Το Scheffe: Είναι ένα συντηρητικό τεστ το οποίο χρησιμοποιείται συχνά, καθώς ελέγχει όλα τα πιθανά ζεύγη μέσων όρων μαζί με τους πιθανούς συνδυασμούς τους.
- Το Tukey HSD (Honesty Significant Difference). Ένα επίσης συντηρητικό τεστ το οποίο ελέγχει του συνόλου των συγκρίσεων μεταξύ των τιμών της ανεξάρτητης μεταβλητής.
- Ο έλεγχος Mann- Whitney. Ένα αρκετά συνηθισμένο post στη περίπτωση που δεν έχουμε παραμετρικό τεστ. Η κανονική κατανομή δεν είναι απαραίτητη σε αυτό το τεστ.

7.2 Ανάλυση δεδομένων έρευνας

Οι χρησιμοποιούμενες ερωτήσεις-δηλώσεις του ερωτηματολογίου ήταν σε μορφή Likert με τιμές από 1 έως 5, όπου το 1 αντιστοιχεί στο «Πολύ λίγο» και το 5 στο «Πάρα πολύ». Οι ερωτήσεις-δηλώσεις καθώς και οι παραγόμενες κλίμακες εκφράστηκαν ως συνεχείς μεταβλητές με τη μορφή μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης. Η βαθμολογία των τεστ πριν

την παρέμβαση (pre-test), των φύλλων αξιολόγησης και των τεστ μετά τη παρέμβαση (post-test) είχαν τιμές από 1-10. Ως μέσο έκφρασης της θέσης και της διασποράς χρησιμοποιήθηκαν η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση αντίστοιχα.

Ο έλεγχος Kolmogorov – Smirnov με διόρθωση κατά Lilliefors χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο της κανονικότητας των βαθμολογιών των παραγόμενων κλιμάκων. Ανάλογα με τα αποτελέσματα του ελέγχου κανονικότητας χρησιμοποιήθηκε έλεγχος t-test ανεξαρτήτων δειγμάτων ή όταν μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney οι συγκρίσεις αφορούσαν δύο ομάδες (π.χ. ομάδας ΕΠ, ΕΡ). Η ανάλυση διακύμανσης κατά ένα παράγοντα (one-way ANOVA) χρησιμοποιήθηκε για την εύρεση διαφορών μέσω των τιμών μεταξύ 3+ ομάδων, ακολουθούμενη από τον έλεγχο LSD (Least Square Differences) για την κατά ζεύγη σύγκριση τους. Επίσης χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος Pearson's χ^2 για την σύγκριση διακριτών δεδομένων, ενώ οι συντελεστές Pearson's και Spearman's rho, ανάλογα με την κανονικότητα των δεδομένων, για την συσχέτιση συνεχών και ποσοτικών μεταβλητών.

Χρησιμοποιήθηκαν θηκογράμματα (Box and Whisker plots) για την γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων. Η καταχώριση των δεδομένων έγινε σε υπολογιστικό φύλο EXCEL 365, ενώ η στατιστική ανάλυση στο στατιστικό πρόγραμμα IBM SPSS Statistics 24.0. Ως όριο αποδοχής των ελέγχων τέθηκε το $\alpha=0,05$.

7.3. Ανάλυση των Αποτελεσμάτων

Στην έρευνα συμμετείχαν 3 ομάδες παιδιών της Ε' τάξης Δημοτικού. Η ομάδα 1 (ΕΠ) χρησιμοποίησε πρόγραμμα εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality-VR) για την εκμάθηση της Φυσικής, η ομάδα 2 (ΕΡ) έκανε χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής (Educational Robotics) και η ομάδα 3 (ΣΔ) χρησιμοποίησε συμβατικά μέσα διδασκαλίας.

Η κατανομή κατά φύλο δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις ομάδες των συμμετεχόντων ($\chi^2=3,47$, $df=2$, $p=0,176$). Το ποσοστό των αγοριών ανά ομάδα ΕΠ, ΕΡ και ΣΔ ήταν 31,6%, 21,1% και 47,7% αντίστοιχα. Το σύνολο των συμμετεχόντων ανά ομάδα ήταν 17 (27,9%), 18 (29,5%) και 26 (42,6%) για τις ΕΠ, ΕΡ και ΣΔ αντίστοιχα.

Πίνακας 7.1. Κατανομή κατά φύλο των παιδιών που συμμετείχαν στην έρευνα

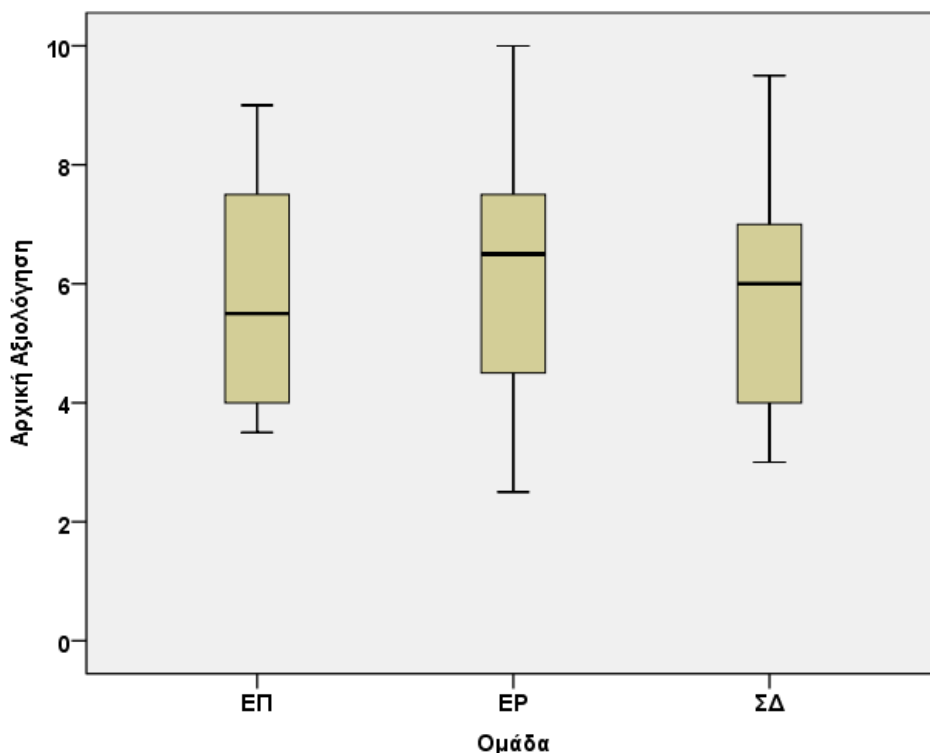
Ομάδα	Φύλο			P
	Αγόρι	Κορίτσι	Σύνολο	
	n (%) *	n (%)	n (%) **	
ΕΠ (Εικονική Πραγματικότητα)	12 (31,6)	5 (21,7)	17 (27,9)	$\chi^2=3,472$
ΕΡ (Εκπαιδευτική Ρομποτική)	8 (21,1)	10 (43,5)	18 (29,5)	df=2
ΣΔ (Συμβατική Διδασκαλία)	18 (47,4)	8 (34,8)	26 (42,6)	p=0,176

* Ως προς το φύλο των παιδιών

** Ως προς το σύνολο των παιδιών

Στο παράρτημα Α2 παρουσιάζονται οι έλεγχοι κανονικότητας για τις μελετώμενες μεταβλητές αξιολόγησης ανά ομάδα μελέτης ΕΠ, ΕΡ και ΣΔ αλλά και για το σύνολο των μετρήσεων (Πίνακας Α2.1). Από τα στοιχεία που παρουσιάζονται, στις περισσότερες ομάδες οι μεταβλητές pre-test, post-test και φύλλα αξιολόγησης ακολουθούν την κανονική κατανομή.

Πριν τη έναρξη των διαδικασιών εκμάθησης χρησιμοποιήθηκε ένα test για την εκτίμηση του επιπέδου των γνώσεων των παιδιών. Από τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 1 δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων βαθμολογιών ανάμεσα στις τρεις ομάδες (ANOVA $F=0,483$, $df=2$, 58, $p=0,619$). Οι μέσες τιμές για τις τρεις ομάδες ΕΠ, ΕΡ και ΣΔ ήταν $5,8 \pm 2,1$, $6,4 \pm 2,3$ και $5,8 \pm 1,9$ αντίστοιχα.



Διάγραμμα 7.1. Θηκόγραμμα αρχικής αξιολόγησης στις ομάδες ΕΠ, ΕΡ και ΣΔ.

Οι τιμές των φύλλων αξιολόγησης αλλά και της τελικής εξέτασης παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.2. Στην αξιολόγηση 1 που αφορούσε τη ταχύτητα, η ομάδα 1 ($F=2,99$, $df=2$, $p=0,058$) με μέση τιμή $5,9\pm 1,8$ παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με την ομάδα 3 η οποία είχε $4,5\pm 2,6$ μέση τιμή, αλλά δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα 2 η οποία είχε μέση τιμή $5,7\pm 1,5$. Επίσης, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσιάστηκαν στο φύλλο αξιολόγησης 3 που αφορούσε την τριβή ($F=7,98$, $df=2$, $p=0,001$) με την ομάδα της ΕΠ να έχει την μεγαλύτερη μέση τιμή $6,7\pm 1,6$ σε σχέση με την ΕΡ $4,9\pm 1,1$ και την ΣΔ $4,8\pm 2,0$. Τέλος, παρατηρήθηκε στην αξιολόγηση του post test ($F=7,64$, $df=2$, $p=0,001$) ότι η ομάδα 1 με μέση τιμή $5,2\pm 2,0$ και η ομάδα 2 με $4,7\pm 1,4$ είχαν μεγαλύτερη μέση τιμή σε σχέση με την ομάδα 3 η οποία είχε μέση τιμή $3,1\pm 2,0$.

Ως προς το ερώτημα διαφοροποίησης των ομάδων με βάση τα αποτελέσματα τους χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος LSD για την εκ των υστέρων (post-hoc) σύγκριση (Πίνακας 3). Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο ζεύγος ομάδων ΕΠ με ΕΡ ($p=0,002$) και ΕΠ με ΣΔ ($p<0,001$) για το φύλλο αξιολόγησης που σχετίζεται με την τριβή. Στην τελική αξιολόγηση οι στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν στα ζεύγη της ΣΔ με την ομάδα ΕΠ ($p=0,001$) και με την ομάδα ΕΡ ($p=0,009$). Επίσης, να σημειωθεί ότι παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων ΣΔ και ΕΠ με τιμή $p=0,030$.

Πίνακας 7.2. Διαφορές στα φύλλα αξιολόγησης ανά ομάδα

	Ομάδα						ANOVA
	ΕΠ (n=17)		ΕΡ (n=18)		ΣΔ (n=26)		
	ΜΟ ¹	ΤΑ ²	ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ	
Φύλλο αξιολόγησης 1 (ταχύτητα)	5,9	1,8	5,7	1,5	4,5	2,6	F=2,99, df=2, p=0,058
Φύλλο αξιολόγησης 2 (επιτάχυνση)	4,8	1,7	4,9	1,7	4,4	2,2	F=0,46, df=2, p=0,634
Φύλλο αξιολόγησης 3 (τριβή)	6,7	1,6	4,9	1,1	4,8	2,0	F=7,98, df=2 p=0,001
Τελική αξιολόγηση	5,2	2,0	4,7	1,4	3,1	2,0	F=7,64, df=2 p=0,001

¹ ΜΟ: Μέσος όρος ² ΤΑ: Τυπική απόκλιση

Πίνακας 7.3. Αποτελέσματα post-hoc ελέγχων για τα φύλλα αξιολόγησης των ομάδων ΕΠ, ΕΡ, ΣΔ

		LSD (p)p		
		Ομάδα		
		ΕΠ	ΕΡ	ΣΔ
Φύλλο αξιολόγησης 1 (ταχύτητα)	ΕΠ		0,702	0,030
	ΕΡ	0,702		0,072
	ΣΔ	0,030	0,072	
Φύλλο αξιολόγησης 2 (επιτάχυνση)	ΕΠ		0,954	0,449
	ΕΡ	0,954		0,405
	ΣΔ	0,449	0,405	
Φύλλο αξιολόγησης 3 (τριβή)	ΕΠ		0,002	<0,001
	ΕΡ	0,002		0,815
	ΣΔ	<0,001	0,815	
Τελική αξιολόγηση	ΕΠ		0,364	0,001
	ΕΡ	0,364		0,009
	ΣΔ	0,001	0,009	

Συνοψίζοντας:

- Στο pre-test δεν υπήρχε κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων. Συνεπώς, οι ομάδες είχαν το ίδιο αρχικό επίπεδο γνώσεων και τυχόν στατιστικά σημαντικές διαφορές που θα παρουσιαστούν στην συνέχεια από τα φύλλα αξιολόγησης οφείλεται στη διαφορετική μέθοδο διδασκαλίας και εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν μεταξύ των ομάδων.
- Στο φύλλο αξιολόγησης 1 (το οποίο αφορά τη διδασκαλία της ταχύτητας), η μόνη στατιστικά σημαντική διαφορά που εμφανίζεται ήταν μεταξύ της ομάδας 1 (ΕΠ) και της ομάδας 3, με την ομάδα 1 να έχει καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα.
- Στο φύλλο αξιολόγησης 2 (το οποίο αφορά τη διδασκαλία της επιτάχυνσης), δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων. Συνεπώς, οι διαφορετικές μέθοδοι διδασκαλίας και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε ομάδα δεν είχε κάποια επίδραση στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών.
- Στο φύλλο αξιολόγησης 3 (το οποίο αφορά τη διδασκαλία της τριβής), παρατηρήθηκε ότι η ομάδα 1 ξεπέρασε τις άλλες δύο ομάδες μαθητών όσον αφορά στα γνωστικά αποτελέσματα των μαθητών.
- Στο post-test, παρατηρήθηκε ότι τόσο η ομάδα 1 όσο και η ομάδα 2 ξεπέρασαν την ομάδα 3 έχοντας καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα.
- Σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις που εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές το μέγεθος της διαφοράς μεταξύ των ομάδων 1 και 3 ήταν μεγάλο, της ομάδας 1 και 2 μεταξύ τους μέτριο και της ομάδας 2 και 3 μεταξύ τους ήταν επίσης μέτριο. Εξαιρεση αποτελεί η διαφορά μεταξύ της ομάδας 2 και 3 στο post-test, όπου ήταν μεγάλη, καθώς και το φύλλο αξιολόγησης 2, που οι ομάδες είχαν μικρή διαφορά μεταξύ τους.

7.4. Αποτελέσματα ερωτηματολογίου για τις απόψεις και εντυπώσεις των μαθητών σχετικά με την εφαρμογή

Οι απόψεις των μαθητών όσον αφορά τις δύο εφαρμογές (ΕΠ: Εικονική Πραγματικότητα και ΕΡ: Εκπαιδευτική Ρομποτική) παρουσιάζεται σε αυτή την ενότητα. Χρησιμοποιήθηκαν 51 ερωτήσεις που ανά 3 ή 4 συνδυάζονται ώστε να αποδώσουν 16 ευρύτερες κλίμακες που σχετίζονται με τη χρήση ή αξιολόγηση του προγράμματος, την ικανοποίηση ή την μάθηση των συμμετεχόντων. Η κωδικοποίηση των αποτελεσμάτων έγινε ως εξής: 5 = Πάρα Πολύ, 4 = Πολύ, 3 = Αρκετά, 2 = Λίγο, 1 = Πολύ λίγο. Στον Πίνακα Α2.2 του Παραρτήματος Α.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τα κανονικότητας ή όχι της κατανομής των 16 κλιμάκων. Δεν παρατηρήθηκαν ιδιαίτερες αποκλίσεις από την κανονικότητα για το σύνολο των τιμών με εξαίρεση την εμπύθιση ($p=0,013$), τη βελτίωση προσλαμβάνουσας γνώσης ($p=0.026$), τον

ρεαλισμό ($p=0,001$) και το κίνητρο ($p=0,015$). Όταν τα δεδομένα χωρισθούν στις ομάδες μελέτης (ΕΠ και ΕΡ) τότε οι κλίμακες που δεν ακολουθούν κανονική κατανομή είναι για την ομάδα ΕΡ οι: σαφήνεια στόχου εφαρμογής ($p=0,019$), ευκολία χρήσης ($p=0,018$) και κίνητρο ($p=0,031$), ενώ για την ομάδα ΕΠ η κλίμακα ρεαλισμός ($p=0,006$).

Τα περιγραφικά στατιστικά όλων των ερωτήσεων (μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση) και η διάμεσος καταγράφονται στον Πίνακα Α2.3 του Παραρτήματος Α.2. Οι ερωτήσεις είναι ταξινομημένες ανά κλίμακα και έχουν επίσης σημειωθεί οι ανάστροφες (ανάστροφης βαθμολογίας).

Στον Πίνακα 7.4 παρουσιάζεται ο μέσος όρος, η τυπική απόκλιση αλλά και η φθίνουσα σειρά κατάταξης των κλιμάκων του ερωτηματολογίου. Ο πιο υψηλός μέσος όρος μετρήθηκε στην κλίμακα ευχαρίστηση/απόλαυση/διασκέδαση με μέση τιμή $4,0\pm 0,8$, με 2^η την κλίμακα κίνητρο ($3,9\pm 0,8$) και 3^η την κλίμακα καταλληλότητα εκπαιδευτικού υλικού ($3,9\pm 0,8$). Οι τρεις πιο χαμηλοί μέσοι όροι εμφανίστηκαν στην εμπύθιση 16^η θέση ($2,4\pm 0,8$), 15^η θέση στον ρεαλισμό ($2,6\pm 1,1$) και 14^η θέση στην καταλληλότητα ηχητικής αισθητικής ($3,0\pm 1,1$).

Πίνακας 7.4. Περιγραφικά χαρακτηριστικά κλιμάκων ερωτηματολογίου.

	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Διάμεσος	Κατάταξη
Επαφή του χρήστη με το περιβάλλον				
Εμπύθιση/Ροή	2,4	0,8	2,3	16
Ευκολία χρήσης	3,7	0,7	3,7	5
Ευχρηστία	3,6	1,0	3,7	6
Χαρακτηριστικά Προγράμματος:				
Ρεαλισμός	2,6	1,1	2,3	15
Καταλληλότητα της αφήγησης	3,3	1,0	3,3	11
Καταλληλότητα ηχητικής αισθητικής	3,0	1,1	3,0	14
Καταλληλότητα οπτικής αισθητικής	3,3	1,0	3,0	10
Σαφήνεια στόχου εφαρμογής	3,4	1,0	3,3	9
Καταλληλότητα ανατροφοδότησης	3,4	1,0	3,7	8
Καταλληλότητα εκπαιδευτικού υλικού	3,9	0,8	4,0	3
Ικανοποίηση μαθητή				
Ευχαρίστηση/Απόλαυση/Διασκέδαση	4,1	0,8	4,3	1
Αποτελεσματικότητα μάθησης	3,8	0,8	4,0	4

Βελτίωση Προσλαμβάνουσας Γνώσης	3,3	1,0	3,0	12
Κίνητρο	3,9	0,8	3,8	2
Σχέση με προσωπικά ενδιαφέροντα	3,2	0,7	3,3	13
Ικανότητα	3,5	1,1	3,5	7

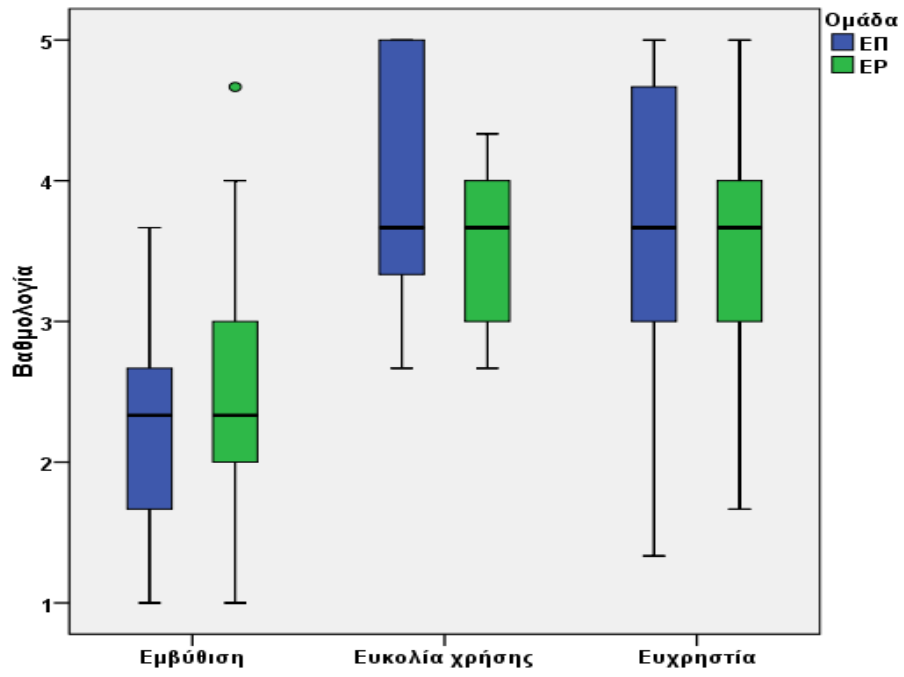
Οι μέσες τιμές των 16 κλιμάκων από το σύνολο των ερωτήσεων ανά ομάδα μελέτης ΕΠ ή ΕΡ καθώς και η σύγκριση τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 5. Από τα στοιχεία του Πίνακα 5 παρατηρήθηκε ότι οι περισσότερες μεταβλητές είχαν μη στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του ($p>0.05$). Οι μόνες ερωτήσεις που έδειξαν στατιστικά σημαντική διαφορά ήταν η Ευχαρίστηση/Απόλαυση/Διασκέδαση με $t=-2.412$, $df=33$, $p=0,022$ καθώς η μέση τιμή για την ομάδα ΕΠ $3,7\pm 0,9$ ήταν μικρότερη από τη μέση τιμή της ΕΡ $4,3\pm 0,6$ αλλά και η Καταλληλότητα ηχητικής αισθητικής με $t=2,239$, $df=33$, $p=0,032$ καθώς η μέση τιμή της ομάδας ΕΠ $3,4 \pm 1,3$ και της ΕΡ $2,6 \pm 0,7$.

Πίνακας 7.5. Σύγκριση κλιμάκων ερωτηματολογίου ανά ομάδα ΕΠ ή ΕΡ

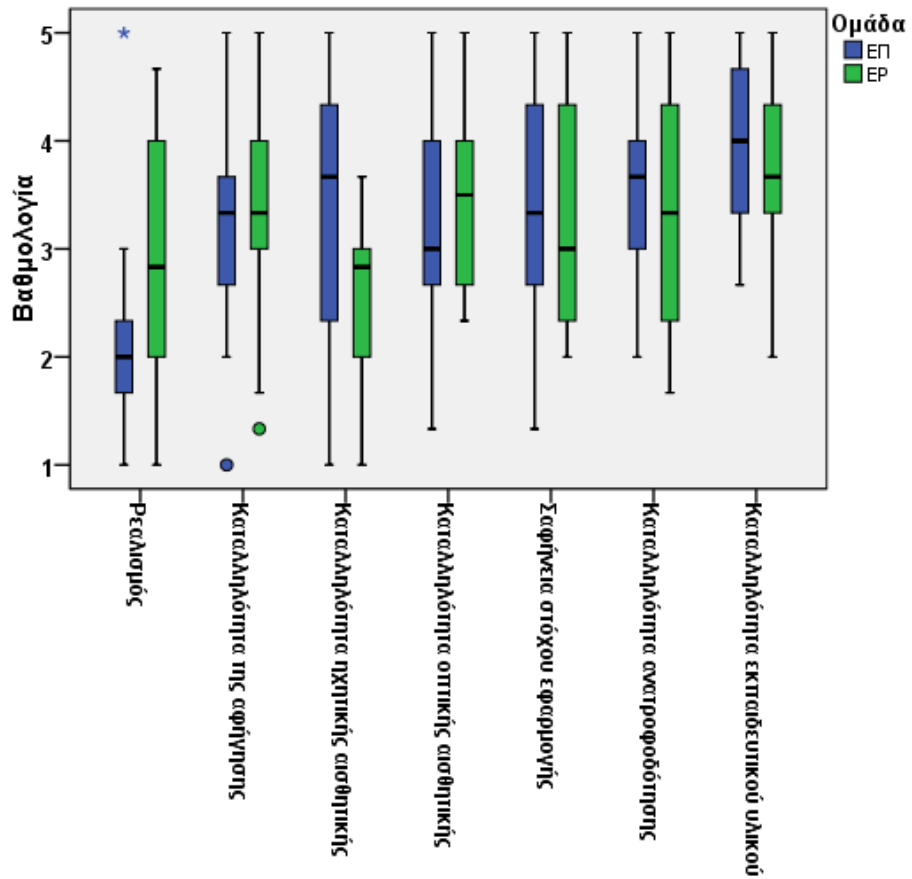
	Ομάδα				P
	ΕΠ		ΕΡ		
	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	
	Όρος	η	Όρος	η	
Επαφή του χρήστη με το περιβάλλον					
Εμβύθιση/Ροή	2,3	0,8	2,6	0,9	$t=-1,121$, $df=33$, $p=0,271$
Ευκολία χρήσης	3,9	0,9	3,6	0,6	$t=1,229$, $df=33$, $p=0,228$
Ευχρηστία	3,6	1,1	3,5	0,9	$t=0,207$, $df=33$, $p=0,838$
Χαρακτηριστικά προγράμματος					
Ρεαλισμός	2,3	1,1	2,9	1,1	$t=-1,695$, $df=33$, $p=0,1$
Καταλληλότητα της αφήγησης	3,2	1,0	3,4	1,0	$t=-0,461$, $df=33$, $p=0,648$
Καταλληλότητα ηχητικής	3,4	1,3	2,6	0,7	$t=2,239$, $df=33$,

αισθητικής					p=0,032
Καταλληλότητα οπτικής αισθητικής	3,2	1,0	3,5	0,9	t=-0,915, df=33, p=0,367
Σαφήνεια στόχου εφαρμογής	3,5	1,1	3,3	1,0	t=0,539, df=33, p=0,594
Καταλληλότητα ανατροφοδότησης	3,5	0,9	3,3	1,2	t=0,495, df=33, p=0,624
Καταλληλότητα εκπαιδευτικού υλικού	4,1	0,7	3,8	0,9	t=1,085, df=33, p=0,286
Ικανοποίηση μαθητή					
Ευχαρίστηση/Απόλαυση/Διασ κέδαση	3,7	0,9	4,3	0,6	t=-2,412, df=33, p=0,022
Αποτελεσματικότητα μάθησης	3,9	0,8	3,6	0,7	t=1,137, df=33, p=0,264
Βελτίωση Προσλαμβάνουσας Γνώσης	3,3	1,0	3,3	1,0	t=0,215, df=33, p=0,831
Κίνητρο	3,7	0,9	4,1	0,7	t=-1,413, df=33, p=0,167
Σχέση με προσωπικά ενδιαφέροντα	3,3	0,7	3,2	0,6	t=0,395, df=33, p=0,695
Ικανότητα	3,6	1,0	3,5	1,1	t=0,233, df=33, p=0,817

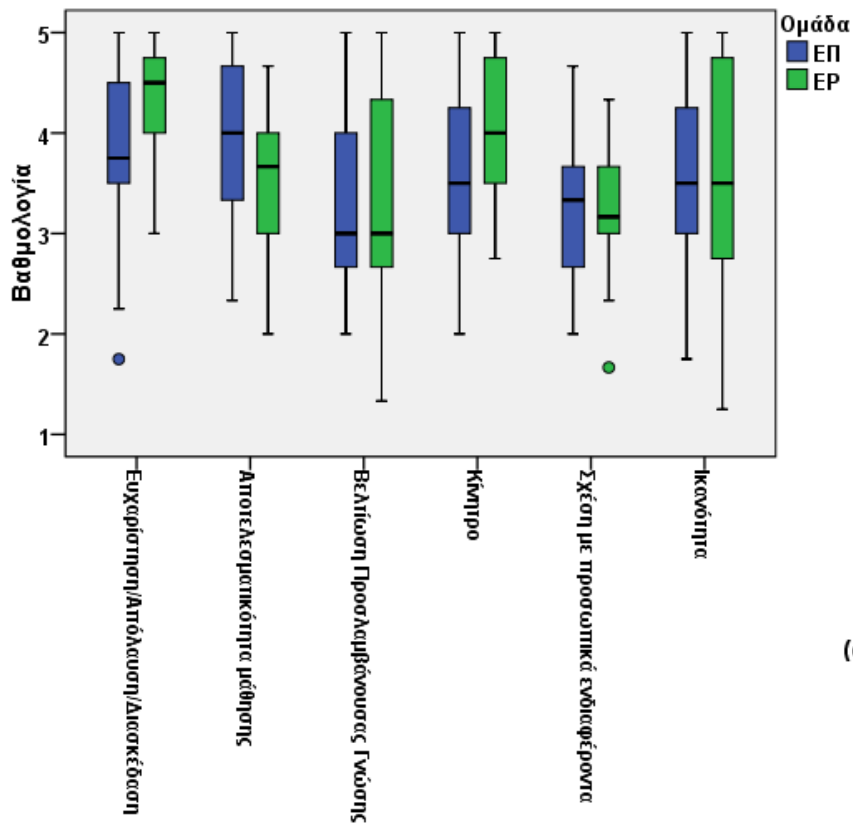
Οι μέσες βαθμολογίες των κλιμάκων παρουσιάζονται και στο Διάγραμμα 7.2.a και 7.2.b και 7.2.c Στο Διάγραμμα 7.2.a παρουσιάζονται οι κλίμακες επαφής του χρήστη με το περιβάλλον στο 7.2.b των χαρακτηριστικών του προγράμματος και στο 7.2.c της ικανοποίησης του μαθητή.



(α)



(b)



(c)

Διάγραμμα 7.2. Θηκογράμματα των 16 κλιμάκων του ερωτηματολογίου παρουσιαζόμενες σε 3 μέρη (a) και (b) και (c).

Συνοπτικά:

- Η ομάδα 1 φάνηκε να έχει θετικές αντιλήψεις όσον αφορά τη χρήση ΕΠ στη διδασκαλία. Οι περισσότερες απαντήσεις των μαθητών ξεπερνούσαν τη μέση της 5βαθμης κλίμακας Likert, δηλαδή το 3. Πιο συγκεκριμένα, μόνο η εμπύθιση/Ροή (μέσος όρος 2,3, όπου 5 η απάντηση « Πάρα πολύ») και ο ρεαλισμός (μέσος όρος 2,3), βρίσκονταν χαμηλότερα από τη μέση της κλίμακας. Την υψηλότερη βαθμολογία είχαν η καταλληλότητα εκπαιδευτικού υλικού (4,1 μέσος όρος), η αποτελεσματικότητα μάθησης (3,9 μέσος) και η ευκολία χρήσης (3,9 μέσος όρος).
- Η ομάδα 2 φάνηκε να έχει θετικές αντιλήψεις όσον αφορά τη χρήση της ΕΡ στη διδασκαλία. Οι περισσότερες απαντήσεις των μαθητών ξεπερνούσαν τη μέση της 5βαθμης κλίμακας Likert. Ειδικότερα, η εμπύθιση/Ροή (μέσος όρος 2,6), ο ρεαλισμός(μέσος όρος 2,9) και η καταλληλότητα ηχητικής αισθητικής (μέσος όρος 2,6) αποτέλεσαν τις μοναδικές κατηγορίες που βρισκόταν χαμηλότερα από τη μέση της κλίμακας. Την υψηλότερη βαθμολογία είχαν η Ευχαρίστηση/Απόλαυση/Διασκέδαση (μέσος όρος 4,3), τα κίνητρα (μέσος όρος 4,1) και η καταλληλότητα εκπαιδευτικού υλικού (μέσος όρος 3,8).

- Συγκρίνοντας τις απόψεις των μαθητών στις ομάδες 1 και 2, παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές σε 2 κατηγορίες. Αρχικά, στην κατηγορία Ευχαρίστηση/Απόλαυση/Διασκέδαση όπου οι μαθητές της ομάδα 2 απάντησαν περισσότερο θετικά (μέσος όρος 4,3) σε σχέση με την ομάδα 1 (μέσος όρος 3,7). Επίσης, οι μαθητές της ομάδας 1 στην κατηγορία καταλληλότητα ηχητικής αισθητικής είχαν περισσότερες θετικές απαντήσεις (μέσο όρος 3,4) από ότι οι μαθητές της ομάδας 2 (μέσος όρος 2,6).

8. Συζήτηση

Η συγκεκριμένη εργασία έχει ως πρωταρχικό σκοπό να διερευνήσει το κατά πόσο η χρήση της εκπαιδευτικής ρομποτικής και ενός περιβάλλοντος εικονικής πραγματικότητας μπορεί να βελτιώσει την κατανόηση εννοιών της μηχανικής και συγκεκριμένα της ταχύτητας, της επιτάχυνσης και της τριβής. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό πραγματοποιήθηκαν σε 3 ομάδες, που κάθε ομάδα αποτελούσε μία διαφορετική τάξη της Ε' δημοτικού, μία διαφορετική μέθοδος διδασκαλίας. Η ομάδα 1 διδάχθηκε ομαδοσυνεργατικά (μοντέλο Bybee) με τη χρήση διερευνητικής μάθησης χρησιμοποιώντας παράλληλα ένα περιβάλλον ΕΠ. Η ομάδα 2 διδάχθηκε, ομοίως, με τη χρήση ενός μοντέλου διερευνητικής μάθησης και ομαδοσυνεργατικότητας (μοντέλο Bybee) κάνοντας, όμως, χρήση της ΕΡ, ενώ η ομάδα 3 διδάχθηκε ομαδοσυνεργατικά (μοντέλο Bybee) με τη χρήση συμβατικών μέσων διδασκαλίας, δηλαδή με το σχολικό εγχειρίδιο, φωτοτυπίες, πειράματα κλπ.

Αρχικά, η ανάλυση των αποτελεσμάτων των pre-test μας βεβαίωσε ότι οι τρεις τάξεις της Ε' δημοτικού βρίσκονται στο ίδιο γνωστικό επίπεδο. Επιπλέον, η κατανομή των φύλων των μαθητών στις τάξεις, δηλαδή αγόρια και κορίτσια, δεν παρουσίαζε κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς τα αποτελέσματα που θα προκύψουν στην συνέχεια από την επίδοση των μαθητών θα οφείλονται κατά κόρον στη εκάστοτε μέθοδο διδασκαλίας και στο εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε και όχι στην ανομοιογένεια των τάξεων.

Αναλύοντας τα αποτελέσματα του φύλλου αξιολόγησης που αφορά την 1^η διδασκαλία, εμφανίζεται ότι παρόλο που τόσο η ομάδα 1 όσο και η ομάδα 2 παρουσίασαν υψηλότερη απόδοση από την ομάδα 3, μόνο η διαφορά ανάμεσα στην ομάδα 1 και την ομάδα 3 κρίθηκε στατιστικά σημαντική. Η διδασκαλία του πρώτου φύλλου αξιολόγησης αφορούσε τη διδασκαλία της έννοια της ταχύτητας. Η δυνατότητα τρισδιάστατης οπτικοποίησης αντικειμένων, αναπαραγωγής, παρακολούθησης, ευκολίας μετρήσεων αλλά και επανάληψης πειραματικών δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την έννοια της ταχύτητας φαίνεται ότι είχε ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα στην διδασκαλία της έννοια της ταχύτητας, ιδιαίτερα όσον αφορά τη χρήση επιστημονικά σωστής ορολογίας (δραστηριότητα 1), όπου στην ομάδα 1 σωστά απάντησε το 64%, ενώ στην ομάδα 3 το ποσοστό ήταν σχεδόν το μισό, δηλαδή 34%. Επιπλέον, οι μαθητές της ομάδας 1 κατανόησαν καλύτερα τη έννοια της ταχύτητας και πώς αυτή χρησιμοποιείται σε σχέση από την ομάδα 3, καθώς στην ομάδα 1 το 76% των μαθητών πέρασε τη βάση, δηλαδή είχαν υψηλότερη βαθμολογία από 5, ενώ στην ομάδα 3 το ποσοστό αυτό κυμαίνεται στο 38% .

Η ομάδα 2 με την ομάδα 3 παρουσίασαν διαφορά η οποία όμως, δεν κρίθηκε στατιστικά σημαντική. Η πρακτική χρήση της έννοια της ταχύτητας με την αναπαραγωγή

πειραματικών δραστηριοτήτων σε ένα ασφαλές περιβάλλον με ευκολία μετρήσεων φαίνεται ότι βοήθησε ιδιαίτερα τους μαθητές της ομάδας 2, καθώς το 61% των μαθητών χρησιμοποίησε τη σωστή επιστημονική ορολογία (δραστηριότητα 1), ενώ το 72% των μαθητών πέρασε τη βάση. Παρόλο που η ομάδα 3 χρησιμοποίησε διάφορες πειραματικές δραστηριότητες, οι οποίες είχαν ως βάση την πρακτική χρήση της έννοιας της ταχύτητας, οι επιδόσεις της ήταν χαμηλότερες από την ομάδα 2, αποτέλεσμα που πιθανόν να οφείλεται στην ευκολία και μεγαλύτερη ακρίβεια μετρήσεων που παρέχει η χρήση της εκπαιδευτικής ρομποτικής.

Η ομάδα 1 και η ομάδα 2 είχαν μικρή διάφορα ανάμεσα τους, κάτι που πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι και οι δύο ομάδες χρησιμοποίησαν πειραματικές δραστηριότητες που σχετίζονταν με τη πραγματικότητα και παρείχαν ευκολία μετρήσεων. Η διαφορά των ομάδων πιθανόν να οφείλεται στην ευκολία επανάληψης των δραστηριοτήτων. Η ομάδα 1 είχε την ευχέρεια να επαναλάβει την δραστηριότητα πολύ περισσότερες φορές σε σχέση με την ομάδα 2, στην οποία απαιτούνταν περισσότερος χρόνος, γεγονός που συνεπάγεται σε λιγότερες φορές για την επανάληψη της ίδιας δραστηριότητας, πράγμα που μπορεί να επηρέασε την κατανόηση της έννοιας της ταχύτητας.

Σχετικά με το φύλλο αξιολόγησης της 2^{ης} διδασκαλίας, από την ανάλυση των αποτελεσμάτων δεν παρατηρήθηκε κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων. Επιπλέον, παρόλο που η ομάδα 1 και η ομάδα 2 ξεπέρασαν την ομάδα 3, η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο ομάδων και της ομάδας 3 ήταν ιδιαίτερα μικρή, ενώ η απόδοση της ομάδας 1 και της ομάδας 2 ήταν σχεδόν ίδια. Η συγκεκριμένη διδασκαλία αφορούσε την έννοια της επιτάχυνσης. Το εποπτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε στην αρχή της διδασκαλίας ήταν παρόμοιο σε όλες τις ομάδες. Στην συνέχεια όμως, η διδασκαλία κάθε ομάδας διαφοροποιήθηκε, εμφανίζοντας παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτά στην διδασκαλία της ταχύτητας. Η ομάδα 1 είχε τρισδιάστατη οπτικοποίηση, ευκολία μετρήσεων κ.α. Η ομάδα 2 είχε πρακτική χρήση της έννοιας της επιτάχυνσης με πειραματικές δραστηριότητες με ευκολία μετρήσεων κ.α, ενώ η ομάδα 3 είχε περαιτέρω εποπτικό υλικό και μία πειραματική δραστηριότητα σχετική με την έννοια της επιτάχυνσης. Η παρόμοια επίδοση των ομάδων ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι η έννοια της επιτάχυνσης αποτελεί μία πολύ δύσκολη έννοια για τους μαθητές αυτής της ηλικίας οι οποίοι μόλις έχουν αρχίσει να αναπτύσσουν τον «τυπικό τρόπο σκέψης» (formal thinking). Σύμφωνα με τους Halim et.al. (2014), ο συγκεκριμένος τρόπος σκέψης ο οποίος σχετίζεται με τη θεωρία της γνωστικής ανάπτυξης του Piaget, αναπτύσσεται μεταξύ της ηλικίας 11 και 15 και είναι απαραίτητος προκειμένου να μπορέσουν να κατανοήσουν τις έννοιες της μηχανικής. Κάτι που ενισχύει το παραπάνω συλλογισμό, είναι το γεγονός ότι η διδασκαλία της επιτάχυνσης διδάσκεται κυρίως σε μεγαλύτερες τάξεις, σύμφωνα με τα αναλυτικά προγράμματα των χωρών του εξωτερικού που

είδαμε παραπάνω. Παρόλο που στους στόχους των ΔΕΠΠΣ (2003) γίνεται λόγος για επιταχυνόμενα αντικείμενα, η διδασκαλία της επιτάχυνσης πραγματοποιείται κυρίως στην Β' γυμνασίου. Η χρήση του περιβάλλοντος ΕΠ και της εκπαιδευτική ρομποτικής στη συγκεκριμένη διδασκαλία είχε μερική επίδραση (καλύτερα αποτελέσματα), πιθανόν από την ευκολία των μετρήσεων των πειραματικών δραστηριοτήτων, αλλά όχι στατιστικά σημαντική.

Όσον αφορά το φύλλο αξιολόγησης της 3^{ης} διδασκαλίας, από την ανάλυση των αποτελεσμάτων φάνηκε ότι η ομάδα 1 είχε στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα 2 αλλά και με την ομάδα 3. Επίσης, η ομάδα 2 και η ομάδα 3 είχαν σχεδόν παρόμοια αποτελέσματα. Η διδασκαλία αυτή αφορούσε την κατανόηση της έννοιας της τριβής και των παραγόντων που εξαρτάται. Το εποπτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε σε όλη την διαδικασία ήταν παρόμοιο για όλες τις ομάδες. Η ομάδα 1 είχε πολύ καλύτερα αποτελέσματα τόσο στην χρήση της επιστημονικής ορολογίας (δραστηριότητα 1) σε σχέση με την ομάδα 2 και την ομάδα 3 (70%, 55% και 42% αντίστοιχα) αλλά και στο γεγονός ότι οι μαθητές κατανόησαν καλύτερα την έννοια της τριβής και τους παράγοντες που εξαρτάται, καθώς σχεδόν τα $\frac{3}{4}$ των μαθητών στην ομάδα 1 πέρασαν τη βάση (82%, 50% και 53% αντίστοιχα). Τα αποτελέσματα της ομάδα 1 ίσως προέρχονται από την τρισδιάστατη οπτικοποίηση των αντικειμένων και διαφόρων περιβαλλόντων που αναπαριστούν την πραγματικότητα (δρόμος με πάγο και χωρίς) και την ξεκάθαρη οπτικοακουστική διαφοροποίηση των κινήσεων σε συνδυασμό με την ακρίβεια των μετρήσεων και την εύκολη επανάληψη των δραστηριοτήτων. Τα παρόμοια αποτελέσματα της ομάδας 2 και 3 μπορεί να οφείλονται στο γεγονός ότι οι πειραματικές δραστηριότητες της ομάδα 2 και ομάδας 3 είχαν αρκετά ίδια στοιχεία, όπως τη χρήση της κατασκευής από αφρολέξ, τα βαρίδια και τα γυαλόχαρτα, τη μέθοδο διδασκαλίας, ενώ διαφοροποιούνταν κυρίως ως προς τον τρόπο εκτέλεσης τους και τον τρόπο μέτρησης της διαφοράς της κάθε κίνησης (χρήση ρομπότ και εκτέλεση απευθείας από το μαθητή αντίστοιχα). Επιπλέον, παρατηρήθηκε μεγάλη διαφορά μεταξύ των αποδόσεων των μαθητών της ομάδας 3 (υψηλή τυπική απόκλιση, πίνακας 7.2), με μερικούς να παρουσιάζουν αρκετά μικρή βαθμολογία και άλλους αρκετά μεγαλύτερη. Το ίδιο δεν παρατηρήθηκε στην ομάδα 2, όπου τα αποτελέσματα των μαθητών είχαν πιο περιορισμένη απόκλιση (τυπική απόκλιση 1,1, πίνακας 7.2).

Μετά το πέρας 15 ημερών από τη πραγματοποίηση της τρίτης διδασκαλίας, χορηγήθηκε στους μαθητές το post-test προκειμένου να ελεγχτεί το αντίκτυπο που έχει η εκάστοτε μέθοδος διδασκαλίας στην διατήρηση των γνώσεων των μαθητών μακροπρόθεσμα. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων ανέδειξε δύο στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τόσο η ομάδα 1 όσο και η ομάδα 2 είχαν καλύτερη επίδοση από την ομάδα 3. Επιπλέον, παρόλο που η ομάδα 1 είχε λίγο καλύτερα αποτελέσματα από την ομάδα 2, η διαφορά ήταν σχετικά μικρή και μη στατιστικά σημαντική. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τη χρήση επιστημονικής ορολογίας,

το 41% των μαθητές της ομάδας 1 και το 55% της ομάδα 2 απάντησαν σωστά όσον αφορά τις έννοιες της ταχύτητα και της επιτάχυνσης (δραστηριότητα 1), ενώ το 23% της ομάδα 1 και το 38% της ομάδα 2 απάντησε σωστά σχετικά με την έννοια της τριβής. Τα ποσοστά αυτά αν και χαμηλότερα σε σχέση με τα φύλλα αξιολόγησης των διδασκαλιών είναι πολύ υψηλότερα σε σχέση με το ποσοστό της ομάδα 3, 23% σχετικά με τις έννοιες της ταχύτητας και της επιτάχυνσης, ενώ μόλις 7% όσον αφορά την έννοια της τριβής. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι μόλις το 23% των μαθητών της ομάδας 3 πέρασε τη βάση σε σχέση με το 47% της ομάδας 1 και το 44% της ομάδα 2.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την σύγκριση της διδασκαλία με χρήση συμβατικών μέσων (ομάδα 3) με τη χρήση ΕΕΠ σε ένα ομαδοσυνεργατικό κουνστροκτιβιστικο μοντέλο διδασκαλίας (ομάδα 1), φαίνεται να επιβεβαιώνονται κι από άλλες έρευνες, όπως των Lee και Wong (2014) ή των Merchant, Goetz, Keeney-Kennicutt, Cifuentes, Kwok και Davis (2013), όπου οι επιδόσεις των μαθητών που αξιοποίησαν το πρόγραμμα ΕΠ ήταν καλύτερες σε σχέση με αυτές των μαθητών που χρησιμοποίησαν συμβατικά μέσα. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί η διδασκαλία της επιτάχυνσης, που αν και οι επιδόσεις ήταν λίγο καλύτερες, δεν ήταν στατιστικά σημαντικές.

Επίσης, όσον αφορά τη συσχέτιση των επιδόσεων των μαθητών που χρησιμοποίησαν τη διδασκαλία με συμβατικά μέσα (ομάδα 3) και αυτούς που έκαναν χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής (ομάδα 2), τα αποτελέσματα φαίνεται να συμφωνούν με την αντίστοιχη βιβλιογραφία (Benitti, 2012; Park, 2015). Οι μαθητές που χρησιμοποίησαν την ΕΡ μόνο ως εργαλείο εκτέλεσης και μέτρησης των δραστηριοτήτων είχαν μερική βελτίωση αλλά δεν βρέθηκαν να έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις τους από αυτούς που έκαναν χρήση συμβατικών μέσων. Βέβαια, μοναδική εξαίρεση αποτελεί το post-test καθώς οι μαθητές που χρησιμοποίησαν τα Lego Mindstorm (ΕΡ) είχαν σημαντικά καλύτερα αποτελέσματα από τους μαθητές της συμβατικής διδασκαλίας δείχνοντας τη δυνατότητα που έχει η εκπαιδευτική ρομποτική στη μακροπρόθεσμη διατήρηση των γνώσεων (Khanlari 2013; Barker, Nugent & Grandgenett, 2014) αλλά και στο πλαίσιο της αλλαγής των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών (Church, Ford, Perova, & Rogers, 2010).

Ακόμα, συγκρίνοντας τις επιδόσεις των ομάδων που έκαναν χρήση ΕΡ και ΕΠ, φαίνεται ότι οι μαθητές είχαν σχεδόν τα ίδια αποτελέσματα, με εξαίρεση τη διδασκαλία της τριβής, όπου οι μαθητές που χρησιμοποίησαν το πρόγραμμα ΕΠ είχαν καλύτερη απόδοση. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα σημαντικά καθώς, πολύ μικρός αριθμός ερευνών έχουν συσχετίσει την ΕΠ με την ΕΡ και η πλειοψηφία αυτών εστιάζουν στις δυνατότητες που έχουν στην εκπαιδευτική διαδικασία, εφόσον συνδυαστούν μαζί (Chang, Lee, Wang & Chen, 2010; Samuels & Haapasalo, 2012) αλλά δεν ξεκαθαρίζουν στο πώς διαφοροποιούνται.

Τόσο η ΕΡ όσο και η ΕΠ χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια της διερευνητικής μάθησης (Bybee, 2002), ενός κουνστροκτιβιστικού μοντέλου διδασκαλίας για τις Φ.Ε. Η προσέγγιση

της διερευνητικής μάθησης σε συνδυασμό με εργαλεία, όπως η ΕΠ και η ΕΡ, φαίνεται ότι είχε θετικά αποτελέσματα στην μαθησιακή διαδικασία και ειδικά στην μακροπρόθεσμη διατήρηση της γνώσης, καθώς οι επιδόσεις της ομάδας που χρησιμοποίησε την ΕΠ ήταν συνολικά καλύτερες από τις επιδόσεις της ομάδας 3 (διδασκαλία με χρήση συμβατικών μέσων), όπως και οι επιδόσεις της ομάδας 2 στο post-test, συμφωνώντας με άλλες έρευνες (Dalgarno & Lee, 2010; Williams, Igel, Poveda, Kapila & Iskander, 2012; Altin & Pedaste, 2013; Hutchison, 2018),

Σχετικά με το ερωτηματολόγιο για τις εντυπώσεις των μαθητών που χρησιμοποίησαν το πρόγραμμα ΕΠ, παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές της ομάδας 1 είχαν σχετικά θετική στάση ως προς τη χρήση του. Η προτίμηση των μαθητών στη χρησιμοποίηση της ΕΠ και του συγκεκριμένου τρόπου διδασκαλίας σε σχέση με άλλα συμβατικά μέσα φαίνεται άλλωστε και από τα υψηλά ποσοστά των μαθητών αναφορικά με την αποτελεσματικότητα της μάθησης (Πίνακας 7.5). Οι θετικές εντυπώσεις των μαθητών αναφορικά με τη χρήση ενός εργαλείου, επηρεάζει τόσο την επιτυχή αξιοποίηση του στα πλαίσια της διδασκαλίας όσο και στην δημιουργία θετικής στάσης των μαθητών σχετικά με το αντικείμενο της διδασκαλίας (Tuysuz, 2010; Asiksoy & Islek, 2017).

Επίσης, δύο από τα στοιχεία που εντυπωσίασαν περισσότερο τους μαθητές ήταν η καταλληλότητα του εκπαιδευτικού υλικού και η ευκολία στην χρήση. Πιο συγκεκριμένα, η πλειοψηφία των μαθητών δε συνάντησε ιδιαίτερη δυσκολία στο χειρισμό του προγράμματος ούτε θεώρησαν το πρόγραμμα περίπλοκο, γεγονός που υποδεικνύει ότι οι μαθητές ήταν εξοικειωμένοι με τη χρήση προγραμμάτων ΕΠ (Fagan, Kilmon & Pandey, 2012). Επιπλέον, στους μαθητές άρεσε ο τρόπος οργάνωσης του περιεχόμενου της διδασκαλίας εντός του ΕΠ περιβάλλοντος και δεν θεωρούσαν ότι υπήρχαν υπερβολικά πολλές πληροφορίες σε αυτό, κάτι που συνδέεται άλλωστε και με την ευκολία χρήσης του προγράμματος (Falah et al., 2014; Ijaz et al., 2017).

Ακόμα, ιδιαίτερη σημασία αποτελεί το γεγονός ότι οι μαθητές δήλωσαν ότι η χρήση του προγράμματος ΕΠ τους κίνησε το ενδιαφέρον και τους παρείχε κίνητρο προκειμένου να συμμετέχουν στην εκπαιδευτική διαδικασία (Cecil, Ramanathan & Mwavita, 2013; Renninger & Hidi, 2016). Το γεγονός, άλλωστε, ότι οι μαθητές θεώρησαν ότι ο τρόπος οργάνωσης και σχεδιασμού του προγράμματος ήταν κατάλληλος αλλά και ότι δεν συνάντησαν ιδιαίτερη δυσκολία στη χρήση του προγράμματος συνάδουν με τη την παροχή κινήτρων (Huang et al., 2010; Apostolellis & Bowman, 2014; Ijaz et al., 2017).

Τα μοναδικά στοιχεία που δεν εντυπωσίασαν ιδιαίτερα τους μαθητές ήταν η εμπύηση/ροή και ο ρεαλισμός. Η έλλειψη ρεαλιστικών περιβαλλόντων αποτελεί ένα από τα προβλήματα των εικονικών περιβαλλόντων (Le et al., 2014) και σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με το σχεδιασμό του περιβάλλοντος και τις δυνατότητες του προγράμματος ανάπτυξης του

περιβάλλοντος ΕΠ (Moro, Stromberga & Stirling, 2017). Επίσης, τα χαμηλά επίπεδα εμπύθισης πιθανόν να οφείλονται στη χρήση ενός επιτραπέζιου συστήματος ΕΠ(desktop VR) αλλά και στο γεγονός ότι υπάρχει μειωμένη αίσθηση ρεαλισμού του περιβάλλοντος και των αντικειμένων (Freina & Canessa, 2015).

Αναλύοντας το ερωτηματολόγιο για τις εντυπώσεις των μαθητών που χρησιμοποίησαν ΕΡ, διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές της ομάδας 2 στην πλειοψηφία τους κράτησαν θετική στάση απέναντι στη χρήση της στη διδασκαλία. Ιδιαίτερα σημαντική παρατήρηση αποτελεί το γεγονός ότι οι μαθητές παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά ευχαρίστησης/ διασκέδασης (4,3 μέσο όρο, όπου 5 η απάντηση *Πάρα πολύ*). Η επίτευξη ιδιαίτερα θετικών συναισθημάτων, όπως της ευχαρίστησης/ διασκέδασης, είναι ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν τόσο την αποτελεσματικότητα της μαθησιακής διαδικασίας (Pekrun & Stephens, 2010) όσο και την επιτυχή αξιοποίηση των εργαλείων που χρησιμοποιούνται σε αυτή.

Ακόμα, παρατηρήθηκε ότι η παροχή κινήτρων αλλά και η καταλληλότητα του εκπαιδευτικού υλικού αποτέλεσαν δύο από τα θετικότερα στοιχεία της αξιοποίησης της ΕΡ. Συγκεκριμένα, οι μαθητές δεν δυσκολεύτηκαν να κατανοήσουν τις πληροφορίες και τα δεδομένα που τους δίνονταν από τα Lego Mindstorm, κάτι που συμφωνεί με αρκετές έρευνες σχετικά με τη χρήση των Lego Mindstorm στην εκπαιδευτική διαδικασία (Williams, Igel, Poveda, Kapila & Iskander, 2012; Gerber, Calasanz-Kaiser, Hyman, Voitiuk, Patil & Riedel-Kruse, 2017; Eguchi, 2017) αλλά και με το γεγονός ότι τα Lego Mindstorm είχαν εξαιρετικό εκπαιδευτικό προσανατολισμό (Altin & Pedaste, 2013). Επίσης, η αύξηση του ενδιαφέροντος και η παροχή κινήτρων στους μαθητές έρχεται σε συμφωνία με την ενεργή συμμετοχή των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία, ένα απαραίτητο στοιχείο της ΕΡ (Alimisi, 2012), τη χρήση εναλλακτικού τρόπου διδασκαλίας στα πλαίσια της χρήσης ΕΡ (Khaanlari, 2013), αλλά και το γεγονός ότι οι μαθητές είχαν υψηλά ποσοστά ευχαρίστησης (Chin, Hong & Chen, 2014).

Βέβαια, υπήρχαν στοιχεία τα οποία η πλειοψηφία των μαθητών δεν εντυπωσιάστηκε ιδιαίτερα. Αρχικά, οι μαθητές δυσκολεύτηκαν να μείνουν συγκεντρωμένοι στις δραστηριότητες και να τις συνδέσουν με τη πραγματικότητα εμφανίζοντας μικρά ποσοστά αναφορικά με τη ροή των δραστηριοτήτων, την δυνατότητα δηλαδή να παραμείνουν εστιασμένοι στις δραστηριότητες, όταν χρησιμοποιούσαν τα Lego Mindstorm. Επίσης, οι μαθητές παρουσίασαν χαμηλά ποσοστά αναφορικά με τη ρεαλιστικότητα των λειτουργιών των ρομπότ. Τα παραπάνω αποτελέσματα πιθανόν να οφείλονται στη έλλειψη γνώσεων των μαθητών όσον αφορά στη λειτουργία των ρομπότ, του προγραμματισμού τους και στην ανεπάρκεια όσον αφορά τον τρόπο χρήση τους (Benniti, 2012), καθώς οι μαθητές έμαθαν μόνο τα βασικά όσον αφορά τη χρήση των ρομπότ προτού πραγματοποιηθούν οι διδασκαλίες.

Παρόλο που οι μαθητές θα χρησιμοποιούσαν το ρομπότ ως ένα εργαλείο εκτέλεσης και μέτρησης των δραστηριοτήτων η εκπαίδευση τους πιθανότατα αποδείχτηκε μη επαρκή και ίσως δεν είχαν χρόνο να αναπτύξουν όλες τις σχετικές δεξιότητες και γνώσεις (Atmatzidou & Demetriadis, 2016). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το γεγονός ότι όταν οι μαθητές αγνοούσανε τυχόν προβλήματα που μπορεί να εμφάνιζαν των Lego Mindstorm, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.9 (εμφανίζει δέκατα του δευτερολέπτου παραπάνω από ότι έχει κάνει στην πραγματικότητα πχ αντί για 2,5 εμφανίζει 2,66), μη μπορώντας να κατανοήσουν πλήρως το λόγο εμφάνισης τους. Επίσης, η έλλειψη ηχητικών εφέ, όπως ο ήχος της μηχανής αυτοκινήτου που χρησιμοποιήθηκε στην ΕΠ, ίσως αποτέλεσε την αιτία εμφάνισης χαμηλών ποσοστών αναφορικά με τη καταλληλότητα ηχητικής αισθητικής.

Με βάση τα αποτελέσματα των φύλλων αξιολόγησης και post-test, φαίνεται ότι η δυνατότητα εύκολης και γρήγορης επανάληψης των δραστηριοτήτων μέσα στο πρόγραμμα ΕΠ έπαιξε ρόλο στην διαφορά των επιδόσεων των ομάδων επιτρέποντας στους μαθητές να κατανοήσουν πλήρως τη δραστηριότητα (Piovesan, Passerino & Pereira, 2012; Barrett & Blackledge, 2012). Παρόλο που η ευκολία επανάληψης αποτελεί χαρακτηριστικό τόσο της ΕΠ όσο και της ΕΡ (Church, Ford, Perova & Rogers, 2010) οι μαθητές δυσκολεύτηκαν, είτε να επαναλάβουν με ευκολία τις δραστηριότητες, είτε επειδή έκαναν λάθη που αφορούσαν τη εκτέλεση της δραστηριότητας, όπως για παράδειγμα μετακινούσαν το ρομπότ προτού αυτό ξεκινήσει να κινείται, ενώ είχαν ενεργοποιήσει το πρόγραμμα που θα εκτελούσε, προκαλώντας λάθος μέτρηση. Οι μαθητές δεν είχαν αναπτύξει πλήρως της δεξιότητες τους όσον αφορά το χειρισμό των ρομπότ και την κατανόηση της λειτουργίας του καθώς ο χρόνος εκπαίδευσης τους, προκειμένου να χρησιμοποιήσουν τα Lego Mindstorm, ήταν περιορισμένος (Nugent, Barker, Grandgenett & Adamchuck, 2010). Η έλλειψη γνώσεων και δεξιοτήτων όσον αφορά το χειρισμό των ρομπότ περιόριζε τις δυνατότητες τους και διαδοχικά μείωνε τα οφέλη της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Park, 2015).

Παρόλα αυτά, η διδασκαλία που έκανε χρήση της ΕΡ δεν βρέθηκε να έχει μεγάλες στατιστικές διαφορές σε σχέση με την ομάδα που χρησιμοποίησε το πρόγραμμα ΕΠ με εξαίρεση τη διδασκαλία της τριβής. Οι δυνατότητες της όσον αφορά την εκπαιδευτική διαδικασία φαίνεται ξεκάθαρα από το υψηλό ποσοστό ευχαρίστησης των μαθητών της ομάδας 2 (ΕΡ), μεγαλύτερο από αυτό των μαθητών της ομάδας 1, που σύμφωνα με έρευνες αποτελεί χαρακτηριστικό της ΕΡ (Somyürek, 2014), δίνοντας κίνητρα στους μαθητές και αυξάνοντας την ενεργή συμμετοχή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία (Karahoca et al., 2011). Στη διδασκαλία της τριβής, πιθανότατα, η τρισδιάστατη οπτικοποίηση πραγματικών καταστάσεων (το αυτοκίνητο γλιστρά στο πάγο) αλλά και η χρήση κατάλληλου ήχου ο οποίος αντιπροσώπευε την πραγματικότητα, κάτι που βρέθηκε να έχει στατιστική διαφορά με

την ΕΡ, βοήθησαν τους μαθητές σε συνδυασμό με την εύκολη επανάληψη των διαδικασιών να κατανοήσουν καλύτερα τη διδασκαλία της τριβής.

Συσχετίζοντας τα ερευνητικά ερωτήματα που θέσαμε στην αρχή και την ανάλυση των αποτελεσμάτων των φύλλων αξιολόγησης, των τεστ και των ερωτηματολογίων, διαπιστώνουμε ότι απαντήθηκαν ως ένα βαθμό. Το βασικό ερευνητικό ερώτημα της εργασίας, το οποίο ήταν το κατά πόσο η χρήση ΕΡ και ΕΠ μπορεί να βελτιώσει τις γνώσεις των μαθητών σε έννοιες της μηχανικής επαληθεύεται μερικώς. Ενώ, οι μαθητές που χρησιμοποίησαν το πρόγραμμα ΕΠ είχαν σχετικά υψηλές αποδόσεις στα προς μελέτη θέματα, οι μαθητές που έκαναν χρήση ΕΡ είχαν χαμηλότερα αποτελέσματα. Όπως αναφέρεται παραπάνω, αυτό ίσως να οφείλεται στο χρόνο προετοιμασίας των μαθητών και στην έλλειψη γνώσεων όσον αφορά τη χρήση και τον τρόπο λειτουργίας των Lego Mindstorm. Παρόλα αυτά οι μαθητές και των δύο ομάδων διατήρησαν τις γνώσεις μετά το πέρας των διδασκαλιών.

Τα δευτερεύοντα ερωτήματα που αφορούσαν την διαφοροποίηση ανάμεσα στις γνώσεις που απέκτησαν οι μαθητές των ομάδων μεταξύ τους, επαληθεύεται επίσης ως έναν βαθμό. Η ομάδα 1 είχε καλύτερες επιδόσεις σε σχέση με την ομάδα 3 με εξαίρεση την δεύτερη διδασκαλία. Όπως όμως αναφέραμε παραπάνω, αυτό ίσως οφείλεται στο αντικείμενο της διδασκαλίας (επιτάχυνση) και στην ηλικία των μαθητών. Επίσης, η ομάδα 2 δεν διαφοροποιήθηκε ιδιαίτερα από την ομάδα 3, με εξαίρεση το post-test που είχε στατιστικά σημαντική διαφορά εξαιτίας των λόγων που αναφέραμε παραπάνω. Παρόλα αυτά η ομάδα 1 είχε υψηλότερη επίδοση μόνο στη τρίτη διδασκαλία (διδασκαλία τριβής). Πιθανόν, αυτό ίσως να οφείλεται στη χρησιμοποίηση στοιχείων της καθημερινότητας και κατάλληλων ήχων σε συνδυασμό με την εύκολη και γρήγορη επανάληψη των δραστηριοτήτων. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό το γεγονός ότι η χρήση της ΕΠ φαίνεται να έχει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά την κατανόηση εννοιών που διδάσκονται στα σχολεία και δυσκολεύουν τους μαθητές, όπως η ταχύτητα και η τριβή (Kozhevnikov, Gurlitt & Kozhevnikov, 2013). Όμως, εξίσου σημαντικό αποτελεί το γεγονός ότι τόσο η χρήση της ΕΠ όσο και της ΕΡ επιδράει θετικά στην διατήρηση των γνώσεων των μαθητών.

Τέλος, όσον αφορά τις απόψεις των μαθητών για την εκπαιδευτική ρομποτική και την εικονική πραγματικότητα, φαίνεται ότι οι μαθητές είχαν στην πλειοψηφία τους θετικές απόψεις και εντυπώσεις. Οι μαθητές που έκαναν χρήση του προγράμματος ΕΠ αναφέρθηκαν ιδιαίτερα θετικά όσον αφορά την καταλληλότητα του εκπαιδευτικού υλικού, την ευκολία στη χρήση της και στον τρόπο που διευκόλυνε τη μάθηση (αποτελεσματικότητα μάθησης). Παρόλα αυτά υπήρχαν κάποια αρνητικά στοιχεία, η εμβύθιση και ο ρεαλισμός, τα οποία όπως αναφέραμε παραπάνω πιθανόν να οφείλονται στο είδος του συστήματος που χρησιμοποιήθηκε (desktop VR) και στις δυνατότητες του προγράμματος που

χρησιμοποιήθηκε για να κατασκευάσει το περιβάλλον ΕΠ. Επίσης, οι μαθητές που χρησιμοποίησαν τα Lego Mindstorm (EP) είχαν ιδιαίτερα θετικά σχόλια όσον αφορά την ευχαρίστηση, την παροχή κινήτρων και την καταλληλότητα του εκπαιδευτικού υλικού. Υπήρχαν όμως, ορισμένα αρνητικά στοιχεία, η καταλληλότητα ηχητικής αισθητικής, η ροή και ο ρεαλισμός, τα οποία πιθανότατα οφείλονταν στην έλλειψη ηχητικών εφέ και έλλειψη γνώσεων όσον αφορά τα Lego Mindstorm.

9. Συμπεράσματα

Με βάση την ανάλυση των δεδομένων και τις παρατηρήσεις που έγιναν παραπάνω, μπορούμε να φτάσουμε σε ορισμένα συμπεράσματα. Αρχικά, η χρήση ενός ΕΕΠ στη διδασκαλία φάνηκε να έχει θετικά αποτελέσματα όσον αφορά τις γνώσεις των μαθητών σχετικά με έννοιες της μηχανικής. Επίσης, η χρήση της ΕΡ ως μέσο/εργαλείο διδασκαλίας δεν φάνηκε να έχει ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα στις γνώσεις των μαθητών, εκτός από τη διατήρηση των γνώσεων που απέκτησαν στη διδασκαλία μακροπρόθεσμα. Επιπλέον, οι μαθητές είχαν κυρίως θετικές εντυπώσεις από τη χρήση της ΕΠ και της ΕΡ. Χαρακτηριστικά, η χρήση του προγράμματος ΕΠ ήταν εύκολη, κατανοητή και διευκόλυνε τον τρόπο μάθησης. Από την άλλη, η χρήση της ΕΡ ήταν ιδιαίτερα ευχάριστη στους μαθητές και τους παρείχε κίνητρο για να εμπλακούν ενεργά στην μαθησιακή διαδικασία.

Συσχετίζοντας τις τρεις μεθόδους διδασκαλίας που χρησιμοποιήθηκαν, η ομάδα 1 που χρησιμοποίησε το ΕΕΠ είχε την υψηλότερη απόδοση από την ομάδα 3 που έκανε χρήση συμβατικών τρόπων διδασκαλίας. Επίσης, η ομάδα 1 είχε καλύτερη σχετικά βαθμολογία από την ομάδα 2 που χρησιμοποίησε τη ΕΡ, όμως η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική εκτός από την περίπτωση της διδασκαλίας της τριβής που η ομάδα 1 ξεπέρασε την ομάδα 2. Επιπλέον, σχετικά με την ομάδα 2, οι μαθητές της είχαν μια βελτίωση στις επιδόσεις, όπως στην περίπτωση της ταχύτητα, που όμως δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Παρόλα αυτά η χρήση της ΕΡ αλλά και της ΕΠ φάνηκε να έχει θετική επίδραση στην μακροπρόθεσμη διατήρηση των γνώσεων. Ακόμα, τόσο οι μαθητές που χρησιμοποίησαν το πρόγραμμα ΕΠ όσο και αυτοί που χρησιμοποίησαν την ΕΡ είχαν σχετικά θετικές εντυπώσεις όσον αφορά τη χρήση των συγκεκριμένων εργαλείων και την ένταξη τους στην διδασκαλία.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα και την ανάλυση τους, μπορούμε να φτάσουμε με επιφύλαξη, σε ορισμένες προτάσεις σχετικά με τη χρήση της ΕΠ στη διδασκαλία.

- Η αξιοποίηση ΕΕΠ είναι θεμιτή καθώς οι μαθητές έχουν σχετικά θετική στάση απέναντι στην χρήση και ένταξη τους στην εκπαιδευτική διαδικασία.
- Η χρήση περιβαλλόντων ΕΠ φαίνεται να έχει θετικά αποτελέσματα όταν κατασκευάζεται και εντάσσεται σε κάποιο πλαίσιο διδασκαλίας (πχ. κονστрукτιβιστικό μοντέλο διερευνητικής μάθησης του Bybbe για τη διδασκαλία των Φ.Ε).
- Είναι σημαντικό οι μαθητές να μπορούν να επαναλάβουν εύκολα τις διάφορες δραστηριότητες προκειμένου να μπορούν να ξεκαθαρίσουν ή να επιβεβαιώσουν τα αποτελέσματα τους.

Επίσης, διατηρώντας επιφύλαξη, μπορούμε να φτάσουμε σε ορισμένες υποδείξεις σχετικά με τη χρήση της ΕΡ στη διδασκαλία.

- Η αξιοποίηση ΕΡ είναι θεμιτή καθώς οι μαθητές έχουν σχετικά θετική στάση απέναντι στην χρήση και ένταξη τους στην εκπαιδευτική διαδικασία
- Η χρήση ΕΡ δεν φαίνεται να έχει ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα όταν χρησιμοποιείται μόνο ως εργαλείο/μέσο διδασκαλίας
- Είναι πολύ σημαντικό οι μαθητές να έχουν αναπτύξει πλήρως της δεξιότητες τους όσον αφορά το χειρισμό των ρομπότ και την κατανόηση των λειτουργιών τους προτού τα χρησιμοποιήσουν στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Βέβαια, η συγκεκριμένη έρευνα εμπεριέχει ορισμένους περιορισμούς. Το δείγμα της έρευνας (61 μαθητές) δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλο οπότε δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί γενίκευση των αποτελεσμάτων. Επίσης, οι διδασκαλίες που έγιναν ήταν μικρές σε αριθμό, καθώς σχετίζονταν με την επιλογή των συγκεκριμένων θεμάτων διδασκαλίας αλλά και επειδή υπήρξε περιορισμός στις διαθέσιμες ώρες.

Επιπλέον, προκειμένου να εξακριβωθεί το σύνολο από τα οφέλη και η επίδραση τόσο της ΕΠ όσο και της ΕΡ είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθούν περισσότερες έρευνες όσον αφορά το σύνολο των συστημάτων ΕΠ, αλλά και η χρήση της ΕΡ από μαθητές που έχουν προετοιμαστεί περισσότερο και μπορούν να χρησιμοποιήσουν όλες τις δυνατότητες της. Ακόμα, ιδιαίτερα σημαντικό αποτελεί η χρήση ενός μεγαλύτερου δείγματος μαθητών προκειμένου να μπορεί να γίνει γενίκευση των αποτελεσμάτων. Επίσης αξίζει να αναφερθεί, ότι η προέκταση της έρευνας σε περισσότερά θέματα, φαινόμενα και έννοιες των Φ.Ε, είναι ιδιαίτερα σημαντική προκειμένου να διαπιστωθεί η επίδραση τους στο σύνολο των Φ.Ε και ιδιαίτερα η επίδραση που μπορεί να έχουν τα παραπάνω εργαλεία στις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών.

Οι δυνατότητες της ΕΠ και της ΕΡ είναι αρκετά σημαντικές όσον αφορά τη μαθησιακή διαδικασία. Η θετική στάση και άποψη των μαθητών όσον αφορά την ένταξή τους θέτουν τα θεμέλια για την επιτυχή αξιοποίηση τους. Προκειμένου όμως να βρεθεί το σύνολο των δυνατοτήτων τους αλλά και οι διαφορές του, που ίσως ευνοούν τη χρήση του ενός εκ των δύο εργαλείων όσον αφορά τη διδασκαλία ενός φαινομένου/έννοιας, κρίνεται αναγκαία περαιτέρω διερεύνηση.

Βιβλιογραφία:

Abd-El-Khalick, F., & Akerson, V. (2004). Learning as conceptual change: Factors mediating the development of preservice teachers' views of nature of science. *Science Education*, 88(5), 785–810.

Abdelaziz, M. A., Riad, M., Alaa El Din., & Senousy, M. B. (2014). Challenges and Issues in Building Virtual Reality-Based e-Learning System. *International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning*, 4(4), 320-328.

Abell, S. K. & Lederman, N. G. (2007). *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Alhalabi, W. S. (2016). Virtual reality systems enhance students' achievements in engineering education. *Behaviour & Information Technology*, 35(11), 919–925.

Alimisis, D. (2012). Robotics in Education & Education in Robotics: Shifting Focus from Technology to Pedagogy, in David Obdržálek (Eds.), *Proceedings of the 3rd International Conference on Robotics in Education* (pp. 7-14). Charles University, Faculty of Mathematics and Physics, Prague, Czech Republic

Alimisis, D. (2013). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63-71.

Altin, H., Pedaste, M., & Aabloo, A. (2011). Educational Robotics and Inquiry Learning: A Pilot Study in a Web-Based Learning Environment. *In Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 224–226). Athens, USA, GA: IEEE

Altin, H., & Pedaste, M. (2013). Learning approaches to applying robotics in science education. *Journal of Baltic Science Education*, 12(3), 365-377

Altmann, J., Asaro, P., Sharkey, N., & Sparrow, R. (2013). Armed military robots: editorial. *Ethics and Information Technology*, 15(2), 73–76.

Amber, N., Douglas, K., Binder, S., Kajos, J. H., Hyde, J., & Li, Y. (2013). Reading Relationships, but Seeing Betrayal: Impact of Relation Health Schemas on Processing of Interpersonal Conflict. *Journal of Social and Clinical Psychology*, 32(9), 964-988.

Apostolellis, P., & Bowman, D. A. (2014). Evaluating the effects of orchestrated, game-based learning in virtual environments for informal education. *In Proceedings of the 11th*

Conference on Advances in Computer Entertainment Technology - ACE (pp. 1–10). New York, NY: ACM

Armitage, A., Byant, R., Dunnill, R., Hayes, D., Hudson, A., Kent, J., Lawes, S., & Renwick, M. (2003). *Teaching and Training in Post-Compulsory Education*, 2nd Edition. Maidenhead: Open University Press

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(B), 661–670.

Aylett, R., Hall, L., Tazzymann, S., Endrass, B., Andre, E., Ritter, C., Nazir, A., Paiva, A., Hofstede, G. J., & Kappas, A. (2014). Werewolves, Cheats, and Cultural Sensitivity. *In Proceedings of 13th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2014)* (pp. 1085-1092). Paris, France.

Aziz, E. S. S., Chang, Y., Esche, S. K., & Chassapis, C. (2014). A multi- user virtual laboratory environment for gear train design. *Computers Applications In Engineering Education*, 22(4), 788-802.

Aziz, K. A., & Siang, T. G., (2014). Virtual Reality and Augmented Reality combination as a holistic application for heritage preservation in the Unesco World Heritage Site of Melaka. *International Journal of Social Science and Humanity*, 4(5), 333-338.

Bakker, A. (2018). Discovery learning: zombie, phoenix, or elephant?. *Instructional Science*, 46(1),169-183.

Barker, B. S., Nugent, G., & Grandgenett, N. (2014). Examining fidelity of program implementation in a STEM-oriented out-of-school setting. *International Journal of Technology & Design Education*, 24(1), 39-52.

Barrett, M., & Blackledge, J. (2012). Evaluation of a Prototype Desktop Virtual Reality Model Developed to Enhance Electrical Safety and Design in the Built Environment. *ISAST Transactions on Computing and Intelligent Systems*, 3(3), 1-10.

Basson, I. (2002). Physics and mathematics as interrelated fields of thought development using acceleration as an example. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 33 (5), 679-690

Bayraktar, S. (2009). Misconceptions of Turkish pre-service teachers about force and motion. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(2), 273-291.

- Bell T., Urhahne D., Schanze S., and Ploetzner R. (2010) Collaborative Inquiry Learning: Models, tools, and challenges. *International Journal of Science Education*, 32(3), 349–377.
- Benitti, F.B.V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978–988.
- Besson, U., Borghi, L., De Ambrosis, A. & Mascheretti, P. (2007). How to Teach Friction: Experiments and Models, *American Journal of Physics*, 75(12), 1106-1113.
- Bilal, E., & Erol, M. (2010). Hypothesis-Experiment-Instruction (Hei) Method For Investigation And Elimination Of Misconceptions On Friction. *Balkan Physics Letters*, 18,181036, 269 – 276. Bogazici University Press BPL.
- Blikstein, P. (2013). Digital fabrication and making in education: The democratization of invention. In J. Walter-Herrmann & C. Bóching (eds.), *FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors* (pp. 1-21), Bielefeld: TranscriptPublishers.
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2012). Defining Twenty-First Century Skills. In P. Griffin, B. McGaw, & E. Care (Eds.), *Assessment and Teaching of 21st Century Skills* (pp. 17-66). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Boas, Y. (2013). Overview of virtual reality technologies. Interactive Multimedia Conference.
- Borenstein, J. (2011). Robots and the Changing Workforce. *AI & Society*, 26(1), 87–93.
- Bruner, J.S. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*. 31, 21-32.
- Buttussi, F., Chittaro, L. (2017). Effects of different types of virtual reality display on presence and learning in a safety training scenario. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24(2), 2-15.
- Bybee R. W.(2002). *Learning Science and the Science of Learning*. VA: NSTA Press
- Carey, S. (2000). Science education as conceptual change. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 13–19.
- Carlson-Sabelli, L. L., Giddens, J. F., Fogg, L., & Fiedler, R. A. (2011). Challenges and benefits of using a virtual community to explore nursing concepts among baccalaureate nursing students. *International Journal of Nursing Education Scholarship*, 8(1), 1–14.
- Carvalho, P. S. & Sousa, A. S. (2005). Rotation in Secondary School: Teaching the Effects of Frictional Force, *Physics Education*, 40(3), 257-265.

- Cecil, J., Ramanathan, P., & Mwavita, M. (2013). Virtual Learning Environments in engineering and STEM education. *In Proceedings of the 2013 IEEE Frontiers in Education Conference* (pp. 502–507), Oklahoma City, OK, USA: IEEE.
- Chalmers, C., V. Chandra, S. Hudson, & P. Hudson. (2012). Preservice teachers teaching technology with robotics. *In Australian Teacher Education Association (ATEA) 2012 Conference* (pp. 1-4), Samford Grand Adelaide (Glenelg), Adelaide, SA.
- Chambers, S. K., & Andre, T. (1997). Gender, Prior Knowledge, Interest, and Experience in Electricity and Conceptual Change Text Manipulations in Learning about Direct Current. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 107-123.
- Chandramouli, M., Zahraee, M., & Winer, C. (2014). A fun-learning approach to programming: An adaptive Virtual Reality (VR) platform to teach programming to engineering students. *In Proceedings of the IEEE International Conference on Electro/Information Technology* (pp. 581–586). Milwaukee, WI, USA:IEEE.
- Chang, C. W., Lee, J. H., Wang, C. Y., & Chen, G. D. (2010). Improving the authentic learning experience by integrating robots into the mixed-reality environment. *Computers & Education*, 55(4), 1572–1578.
- Chang, Y. J., Wang, C. C., Luo, Y. S., & Tsai, Y. C. (2014). Kinect-based rehabilitation for young adults with cerebral palsy participating in physical education programs in special education school settings. *In Proceedings of the World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*, (pp. 792–795), Tampere, Finland: AACE
- Chin, K. Y., Hong, Z. W., & Chen, Y. L. (2014). Impact of using an educational robot-based learning system on students motivation in elementary education, *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(4), 333–345
- Chijindu, V., & Inyama, H. (2012). Social Implications of Robots – An Overview. *International Journal of Physical Sciences*, 7(8), 1270–1275
- Chirico, A., Lucidi, F., Laurentiis, M., Milanese, C., Napoli, A., & Giordano, A. (2016). Virtual Reality in Health System: Beyond Entertainment. A Mini Review on the Efficacy of VR During Cancer Treatment. *Journal of cellular physiology*, 231(2), 275-287.
- Chung, L.Y. (2012). Virtual Reality in college English curriculum: Case study of integrating second life in freshman English course. *In Proceedings of the 26th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops* (pp. 250–253). Fukuoka, Japan: IEEE.

- Church, W. J., Ford, T., Perova, T., & Rogers C. (2010). Physics With Robotics:Using LEGO® MINDSTORMS® in High School Education. In *Proceedings of Advancement of Artificial Intelligence Spring Symposium* (pp. 47-49). Stanford, CA: AAAI
- Cronbach, L. J. (1966). The logic of experiments on discovery. In L. S. Shulman & E. H. Keislar (Eds.), *Learning by discovery: A critical appraisal* (pp. 76-92). Chicago, IL: Rand McMally.
- Curriculum Committee for Social, Environmental and Scientific Education. (1999). *Science primary school curriculum*. Dublin, Ireland: Government Publications
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10–32.
- Deb, S., & Ray, A. B. (2016). Smartphone Based Virtual Reality Systems in Classroom Teaching -a study on the effects of learning outcome. In *Proceedings of the IEEE Eighth International Conference on Technology for Education*, (pp. 68–71). Mumbai, India: IEEE.
- DeHart Hurd, P. (1998). Scientific Literacy: New Minds for a Changing World. *Science Education*, 82(3), 407-416.
- Diana, M., & Marescaux, J. (2015). Robotic surgery. *British Journal of Surgery*, 102(2), 15–28.
- DiSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10(2-3), 105-225.
- Doming J. R., & Bradley E. G. (2018). Education Student Perceptions of Virtual Reality as a Learning Tool. *Journal of Educational Technology Systems*, 46(3), 329-342.
- Doncieux, S., Bredeche, N., Mouret, J.B., & Eiben, A.E. (2015). Evolutionary robotics: what, why, and where to. *Frontiers in Robotics and AI*, 2(4), 1-18.
- Duit, R., & Treagust, D. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688.
- Duncan, I. M. M, Miller, A. H. D., & Jiang, S. (2012). A taxonomy of virtual worlds usage in education. *British Journal of Educational Technology*, 43(6), 949-964.
- Eguchi, A. (2010). What is educational robotics? Theories behind it and practical implementation. In D. Gibson & B. Dodge (eds.), *In Proceedings of Society for Information*

- Technology & Teacher Education International Conference 2010* (pp. 4006-4014). Chesapeake, VA: AACE
- Eguchi, A. (2014). Educational robotics for promoting 21st century skills. *Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems*, 8(1), 5–11.
- Eguchi A. (2017) Bringing Robotics in Classrooms. In: Khine M. (eds), *Robotics in STEM Education* (pp. 3-31). Springer
- Erceg, N., & Aviani, I. (2014). Students' understanding of velocity-time graphs and the sources of conceptual difficulties. *Croatian Journal of Education*, 16(1), 43-80.
- EURYDICE. (2014). The System of Education in Poland, *Foundation for the Development of the Education System (FRSE)*, Polish EURYDICE Unit. Retrieved from: http://www.fss.org.pl/sites/fss.org.pl/files/the-system_2014_www_0.pdf
- European Commission. (2015). *Ongoing reforms and policy developments*. Retrieved from: [https://webgate.ec.europa.eu/fpfis/mwikis/eurydice/index.php/Ongoing Reforms and Policy Developments#Reforms in School Education](https://webgate.ec.europa.eu/fpfis/mwikis/eurydice/index.php/Ongoing_Reforms_and_Policy_Developments#Reforms_in_School_Education)
- European Commission. (2016). Structural indicators for monitoring education and training systems in Europe - 2016. *Eurydice background report to the education and training monitor 2016*. Luxembourg, Luxemburg: Publications Office of the European Union
- Ewert, D., Schuster, K., Johansson, D., Schilberg, D., & Jeschke, S. (2013). Intensifying learner's experience by incorporating the virtual theatre into engineering education. In *2013 IEEE Global Engineering Education Conference* (pp. 207-212). Berlin, Germany: IEEE.
- Fagan, M., Kilmon, C., & Pandey, V. (2012). Exploring the adoption of a virtual reality simulation: The role of perceived ease of use, perceived usefulness and personal innovativeness. *Campus-Wide Information Systems*, 29(2), 117– 127.
- Fachantidis, N., Spathopoulou, V. (2011). Cross-Curricular Approach to Robotics in Interactive Museum-Pedagogy Environment. In R. Stelzer & K. Jafarmadar (ed.), *Proc. 2nd International Conference on Robotics in Education, RiE2011* (pp . 207 213).Vienna, Austria .
- Falah, J., Khan, S., Alfalah, T., Alfalah, S. F. M., Chan, W., Harrison, D. K., & Charissis, V. (2014). Virtual Reality medical training system for anatomy education. In *Proceedings of the 2014 Science and Information Conference* (pp. 752–758). London, UK: IEEE.

Falloon, G. (2010). Using avatars and virtual environments in learning: what do they have to offer?. *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 108–122.

Fernandes, L., Matos, G. C., Azevedo, D. R., Nunes, R., Paredes, H., Morgado, L., Barbosa, L. F., Martins, P., Fonseca, B., Cristovão, P., Carvalho F. D., & Cardoso, B. (2016). Exploring educational immersive videogames: an empirical study with a 3D multimodal interaction prototype. *Journal Behavior & Information Technology*, 35(11), 907-918.

Fernando, S. Y., & Marikar, F. M. (2017). Constructivist Teaching/Learning Theory and Participatory Teaching Methods. *Journal of Curriculum and Teaching*, 6(1), 110-122

Finnish National Board of Education (2004). *National core curriculum for basic education 2004*. Helsinki: Finnish National Board of Education. Retrieved from: https://www.oph.fi/english/curricula_and_qualifications/basic_education/curricula_2004

Finnish National Agency for Education. (2014). *Curricula 2014*. Retrieved from: http://www.oph.fi/english/curricula_and_qualifications/basic_education/curricula_2014

Folwer, C. (2015). Virtual reality and learning: Where is the pedagogy?. *British Journal of Educational Technology*, 46(2), 412-422.

Freina, L., & Bottino, R. (2016). Immersion or non-immersion? That is the question. Is immersion useful in a spatial perspective taking task?. In *Immersive Italy 6th European Immersive Education Summit*, Padova, Italy.

Freina, L., & Canessa, A. (2015). Immersive vs desktop virtual reality in game based learning. In *Proceedings of the 9th European Conference on Games Based Learning* (p. 195-202). Steinkjer, Norway: ACIL

Freina, L., & Ott, M. (2015). A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State Of The Art and Perspectives. In *Proceedings of eLearning and Software for Education (eLSE)*. Bucharest, Romania.

Freitas, S., Rebolledo-Mendez, G., Liarokapis, F., Magoulas, G. & Poulouvassilis, A. (2010). Learning as immersive experiences: Using the four-dimensional framework for designing and evaluating immersive learning experiences in a virtual world. *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 69–85.

- Gerber, L., Calasanz-Kaiser, A., Hyman, L., Voitiuk, K., Patil, U., & Riedel-Kruse, I. (2017). Liquid-handling Lego robots and experiments for STEM education and research. *PLOS Biology*, 15(3), 1-9.
- Gieser, S. N., Becker, E., & Makedon, F. (2013). Using CAVE in physical rehabilitation exercises for rheumatoid arthritis. In F. Makedon (Ed.), *In Proceedings of the 6th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments* (pp. 1–4). Rhodes, Greece: ACM.
- Grubbs, M. (2013). Robotics Intrigue Middle School Students and Build STEM Skills. *Technology and Engineering Teacher*, 72 (6), 12–16.
- Gunstone, R. F. (1995). The Importance of Specific Science Content in the Enhancement of Metacognition. In P. J. Fensham, R. F. Gunstone, & R. T. White (Eds.), *The Content of Science: A Constructivism Approach to Its Teaching and Learning* (pp. 131-146). London: The Falmer Press.
- Gura, M. (2012). Lego Robotics: STEM Sport of the Mind. *Learning and Leading with Technology*, 40(1), 12–16
- Guttentag, D. A. (2010). Virtual reality: applications and implications for tourism. *Tourism Management*, 31(5), 637-651.
- Hahner, G. & Spencer, N. (1998). Rubbing and scrubbing. *Physics Today*, 22-26.
- Haidegger, T., Barreto, M., Gonçalves, P., Habibe, M., Ragavanf, S.K.V., Li, H., Vaccarella, A., Perrone, R., & Prestes, E. (2013). *Applied ontologies and standards for service robots. Robotics and Autonomous Systems*, 61(11), 1215-1223.
- Halasz, G. & Michel, A. (2011). Key Competences in Europe: interpretation, policy formulation and implementation. *European Journal of Education*, 46(3), 289-305.
- Halim, L., Yong, T. K., Subahan, T., & Meerah, M. (2014). Overcoming Students ' Misconceptions on Forces in Equilibrium: An Action Research Study. *Creative Education*, 5, 1032-1042.
- Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53, 1056–1065.
- Hancer, A.H. and Durkan, N. (2008). N. Turkish Pupils Understanding of Physical Concept:Force and Movement, *World Applied Sciences Journal*, 3(1), 45-50.

- Harasim, L. (2012). *Learning Theory and Online Learning Technologies*. New York: Routledge
- Hean, S., Craddock, D., & O'Halloran, C. (2009). *Learning theories and interprofessional education: A user's guide*. *Learning in Health and Social Care*, 8(4), 250–262.
- Hew, K. F., & Cheung, W. S. (2010). Use of three-dimensional (3-D) immersive virtual worlds in K-12 and higher education settings: a review of the research. *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 33–55.
- Hristov, G., Zahariev, P., Bencheva, N., & Ivanov, I. (2013). Designing the next generation of virtual learning environments — Virtual laboratory with remote access to real telecommunication devices. In G. Papadourakis (Ed.), *Proceedings of the 24th International Conference on European Association for Education in Electrical and Information Engineering* (pp. 139–144). Chania, Greece: IEEE.
- Huang, H.M., Rauch, U., & Liaw, S.-S. (2010). Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. *Computers & Education*, 55(3), 1171-1182.
- Hung, D. (2001). Theories of learning and computer-mediated instructional technologies. *Educational Media International*, 38(4), 281 – 287.
- Hutchison, A. (2018). Using Virtual Reality to Explore Science and Literacy Concepts. *The Reading Teacher*, 72(3), 343-353.
- Ijaz, K., Bogdanovych, A., & Trescak, T. (2017). Virtual worlds vs books and videos in history education. *Interactive Learning Environments*, 25(7), 1-26.
- International Federation of Robotics (IFR). (2018). *Executive Summary World Robotics 2018 Industrial Robots*. Retrieved from: https://ifr.org/downloads/press2018/Executive_Summary_WR_2018_Industrial_Robots.pdf
- Jenson C.E., Forsyth D.M. (2012). Virtual reality simulation: using three-dimensional technology to teach nursing students. *Computers Informatics and Nursing*, 30(6), 312–318.
- Jerald, J. (2015). *The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality*. Morgan & Claypool: ACM.
- Karahoca, D., Karahoca, A., & Uzunboylub, H. (2011). Robotics teaching in primary school education by project based learning for supporting science and technology courses. *Procedia Computer Science*, 3, 1425-1431

- Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B., & Plimmer, B. (2017). A systematic review of Virtual Reality in education. *Themes in Science & Technology Education*, 10(2), 85-119.
- Kay, J. S., Moss, J. G., Engelman, S., & McKlin, T. (2014). Sneaking in through the back door: Introducing K-12 teachers to robot programming. *In Proceedings of the 45th ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (pp. 499-504). New York, NY, USA: ACM
- Kazakoff, E., Sullivan, A., & Bers, M. (2013). The effect of a classroom-based intensive robotics and programming workshop on sequencing ability in early childhood. *Early Childhood Education Journal*, 41(4), 245-255
- Khanlari, A. (2013). Effects of Robotics on 21st Century Skills. *European Scientific Journal*, 9(27), 27–36.
- Khanlari, A. (2016). Teachers perceptions of the benefits and the challenges of integrating educational robots into primary/elementary curricula. *European Journal of Engineering Education*, 41(3), 320-330
- Kim, C., Kim, M. K., Lee, C., Spector, J. M., & DeMeester, K. (2013). Teacher beliefs and technology integration. *Teaching and Teacher Education*, 29, 76-85.
- Kim, C., Kim, D., Yuan, J., Hill, R. B., Doshi, P., & Thai, C. N. (2015). Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning and teaching. *Computers & Education*, 91, 14–31.
- Kim, S. H., Lee, J., & Thomas, M. K. (2012). Between purpose and method: A review of educational research on 3D virtual worlds. *Journal of Virtual Worlds Research*, 5(1), 1–18.
- Klafter, R. D., Chmielewski, T. A., & Negin, M. (2006). *Robotic Engineering-An Integrated Approach*. Prentice Hall Englewood Cliffs (NJ), 47-54.
- Klahr, D. (2009). To everything there is a season, and a time to every purpose under the heavens: what about direct instruction? In S. Tobias & T. M. Duffy (Eds.), *Constructivist instruction: success or failure?* (pp. 291-310). New York: Routledge.
- Kozhevnikov, M., Gurlitt, J., & Kozhevnikov, M. (2013). Learning relative motion concepts in immersive and non-immersive virtual environments. *Journal of Science Education and Technology*, 22(6), 952–962.
- Kruger, C., Palacio, D. & Summers, M. (1992). Surveys of English primary school teachers' conceptions of force, energy and materials. *Science Education*, 76(4), 339–351.

- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolution*. Chicago: University of Chicago Press.
- Le, Q. T., Pedro, A., & Park, C. S. (2014). A social Virtual Reality based construction safety education system for experiential learning. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 79(3–4), 487–506.
- Lee, E. A. L., & Wong, K. W. (2014). Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. *Computers and Education*, 79, 49-58.
- Lee, E. A. L., Wong, K. W., & Fung, C. C. (2010). How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach. *Computers and Education*, 55 (4), 1424-1442.
- Lele, A. (2013). Virtual reality and its military utility. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 4(1), 17-26.
- Lemmer, M. (2013). Nature, cause and effect of students' intuitive conceptions regarding changes in velocity. *International Journal of Science Education*, 35 (2), 239-261.
- Liaw, S. S., & Huang, H. M. (2013). Investigating self-regulation toward e-learning based on learner attitudes. *Computers & Education*, 60(1), 14-24.
- Lin, C. H., Hsu, Y. J., & Shih, J. L. (2013). Developing Multi-player Digital Adventure Education Game with Motion Sensing Technologies. In *2013 IEEE 13th International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 207–209). Beijing, China: IEEE
- Lin, P., Abney, K., & Bekey, G. (2011). Robot ethics: mapping the issues for a mechanized world. *Artificial Intelligence*, 175(5–6), 942–949.
- Liu, D., Bhagat, K. K., Gao, Y., Chang, T-W., & Huang, R. (2017). The Potentials and Trends of Virtual Reality in Education. In *D. Liu, C. Dede, R. Huang, & J. Richards (Eds.), Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education* (pp. 105-130). Singapore: Springer
- Lohse K. R., Hilderman C.G., Cheung K. L., Tatla S., Van der Loos H. F. (2014). Virtual reality therapy for adults post-stroke: a systematic review and meta-analysis exploring virtual environments and commercial games in therapy. *PloS ONE*, 9(3), 1-13.
- Lorenzo, C. M., Sicilia, M. Á., & Sánchez, S. (2012). Studying the effectiveness of multi-user immersive environments for collaborative evaluation tasks. *Computers and Education*, 59(4), 1361–1376.

- Maani, C. V., Hoffman, H. G., Morrow, M., Maiers, A., Gaylord, K., McGhee L. L., & DeSocio P. A. (2011). Virtual reality pain control during burn wound debridement of combat-related burn injuries using robot-like arm mounted VR goggles. *Journal of Trauma*, 71(1), 125-130.
- Makransky, G., Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Association of Educational Communications and Technology*, 66(5), 1141-1164.
- Martínez, G., Naranjo, F. L., Pérez, A. L., Suero, M. I. y Pardo, P. J. (2011). Comparative study of the effectiveness of three learning environments: Hyper-realistic virtual simulations, traditional schematic simulations and traditional laboratory. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 7(2), 020111.
- Mavroidis C., Ferreira A., (2013). Nanorobotics: Past, Present, and Future. In C. Mavroidis & A. Ferreira (eds) *Nanorobotics* (pp. 3-27). New York: Springer.
- McDermott, L. C. (1998). Students' conceptions and problem solving in mechanics. In A. Tiberghien, E. L. Jossem, & J. Barojas (Eds.), *Connecting research in physics education with teacher education* (pp. 1–11), OH: ICPE Books.
- McDermott, L. C., Rosenquist, M. L., & Van Zee, E. H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*, 55 (6), 503-513.
- McGill, M. M. (2012). Learning to program with personal robots: Influences on student motivation. *ACM Transactions on Computing Education*, 12(1), 4:1–4:32
- McIntire, J. P., Havig, P. R., & Geiselman, E. E. (2012). What is 3D good for? A review of human performance on stereoscopic 3D displays. *SPIE Defense, security, and sensing. International Society for Optics and Photonics*, 83830X.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Keeney-Kennicutt, W., Kwok, O., Cifuentes, L., & Davis, T. J. (2012). The learner characteristics, features of desktop 3D virtual reality environments, and college chemistry instruction: A structural equation modeling analysis. *Computers & Education*, 59(2), 551–568.

- Mies, G. (2010). Military robots of the present and the future. *Robotics Deutschland GmbH, Neuhausen*, 9(1), 125 – 137.
- Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: a ten-year review of empirical research (1999-2009). *Computer & Education*, 56(3), 769-780.
- Miller D.P., Nourbakhsh I. (2016) Robotics for Education. In: Siciliano B., Khatib O. (eds) *Springer Handbook of Robotics*. Springer Handbooks. Springer, Cham
- Minstrell, J. (1982). Explaining the ‘at rest’ condition of an object. *The Physics Teacher*, 20(1), 10–14.
- Molefe, N. P. J., Lemmer, M., & Smit, J. J. A. (2005). Comparison of the learning effectiveness of computer-based and conventional experiments in science education. *South African Journal of Education*, 25 (1), 50-55.
- Moro, C.; Stromberga, Z.; Stirling, A. (2017). Virtualisation devices for student learning: Comparison between desktop-based (Oculus Rift) and mobile-based (Gear Vr) virtual reality in medical and health science education. *Australasian Journal of Educational Technology*. 33(6), 1-10.
- Motlhabane, A. (2016). Learner’s alternative and misconceptions in physics: A phenomenographic study. *Journal of Baltic Science Education*, 15(4), 424-440.
- Muhanna, M. A. (2015). Virtual reality and the cave: Taxonomy, interaction challenges and research directions. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 27(3), 344-361.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Minnich, C. A., Stanco, G. M., Victoria, A. A., Centurino, A. S., & Castle, C. E. (Eds.). (2011). *TIMSS 2011 encyclopedia: Education policy and curriculum in mathematics and science*. Volume 2: L–Z and benchmarking participants. Boston, MA: TIMSS and PIRLS International Study Center, Boston College.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Goh, S., & Cotter, K. (Eds.) (2016). *TIMSS 2015 Encyclopedia: Education Policy and Curriculum in Mathematics and Science*. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center.
- Napolitano, M. A., Hayes, S., Russo, G., Muresu, D., Giordano, A., & Foster, G. D. (2013). Using avatars to model weight loss behaviors: Participant attitudes and technology development. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 7(4), 1057–1065.

- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington D.C: National Academy Press.
- Nelson, N. (2015). *NPR: All Tech Considered. Virtual Reality's Next Hurdle: Overcoming 'Sim Sickness*. Retrieved from: <http://www.npr.org/sections/alltechconsidered/2014/08/05/338015854/virtual-realitys-next-hurdle-overcoming-sim-sickness>.
- Nilsson, N. C., Nordahl, R. & Serafin, S. (2016). Immersion Revisited: A Review of Existing Definitions of Immersion and Their Relation to Different Theories of Presence. *Human Technology*, 12 (2), 108-134.
- Nugent, G., Bradley, B., Grandgenett, N., & Adamchuk, V. I. (2010). Impact of robotics and geospatial technology interventions on youth STEM learning and attitudes. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(4), 391-408
- Ogbuanya, T. C., & Onele, N. O. (2018). Investigating the Effectiveness of Desktop Virtual Reality for Teaching and Learning of Electrical/ Electronics Technology in Universities. *Computers in the Schools*, 35(3), 226-248.
- Onyesolu, M.O., Eze, F.U. (2011). Understanding Virtual Reality Technology: Advances and Applications. In Schmidt, M. (eds.) *Advances in Computer Science and Engineering* (pp. 53-70). Rijeka, Croatia: InTech Open Access Publishers,
- Ören, T.I. (2011). The Many Facets of Simulation through a Collection of about 100 Definitions. *SCS M&S Magazine*, 2(2), 82-92.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). Science education in Europe: Critical reflections. *A report to the Nuffield Foundation*. London: King's College.
- Ospennikova, A., Ershov, M., & Iljin, I. (2015). Educational robotics as an inovative educational technology. *Social and Behavioral Sciences*, 214, 18–26.
- Paliwoda-Pękosz, G., & Stal, J. (2015). ICT in supporting content and language integrated learning: experience from Poland. *Information Technology For Development*, 21(3), 403-425.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms--Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- Park, J. (2015). Effect of robotics enhanced inquiry based learning in elementary science education in South Korea. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 34(1), 71-95.

- Parong, J., & Mayer, R. E. 2018. Learning Science in Immersive Virtual Reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785-797
- Pekrun, R., & Stephens, E. J. (2010). Achievement emotions: A controlvalue approach. *Social and Personality Psychology Compass*, 4(4), 238-255
- Peng, G., Wang, G., Liu, W., & Yu, H. (2010). A desktop virtual reality-based interactive modular fixture configuration design system. *Computer-Aided Design*, 42(5), 432–444.
- Perez-Valle, A., & Sagasti, D. (2012). A novel approach for tourism and education through virtual Vitoria-Gasteiz in the 16th century. In *Proceedings of the 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia* (pp. 615– 618). Milan, Italy: IEEE.
- Perrenot, C., Perez, M., Tran, N., Jehl, J. P., Felblinger, J., Bresler, L., & Hubert, J. (2012). The virtual reality simulator dV-Trainer is a valid assessment tool for robotic surgical skills. *Surgical Endoscopy*, 26(9), 2587–2593.
- Petrescu, R.V., Aversa, P., Apicella, A., & Petrescu, F. I. (2016). Future medicine services robotics. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 9(4), 1062-1087.
- Piaget, J. (1929). *The child's conception of the world* (J. Tomlinson, & A. Tomlinson, Trans.). London: Routledge & Kegan Paul.
- Piaget, J. (1969). *The Psychology of Intelligence*. N.J. Littlefield, ADAMS.
- Piovesan, S. D., Passerino, L. M., & Pereira, A. S. (2012). Virtual reality as a tool in the education. In *International Association for Development of the Information Society, International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA)*, Madrid, Spain.
- Pitti, K., Curto, B., Moreno, V., & Rodríguez, M. J. (2013). Resources and features of robotics learning environments (RLEs) in Spain and Latin America. In *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality* (pp. 315-322). New York, NY, USA: ACM.
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories in science, and engineering: a review. *Computers & Education*, 95, 309- 327.
- Reisoglu, I., Yilmaz, R., Yilmaz, T. K., & Goktas, Y. (2017). 3D virtual learning environments in education: a meta-review. *Asia Pacific Education Review*, 18(1), 81-100.

- Renninger, K. A., & Hidi, S. (2016). *The power of interest for motivation and learning*. New York, NY: Routledge.
- Rosenquist, M. L., & McDermott, L. C. (1987). A conceptual approach to teaching kinematics. *American Journal of Physics*, 55(5), 407-415.
- Rubio-Tamayo, J., Barrio, M. G., García, F. G. (2017). Immersive Environments and Virtual Reality: Systematic Review and Advances in Communication, Interaction and Simulation. *Multimodal Technologies Interaction*, 1(4), 21.
- Salazar, A, Sánchez-Lavega, A., & Arriandiaga, M. A. (1990). Is the frictional force always opposed to the motion?. *Physics Education*, 25(2), 82–85.
- Samuels, P. C. & Haapasalo, L. (2012). Real and virtual robotics in mathematics education at the school–university transition. *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, 43(3), 285-301.
- Schofield, D. (2014). A virtual education: Guidelines for using games technology. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, 13, 25-43. Retrieved from <http://www.jite.org/documents/Vol13/JITEv13IIPp025-043Schofield0465.pdf>
- Scott, P., Asoko, H., Driver, R., and Emberton, J. (1994). Working from children’s ideas: Planning and teaching a chemistry topic from a constructivist perspective. In Fensham, P., Gunstone, R., and White, R. (Eds.), *The Content of Science: A Constructivist Approach to its Teaching and Learning* (pp. 201–220). Falmer Press, London,
- Scott, P., Asoko H. & Leach J. (2007). Student Conceptions and Conceptual Learning in Science. In S.K. Abell & N.G. Lederman (eds.) *Handbook of Research on Science Education* (pp. 31-56). Lawrence Erlbaum ASS. Inc
- Sencar, S., & Eryilmaz, A. (2004). Factors Mediating the Effect of Gender on Ninth-Grade Turkish Students’ Misconceptions Concerning Electric Circuits. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(6), 603-616.
- Shaffer, P. S., & McDermott, L. C. (2005). A research-based approach to improving student understanding of the vector nature of kinematical concepts. *American Journal of Physics*, 73(10), 921-931.
- Sharma, S.V. and Sharma, K.C. (2007). Concepts of Force and Frictional Force: the Influence of Preconceptions on Learning Across Different Levels, *Physics Education*, 42 (5), 516-521.

- Sharma, S., & Otunba, S. (2012). Collaborative virtual environment to study aircraft evacuation for training and education. *In Proceedings of the 2012 International Conference on Collaboration Technologies and Systems* (pp. 569-574). Denver, CO, USA: IEEE.
- Shneier, M., & Bostelman, R. (2015). Literature Review of Mobile Robots for Manufacturing, National Institute of Standards and Technology, *US Department of Commerce*, Gaithersburg, MD, USA.
- Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani, L., & Oriolo, G. (2009.) *Robotics: Modelling, Planning and Control*. London: Springer.
- Siegwart, R., Nourbakhsh, I.R., & Scaramuzza, D. (2011). *Introduction to Autonomous Mobile Robots* (second ed.), MIT Press.
- Sjoberg, S. (2007). Constructivism and Learning. In E. Baker, B. McGaw and P. Peterson, (eds.), *International Encyclopedia of Education, 3rd Edition* (pp. 1-10). Oxford, Elsevier.
- Skinner, B F. (1974). *About Behaviorism*. New York, Knopf.
- Smetana, L. K., & Bell, R. L. (2012). Computer simulations to support science instruction and learning: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 34(9), 1337-1370.
- Somyurek, S. (2014). An effective educational tool: Construction kits for fun and meaningful learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(1), 25–41.
- Stepan, K., Zeiger, J., Hanchuk, S., Del Signore, A., Shrivastava, R., Govindaraj, S., & Illoreta, A. (2017). Immersive virtual reality as a teaching tool for neuroanatomy. *International Forum of Allergy & Rhinology*, 7(10), 1006–1013.
- Svinicki, M. D. (1998). A theoretical foundation for discovery learning. *Advances in Physiology Education*, 20(6), 4-7.
- Takala, T. (2014). RUIS: a toolkit for developing virtual reality applications with spatial interaction. In A. Wilson (Ed.), *In Proceedings of the 2nd ACM Symposium on Spatial Interaction* (pp. 94-103). Honolulu, Hawaii, USA: ACM.
- Tobias, S., & Fletcher, J. D. (2011). *Computer games and instruction*. Charlotte, NC: Information Age Publishers.
- Tokel, S. T., & Karatas, E. C. (2014). Three-dimensional virtual worlds: research trends and future directions. *Journal of the Faculty of Education*, 10(1), 1-12.

- Toth, E. E., Morrow, B. L., & Ludvico, L. R. (2009). Designing blended inquiry learning in a laboratory context: A study of incorporating hands-on and virtual laboratories. *Innovative Higher Education*, 33(5), 333 – 344.
- Tredinnick, R., Vanderheiden, J., Suplinski, C., & Madsen, J. (2014). CAVE visualization of the IceCube neutrino detector. In S. Coquillart, K. Kiyokawa, J. E. Swan II & D. Bowman (Eds.), *Proceedings of the 2014 IEEE Virtual Reality* (pp. 117–118). Minneapolis, MN, USA: IEEE.
- Tredinnick, R., Boettcher, B., Smith, S., Solovy, S., & Ponto, K. (2017). Uni-cave: A unity3d plugin for non-head mounted vr display systems. In *2017 IEEE Virtual Reality (VR)*, (pp. 393–394), Los Angeles, CA, USA: IEEE
- Trowbridge, D. E., & McDermott, L. C. (1981). Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension. *American Journal of Physics*, 49(3), 242–253.
- Tsaramirsis, G., Buhari, S., AL-Shammari, K. O., Ghazi, S., Nazmudeen, M. S., & Tsaramirsis, K. (2016). Towards simulation of the classroom learning experience: Virtual Reality approach. In H. Mn (Ed.), *The 10th Indiacom - 2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development* (pp. 1343-1346). New Delhi, India: IEEE.
- Tuysuz, C. (2010). The effect of the virtual laboratory on students' achievement and attitude in chemistry. *International Online Journal of Educational Sciences*, 2(1), 37-53.
- Valdez, M. T., Ferreira, C. M., & Barbosa, F. P. M. (2013). Distance education using a desktop virtual reality (VR) system. In *Proceedings of 2013 24th EAEEIE Annual Conference (EAEEIE 2013)* (pp. 145-150). Chania, Greece: IEEE.
- Viennot, L. (2003). Teaching physics. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic.
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299-321.
- Vygotsky, LS (1978) *Mind in society: The development of higher psychological processes*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Wehner, A. K., Gump, A. W., & Downey, S. (2011). The Effects of Second Life on the motivation of undergraduate students learning a foreign language. *Computer Assisted Language Learning*, 24(3), 277-289.

- Wei, L., Zhou, H., Soe, A.K., Nahavandi, S. (2013). Integrating Kinect and haptics for interactive STEM education in local and distributed environments. *In Proceedings of 2013 IEEE/ASME International Conference Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)* (pp.1058–1065), Wollongong, NSW, Australia: IEEE.
- Whitaker, R.J. (1983). Aristotle is not dead: Student understanding of trajectory motion. *American Journal of Physics*, 51(4), 352–357.
- Williams, K., Igel, I., Poveda, R., Kapila, V., & Iskander, M. (2012). Enriching K-12 science and mathematics education using LEGOs. *Advances in Engineering Education*, 3(2), 1-27.
- Worthen, B.R. (1968). A study of discovery and expository presentation: Implications for teaching. *Journal of Teacher Education*, 19(2), 223-242.
- Wu, H. K., Lee, S.W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49.
- Xidias, E., Aspragathos, N.A., & Azariadis, P. N.(2012). Mission Planning of Mobile Robots and Manipulators for Service Applications. In M. Ceccarelli (Eds.), *Service Robots and Robotics* (pp. 51- 77). USA: IGI Global
- Xu, X., & Ke, F. (2016). Designing a Virtual-Reality-Based, Gamelike Math Learning Environment. *American Journal of Distance Education*, 30(1), 27-38.
- Yildirim, G. (2017). The Users' views on Different Types of Instructional Materials Provided in Virtual Reality Technologies. *European Journal of Education Studies*, 3(11). 150-171.
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38(9), 25–32.
- Αναγνωστάκης, Σ., & Σταύρου, Δ. (2015). Πειραματικές Διατάξεις Φυσικών Επιστημών με Εκπαιδευτική Ρομποτική. *9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών* (pp. 34-35). Θεσσαλονίκη.
- Υπουργείο Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων (2003α). *Αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών για το μάθημα «Ερευνώ το φυσικό κόσμο» (ΑΠΣ)*. Ανάκτηση από:
http://ebooks.edu.gr/info/cps/24aps_erebno_to_fisiko_kosmo.pdf
- Υπουργείο Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων (2003β). *Διαθεματικό ενιαίο πλαίσιο προγραμμάτων σπουδών των φυσικών επιστημών (ΔΕΠΠΣ)*. Ανάκτηση από:
<http://ebooks.edu.gr/info/cps/21depps%20Fisikon%20Epistimon.pdf>

Υπουργείο Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων (2011). *Πρόγραμμα σπουδών φυσικών επιστημών δημοτικού για το «Νέο Σχολείο»*. Ανάκτηση από:

<http://ebooks.edu.gr/info/newps/%CE%A6%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B5%CF%82/%CE%A6%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AC%20%CE%94%CE%B7%CE%BC%CE%BF%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D.pdf>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α1

Pre-test

Όνοματεπώνυμο: _____

1. Συμπληρώστε τα κενά με τις παρακάτω λέξεις

Ορυκτά καύσιμα, πυρηνική σχάση, ενέργεια του φωτός, θέση, κίνησης, μετάδοση, τροφές, ηλεκτρικά κυκλώματα

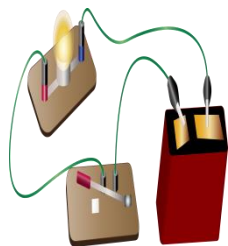
Οι μορφές ενέργειας

Την ενέργεια που περιέχουν _____ και _____ την ονομάζουμε χημική, την ενέργεια που μεταφέρεται μέσα από _____ ηλεκτρική, την ενέργεια που προκύπτει από _____ πυρηνική, ενώ την _____ φωτεινή.

Τη _____ από ένα θερμότερο σε ένα άλλο ψυχρότερο σώμα την ονομάζουμε θερμότητα. Την ενέργεια που έχει ένα σώμα λόγω _____ του ή των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό την ονομάζουμε δυναμική. Την ενέργεια που έχει ένα σώμα λόγω _____ του την ονομάζουμε κινητική.

2. Γράφω τις μετατροπές ενέργειας

Ηλεκτρική ενέργεια, χημική ενέργεια, θερμότητα, κινητική ενέργεια, δυναμική ενέργεια, πυρηνική ενέργεια, φωτεινή

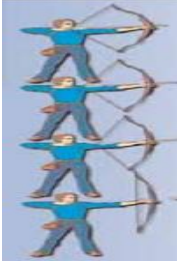


Από

Σε









3. Απαντήστε στην παρακάτω ερώτηση

Η οικογένεια του Πέτρου χρησιμοποιεί ξύλα στο τζάκι για να ζεσταθεί το χειμώνα. Την ημέρα χρειάζονται 40 κιλά ξύλα για να ζεσταθούν και τα 20 κιλά ξύλα κοστίζουν 4 ευρώ.

Πόσα χρήματα χρειάζονται για να ζεσταθούν όλο το χειμώνα; (χειμώνας= 90 ημέρες)

4. Κυκλώστε το σωστό

1. Η χρήση της πυρηνικής ενέργειας:

- α) δεν επιβαρύνει το περιβάλλον
- β) επιβαρύνουν το περιβάλλον επικίνδυνα απόβλητα
- γ) επιβαρύνουν το περιβάλλον με διοξείδιο του άνθρακα

2. Η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο πετρέλαιο είναι:

- α) χημική
- β) φωτεινή
- γ) θερμική

3. Κατά την λειτουργία των μηχανών η ενέργεια:

- α) μετατρέπεται σε ένα άλλο είδος χρήσιμης ενέργειας
- β) μετατρέπεται σε ένα είδος υποβαθμισμένης ενέργειας
- γ) μετατρέπεται σε ένα είδος ενέργειας που είναι πιο εύκολα αξιοποιήσιμη

4. Την ενέργεια :

- α) μπορούμε να την δημιουργήσουμε
- β) μπορούμε να την εξαφανίσουμε
- γ) δεν μπορούμε να την δημιουργήσουμε ούτε να την εξαφανίσουμε

5. Απαντήστε στην παρακάτω ερώτηση

Αν για να λειτουργήσει τα εργοστάσια της ΔΕΗ μία μέρα σε όλη την Ελλάδα χρειάζονται 5000 βαρέλια πετρέλαιο.

α) Πόσα βαρέλια χρειάζονται όλο το χρόνο;

β) Εκτός από το οικονομικό κόστος, γιατί θα έπρεπε να προσέχουμε την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας;

Φύλλο αξιολόγησης 1-Ταχύτητα

Όνοματεπώνυμο: _____

1. Διαβάστε τις παρακάτω προτάσεις και κύκλωσε το Σ (σωστό) αν η πρόταση είναι σωστή ή το Λ (λάθος), αν η πρόταση είναι λάθος.

α. Όσο μεγαλύτερη είναι η μετατόπιση σε ένα χρονικό διάστημα τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του αντικειμένου που εκτελεί αυτήν την κίνηση. Σ Λ

β. Αν μία μηχανή η οποία έχει σταθερή ταχύτητα χρειάζεται το διπλάσιο χρόνο για να καλύψει μία συγκεκριμένη απόσταση από ένα αυτοκίνητο τότε αυτό σημαίνει ότι η μηχανή έχει διπλάσια ταχύτητα από το αυτοκίνητο. Σ Λ

γ. Η μονάδα μέτρησης της ταχύτητας είναι τετραγωνικό μέτρο το δευτερόλεπτο (m^2/s). Σ Λ

δ. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα ενός αυτοκινήτου τόσο μικρότερο χρόνο χρειάζεται για να διανύσει μία απόσταση.

2. Κυκλώστε το σωστό και αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Η απόσταση Ηράκλειο-Χανιά είναι περίπου 140 χιλιόμετρα. Ένα αυτοκίνητο ξεκινάει στις 1 το μεσημέρι και κινείται με τη σταθερή ταχύτητα των 70 χιλιομέτρων την ώρα και μία μηχανή ξεκινάει μισή ώρα μετά το αυτοκίνητο να κινείται με την διπλάσια σταθερή ταχύτητα του αυτοκινήτου.

i) Στα Χανιά πρώτα έφτασε: α) το αυτοκίνητο β) η μηχανή

ii) Γιατί;

3. Απαντήστε στην παρακάτω ερώτηση.

Καθημερινά χρησιμοποιούμε τα ΜΜΜ (Μέσα Μαζικής Μεταφοράς) ή τα αυτοκίνητα αντί να περπατάμε; Γιατί συμβαίνει αυτό;

4. Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις

Δύο αυτοκίνητα τις φόρμουλα 1 βρίσκονται στην τελική ευθεία για τον τερματισμό. Το αυτοκίνητο 1 απέχει από τον τερματισμό 750 μέτρα και έχει ταχύτητα 25 μέτρα το δευτερόλεπτο. Το αυτοκίνητο 2 απέχει από τον τερματισμό 1200 μέτρα και έχει ταχύτητα 30 μέτρα το δευτερόλεπτο.

α) Ποιο αυτοκίνητο θα φτάσει πρώτο;

β) Τι θα αλλάζατε προκειμένου και τα δύο αυτοκίνητα να φτάνανε ταυτόχρονα στον τερματισμό;

5. Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα και απαντήστε στις ερωτήσεις

Ευπνάτε το πρωί του Σαββάτου κατά τις 11 και συνειδητοποιείτε ότι έχετε 2 ώρες μόνο πριν πρέπει να μαγειρέψετε. Φτιάχνετε λοιπόν μία λίστα με όλα τα μέρη που πρέπει να επισκεφθείτε κατά σειρά και την απόσταση που πρέπει να καλύψετε κάθε φορά. Η ταχύτητα σας όταν περπατάτε είναι 10 χιλιόμετρα την ώρα.

Μέρη	Απόσταση(Το ένα από το άλλο)	Χρόνος
Μανάβικο	3 χιλιόμετρα	
Ιχθυοπωλείο	4 χιλιόμετρα	
Φούρνος	6 χιλιόμετρα	
Κρεοπωλείο	6 χιλιόμετρα	
Τυροκομείο	3 χιλιόμετρα	
Σπίτι	4 χιλιόμετρα	

α)Προλαβαίνετε τελικά να επισκεφτείτε όλα τα μέρη στο χρόνο που έχετε;

β) Αν η ταχύτητα σας όταν τρέχετε είναι 20 χιλιόμετρα την ώρα και μπορούσατε να τρέξετε 2 αποστάσεις από αυτές στον πίνακα, ποιες θα ήταν αυτές και γιατί; Θα σας έφθανε τώρα ο χρόνος;

Φύλλο αξιολόγησης 2- Επιτάχυνση

Όνοματεπώνυμο: _____

1. Κάντε την αντιστοίχιση

Επιτάχυνση ● ● η απόσταση που διανύθηκε μεταξύ 2 θέσεων (αρχικής-τελικής θέσης).

Ταχύτητα ● ● το πόσο γρήγορα αλλάζει (ρυθμός μεταβολής) η ταχύτητα ενός σώματος σε μία χρονική στιγμή.

μεταβολή θέσης ● ● το πόσο γρήγορα αλλάζει (ρυθμός μεταβολής) η θέση ενός σώματος σε μία χρονική στιγμή.

2. Συμπληρώστε τις προτάσεις

- Όσο περισσότερο χρόνο χρειάζεται ένα αυτοκίνητο για να αυξήσει την ταχύτητα του τόσο _____ είναι η επιτάχυνση του.
- Όσο περισσότερη ταχύτητα έχει ένα αυτοκίνητο σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα τόσο _____ είναι η επιτάχυνση του.
- Όσο λιγότερο χρόνο χρειάζεται ένα αυτοκίνητο για να αυξήσει την ταχύτητα του τόσο _____ είναι η επιτάχυνση του.
- Όσο λιγότερη ταχύτητα έχει ένα αυτοκίνητο σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα τόσο _____ είναι η επιτάχυνση του

3. Επιλέξτε το σωστό και αιτιολογήστε

Ένας τροχονόμος έχει στην κατοχή του δύο οχήματα, μία μηχανή και ένα αυτοκίνητο. Η μηχανή έχει επιτάχυνση 10 μέτρα το δευτερόλεπτο και ξεκινάει αμέσως. Το αυτοκίνητο έχει

επιτάχυνση 15 μέτρα το δευτερόλεπτο αλλά χρειάζεται 2 δευτερόλεπτα προκειμένου ξεκινήσει να κινείται. Το όριο ταχύτητας στην πόλη είναι 50 μέτρα το δευτερόλεπτο και στην εθνική οδό 120 μέτρα το δευτερόλεπτο.

A) Εφόσον χρειαστεί, με ποιο όχημα μπορούμε να φτάσουμε πιο γρήγορα το όριο ταχύτητας στην πόλη και με ποιο στη εθνική οδό;

B) Γιατί;

4. Διάβασε τις παρακάτω προτάσεις και κύκλωσε το Σ (σωστό) αν η πρόταση είναι σωστή ή το Λ (λάθος), αν η πρόταση είναι λάθος.

α. Όταν κατεβαίνουμε τις σκάλες μπορούμε να επιταχύνουμε μίας και δεν υπάρχει κανείς κίνδυνος.

Σ Λ

β. Η αύξηση της ταχύτητας ενός αεροπλάνου είναι απαραίτητη προκειμένου να μπορέσει να απογειωθεί.

Σ Λ

γ. Όταν είμαστε στο αυτοκίνητο και βλέπουμε έναν πεζό να περνάει το δρόμο, επιταχύνουμε προκειμένου να περάσουμε πρώτοι.

Σ Λ

δ. Η επιτάχυνση είναι απαραίτητη προκειμένου να προσπεράσουμε ένα αυτοκίνητο που τρέχει με την ίδια ταχύτητα με εμάς.

Σ Λ

5.Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις

Ένα διαστημόπλοιο προκειμένου να φύγει από την Γη πρέπει να αναπτύξει περίπου ταχύτητα 11200 μέτρα το δευτερόλεπτο. Για να γίνει αυτό προσθέτουμε στα διαστημόπλοια πυραύλους με καύσιμα. Στην αμερικανική διαστημική εταιρία NASA Το διαστημόπλοιο «Δίας» κατά τον πρώτο σχεδιασμό του έχει μαζί με τους πυραύλους του επιτάχυνση 40 μέτρα το δευτερόλεπτο και χωρητικότητα για καύσιμα που επαρκούν για 240 δευτερόλεπτα.

Κατά την ανάλυση των στοιχείων του ο υπεύθυνος της NASA απορρίπτει το σχεδιασμό. Γιατί πιστεύετε ότι το έκανε αυτό;

Τι αλλαγές θα προτείνατε να γίνουν στους πυραύλους προκειμένου να μπορέσει το διαστημόπλοιο να φύγει από την Γη με επιτυχία;

Φύλλο αξιολόγησης 3-Τριβή

Όνοματεπώνυμο: _____

1. Υπογραμμίστε το σωστό

Η τριβή ονομάζεται μία **δύναμη/ενέργεια**, η οποία **διευκολύνει/αντιστέκεται** στην κίνηση ενός σώματος πάνω σε ένα άλλο με το οποίο έρχεται σε επαφή. Εξαρτάτε από δύο μεταβλητές. Το **μέγεθος/ βάρος** του αντικειμένου που είναι **σταθερό/κινείται** και το **είδος/ ποσοστό επαφής** των επιφανειών των αντικειμένων που έρχονται σε επαφή

2. Αντιστοιχίστε την στήλη 1 με την στήλη 2

Η επιλογή σας

Το αποτέλεσμα

1)



2)



3)





3. Διάβασε τις παρακάτω προτάσεις και κύκλωσε το Σ (σωστό) αν η πρόταση είναι σωστή ή το Λ (λάθος), αν η πρόταση είναι λάθος.

α. Βάζουμε λάδι στην μηχανή του αυτοκινήτου γιατί δεν επιθυμούμε την τριβή μεταξύ των διαφόρων μέρων του κινητήρα .

Σ Λ

β. Ένας άνθρωπος δεν επιθυμεί την τριβή καθώς κάνει σκι.

Σ Λ

γ. Το λάδι που βάζουμε στους μεντεσέδες σε μία πόρτα είναι προκειμένου να αυξήσουν την τριβή και να κινείται πιο εύκολα η πόρτα.

Σ Λ

δ. Όταν θέλουμε να μετακινήσουμε ένα φορτίο είναι πιο εύκολο αν η μικρή επιφάνεια του φορτίου έρχεται σε επαφή με το έδαφος.

Σ Λ

ε. Ο κίνδυνος να γλιστρήσουμε είναι μικρότερος όταν η σόλα του παπουτσιού μας είναι πιο τραχιά .

Σ Λ

στ. Δεν θα μπορούσατε να πιάσετε οποιοδήποτε αντικείμενο αν δεν υπήρχε η τριβή.

Σ Λ

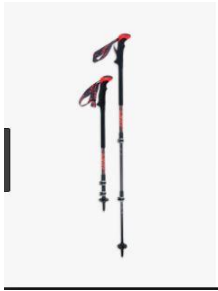
4. Υπογραμμίστε το σωστό.

α. Ξυπνάτε ένα πρωί και έχει χιονίσει λίγο. Δεν έχετε αντιολισθητικές αλυσίδες ακόμα. Προκειμένου να χρησιμοποιήσετε το αυτοκίνητο με όσο μεγαλύτερη ασφάλεια γίνεται θα: i) αυξήσετε το βάρος του αυτοκινήτου ή ii) θα μειώσετε το βάρος του αυτοκινήτου

β) Γιατί;

5. Απαντήστε στην παρακάτω ερώτηση

Στις παρακάτω εικόνες βλέπουμε 3 υλικά απαραίτητα για κάποιον ο οποίος θέλει να κάνει ορειβασία.



Εικόνα 1



Εικόνα 2



Εικόνα 3

Για ποιόν λόγο πιστευτέ είναι απαραίτητά τα παρακάτω αντικείμενα στην ορειβασία;

Post-test

Όνοματεπώνυμο: _____

1. Συμπληρώστε: ταχύτητα ή επιτάχυνση

Ο ρυθμός μεταβολής της θέσης ενός σώματος ως προς το χρόνο ονομάζεται _____.

Όσο λιγότερο χρόνο χρειάζεται ένα αυτοκίνητο για να αυξήσει την _____ του τόσο μεγαλύτερη είναι η _____ του.

Αν μία μηχανή η οποία έχει σταθερή ταχύτητα χρειάζεται το διπλάσιο χρόνο για να καλύψει μία συγκεκριμένη απόσταση από ένα αυτοκίνητο τότε αυτό σημαίνει ότι η μηχανή έχει τη μισή _____ από το αυτοκίνητο.

Ο ρυθμός μεταβολής της _____ ενός σώματος ως προς το χρόνο ονομάζεται _____.

2. Συμπληρώστε τα κενά με τις κατάλληλες λέξεις

α) Η τριβή ονομάζεται μία _____, η οποία _____ στην κίνηση ενός σώματος πάνω σε ένα άλλο με το οποίο έρχεται σε _____.

β) Η τριβή εξαρτάται από δύο μεταβλητές. Το _____ του αντικειμένου που _____ και το είδος των _____ των αντικειμένων που έρχονται σε _____.

3. Κυκλώστε το σωστό και αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Βρίσκεστε στο κέντρο της πόλης του Ηρακλείου. Προκειμένου να πάτε στο λιμάνι έχετε δύο τρόπους. Μπορείτε να πάτε με τα πόδια ή με το αυτοκίνητο σας. Με τα πόδια η απόσταση που θα χρειαστεί να διανύσετε είναι 200 μέτρα ενώ με το αμάξι θα χρειαστεί να διανύσετε 1,5 χιλιόμετρα. Αν με τα πόδια η σταθερή σας ταχύτητα είναι 1 μέτρο το δευτερόλεπτο και με το αυτοκίνητο είναι 6 μέτρα το δευτερόλεπτο εξαιτίας της κίνησης.

i) Στο λιμάνι φτάνουμε πιο γρήγορα με: α) τα πόδια β) το αυτοκίνητο

ii) Γιατί;

4. Απαντήστε στις ερωτήσεις

Ένα αεροπλάνο χρειάζεται να αυξήσει την ταχύτητα του στα 80 μέτρα το δευτερόλεπτο προκειμένου να απογειωθεί. Το αεροπλάνο ξεκινάει από ακινησία, και στα 4 δευτερόλεπτα η ταχύτητα του είναι 12 μέτρα το δευτερόλεπτο.

Θα έχει απογειωθεί μετά από 20 δευτερόλεπτα από την ώρα που ξεκίνησε; Γιατί;

Πόση θα πρέπει να είναι η επιτάχυνση του αν θέλει να απογειωθεί σε 20 δευτερόλεπτα;

5. Απαντήστε στις ερωτήσεις

Είστε υπεύθυνος μίας εταιρίας μεταφορών. Θέλετε να μεταφέρετε δύο φορτία από την αποθήκη σας στη πόλη του Ηρακλείου. Το ένα φορτίο ζυγίζει 20 τόνους και το άλλο 14 τόνους. Στη διάθεση σας έχετε δύο ίδια φορτηγά που μπορούν να μεταφέρουν μέχρι 20 τόνους το κάθε ένα το πολύ. Υπάρχουν δύο δρόμοι που συνδέουν την αποθήκη με το Ηράκλειο. Ο δρόμος Α έχει απόσταση 50 χιλιομέτρα από το Ηράκλειο αλλά έχει αρκετές ανηφόρες ενώ ο δρόμος Β έχει απόσταση 80 χιλιομέτρα αλλά βρέχει αυτή τη στιγμή.

Α. Ποια διαδρομή θα επιλέξετε για κάθε φορτίο με βάση την δυνατότητα των φορτηγών να μεταφέρουν τα φορτία από τη συγκεκριμένη διαδρομή(μπορούν δηλαδή να τη πραγματοποιήσουν ή μπορεί να υπάρξει κάποιο πρόβλημα) και το χρόνο παράδοσης τους. Αιτιολογήστε γιατί.

Β. Έστω ότι έχετε επιλέξει για τη μεταφορά και των δύο φορτίων το δρόμο Β. Με πιο φορτίο θα μπορούσατε να τρέξετε πιο γρήγορα με τη μεγαλύτερη ασφάλεια;

6. Απαντήστε στην ερώτηση

Μπορείς να αναφέρεις δύο παραδείγματα που η τριβή είναι επιθυμητή και δύο που η τριβή είναι ανεπιθύμητη;



ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

(α ν ώ ν υ μ ο)

Αγαπητοί μαθητές και αγαπητές μαθήτριες

Το ερωτηματολόγιο που έχετε στα χέρια σας, το οποίο σας παρακαλώ θερμά να συμπληρώσετε, αποτελεί μέρος της έρευνας που πραγματοποιούμε στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας. Σκοπός του είναι η συγκέντρωση δεδομένων αναφορικά με τις απόψεις σας για τον τρόπο διδασκαλίας που διδαχθήκατε.

Σας υπενθυμίζω ότι το ερωτηματολόγιο είναι ανώνυμο και προορίζεται αποκλειστικά και μόνο για ερευνητική χρήση στο πλαίσιο του της διπλωματικής.

ΠΡΟΣΩΠΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

ΦΥΛΟ: Αγόρι Κορίτσι

Πίνακας

Διαβάστε τις παρακάτω προτάσεις και σημειώστε σε κάθε πρόταση ξεχωριστά το βαθμό που συμφωνείτε, βάζοντας ένα ✓ στο αντίστοιχο κουτάκι από το 1 (συμφωνείτε πολύ λίγο) έως το 5 (Συμφωνείτε Πάρα πολύ).

	Πολύ λίγο	Λίγο	Αρκετά	Πολύ	Πάρα πολύ
	1	2	3	4	5
Έχασα την αίσθηση του χρόνου κατά τη χρήση του προγράμματος					

Απόλαυσα τη χρήση του προγράμματος					
Όταν χρησιμοποιούσα το πρόγραμμα, ο εικονικός κόσμος ήταν πιο πραγματικός από τον πραγματικό κόσμο					
Νομίζω ότι το πρόγραμμα ήταν διασκεδαστικό					
Γιατί να χρησιμοποιήσω το πρόγραμμα; Υπάρχουν ευκολότεροι τρόποι να μάθω αυτό που θέλω					
Ένωσα ότι το πρόγραμμα διευκόλυνε τον τρόπο που μαθαίνω					
Ένωσα βαρεμάρα κατά τη χρήση του προγράμματος					
Αισθάνθηκα ξεκομμένος από τον έξω κόσμο, ενώ χρησιμοποιούσα το πρόγραμμα					
Μου άρεσε πραγματικά που μελέτησα με αυτό το πρόγραμμα					
Ένωσα ότι το πρόγραμμα αύξησε τις γνώσεις μου					
Το πρόγραμμα είναι ένας πολύ πιο εύκολος τρόπος μάθησης σε σύγκριση με τη συνηθισμένη διδασκαλία					
Απόλαυσα την ιστορία που διαπραγματεύεται το πρόγραμμα					
Τα εικονικά αντικείμενα μου φαίνονταν σαν πραγματικά αντικείμενα					
Οι γενικοί στόχοι του προγράμματος παρουσιάστηκαν με σαφήνεια					
Θεωρώ ότι τα γραφικά του προγράμματος ταιριάζουν με τη διάθεση ή το ύφος της					
Οι γενικοί στόχοι του προγράμματος παρουσιάστηκαν από την αρχή					
Κατά την αλληλεπίδραση με τα εικονικά αντικείμενα, ένιωσα ότι αυτά ήταν σαν πραγματικά					

Νομίζω ότι οπτικά το πρόγραμμα είναι ελκυστική					
Υπήρχαν στιγμές που ένιωσα τα εικονικά αντικείμενα τόσο αληθινά όσο και τα πραγματικά					
Απόλαυσα τα γραφικά του προγράμματος					
Κινητοποιήθηκα συναισθηματικά από τα γεγονότα στο πρόγραμμα					
Απόλαυσα τα ηχητικά εφέ του προγράμματος					
Οι ήχοι του προγράμματος ταίριαζαν με τη διάθεση ή το ύφος του					
Ένιωσα ότι κατέκτησα τις βασικές ιδέες της διδαχθείσας γνώσης					
Μου άρεσε η μουσική στο πρόγραμμα					
Το περιεχόμενο και ο τρόπος που παρουσιάστηκε το γνωστικό υλικό, μου δημιούργησαν την εντύπωση ότι είναι κάτι που αξίζει κανείς να το μάθει					
Με ενδιέφερε πολύ να παρακολουθήσω την εξέλιξη των γεγονότων του προγράμματος					
Λάμβανα άμεση ανατροφοδότηση για τις ενέργειές μου					
Λάμβανα αμέσως πληροφορίες σχετικά με την επιτυχία (ή αποτυχία) των ενδιάμεσων στόχων μου					
Ήξερα πώς να επιτύχω τους στόχους/σκοπούς του προγράμματος					
Νομίζω ότι οι πληροφορίες που παρέχονται στο πρόγραμμα (π.χ. μηνύματα στην οθόνη, βοήθεια) είναι σαφείς					
Βρήκα το πρόγραμμα αναίτια περίπλοκο					
Βρήκα τα μενού του προγράμματος φιλικά προς τον χρήστη					
Νομίζω ότι είναι εύκολο να μάθει κανείς πώς να χρησιμοποιεί το πρόγραμμα					

Αισθάνθηκα επιδέξιος					
Ένωσα ότι χρειάζομαι βοήθεια από κάποιον άλλον επειδή δεν ήταν εύκολο για μένα να μάθω να χρησιμοποιώ το πρόγραμμα					
Αισθάνθηκα ικανός					
Αισθάνθηκα επιτυχημένος					
Ένωσα ότι το πρόγραμμα μου παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για την επίτευξη ενός στόχου					
Το πρόγραμμα ήταν ενδιαφέρον και τράβηξε την προσοχή μου					
Ένωσα ότι έχω τον πλήρη έλεγχο του προγράμματος					
Το πρόγραμμα είχε πράγματα που μου κέντρισαν την περιέργειά μου					
Βρήκα τα πλήκτρα ελέγχου του προγράμματος απλά στη χρήση τους					
Η καλή οργάνωση του περιεχομένου με βοήθησε να είμαι βέβαιος ότι θα μάθω αυτό το υλικό					
Το πρόγραμμα ήταν τόσο μονότονο και επαναλαμβανόμενο που με έκανε να βαρεθώ					
Σε πολλά σημεία υπήρχαν τόσο πολλές πληροφορίες που ήταν δύσκολο να θυμάμαι τα σημαντικά στοιχεία					
Είναι ξεκάθαρο πως το περιεχόμενο του προγράμματος σχετίζεται με πράγματα που ήδη γνωρίζω					
Δεν μπορούσα να καταλάβω κομμάτια του γνωστικού υλικού αυτού του προγράμματος					
Δεν με ενδιέφερε να μάθω χρησιμοποιώντας αυτό το πρόγραμμα					
Το περιεχόμενο του προγράμματος δεν ήταν σχετικό με τις ανάγκες μου, επειδή ήξερα, ήδη, το μεγαλύτερο μέρος του					

Το περιεχόμενο του προγράμματος ήταν σχετικό με τα ενδιαφέροντά μου					
--	--	--	--	--	--

Ευχαριστώ πολύ που συμπληρώσατε το ερωτηματολόγιο



ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

(α ν ώ ν υ μ ο)

Αγαπητοί μαθητές και αγαπητές μαθήτριες

Το ερωτηματολόγιο που έχετε στα χέρια σας, το οποίο σας παρακαλώ θερμά να συμπληρώσετε, αποτελεί μέρος της έρευνας που πραγματοποιούμε στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας. Σκοπός του είναι η συγκέντρωση δεδομένων αναφορικά με τις απόψεις σας για τον τρόπο διδασκαλίας που διδαχθήκατε.

Σας υπενθυμίζω ότι το ερωτηματολόγιο είναι ανώνυμο και προορίζεται αποκλειστικά και μόνο για ερευνητική χρήση στο πλαίσιο του της διπλωματικής.

ΠΡΟΣΩΠΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

ΦΥΛΟ: Αγόρι Κορίτσι

Πίνακας

Διαβάστε τις παρακάτω προτάσεις και σημειώστε σε κάθε πρόταση ξεχωριστά το βαθμό που συμφωνείτε, βάζοντας ένα ✓ στο αντίστοιχο κουτάκι από το 1 (συμφωνείτε πολύ λίγο) έως το 5 (Συμφωνείτε Πάρα πολύ).

	Πολύ λίγο	Λίγο	Αρκετά	Πολύ	Πάρα πολύ
	1	2	3	4	5
Έχασα την αίσθηση του χρόνου κατά τη χρήση του					

προγράμματος					
Απόλαυσα τη χρήση του προγράμματος					
Όταν χρησιμοποιούσα το πρόγραμμα, ο εικονικός κόσμος ήταν πιο πραγματικός από τον πραγματικό κόσμο					
Νομίζω ότι το πρόγραμμα ήταν διασκεδαστικό					
Γιατί να χρησιμοποιήσω το πρόγραμμα; Υπάρχουν ευκολότεροι τρόποι να μάθω αυτό που θέλω					
Ένωσα ότι το πρόγραμμα διευκόλυνε τον τρόπο που μαθαίνω					
Ένωσα βαρεμάρα κατά τη χρήση του προγράμματος					
Αισθάνθηκα ξεκομμένος από τον έξω κόσμο, ενώ χρησιμοποιούσα το πρόγραμμα					
Μου άρεσε πραγματικά που μελέτησα με αυτό το πρόγραμμα					
Ένωσα ότι το πρόγραμμα αύξησε τις γνώσεις μου					
Το πρόγραμμα είναι ένας πολύ πιο εύκολος τρόπος μάθησης σε σύγκριση με τη συνηθισμένη διδασκαλία					
Απόλαυσα την ιστορία που διαπραγματεύεται το πρόγραμμα					
Τα εικονικά αντικείμενα μου φαίνονταν σαν πραγματικά αντικείμενα					
Οι γενικοί στόχοι του προγράμματος παρουσιάστηκαν με σαφήνεια					
Θεωρώ ότι τα γραφικά του προγράμματος ταιριάζουν με τη διάθεση ή το ύφος της					
Οι γενικοί στόχοι του προγράμματος παρουσιάστηκαν από την αρχή					
Κατά την αλληλεπίδραση με τα εικονικά αντικείμενα, ένιωσα ότι αυτά ήταν σαν					

πραγματικά					
Νομίζω ότι οπτικά το πρόγραμμα είναι ελκυστική					
Υπήρχαν στιγμές που ένιωσα τα εικονικά αντικείμενα τόσο αληθινά όσο και τα πραγματικά					
Απόλαυσα τα γραφικά του προγράμματος					
Κινητοποιήθηκα συναισθηματικά από τα γεγονότα στο πρόγραμμα					
Απόλαυσα τα ηχητικά εφέ του προγράμματος					
Οι ήχοι του προγράμματος ταίριαζαν με τη διάθεση ή το ύφος του					
Ένιωσα ότι κατέκτησα τις βασικές ιδέες της διδαχθείσας γνώσης					
Μου άρεσε η μουσική στο πρόγραμμα					
Το περιεχόμενο και ο τρόπος που παρουσιάστηκε το γνωστικό υλικό, μου δημιούργησαν την εντύπωση ότι είναι κάτι που αξίζει κανείς να το μάθει					
Με ενδιέφερε πολύ να παρακολουθήσω την εξέλιξη των γεγονότων του προγράμματος					
Λάμβανα άμεση ανατροφοδότηση για τις ενέργειές μου					
Λάμβανα αμέσως πληροφορίες σχετικά με την επιτυχία (ή αποτυχία) των ενδιάμεσων στόχων μου					
Ήξερα πώς να επιτύχω τους στόχους/σκοπούς του προγράμματος					
Νομίζω ότι οι πληροφορίες που παρέχονται στο πρόγραμμα (π.χ. μηνύματα στην οθόνη, βοήθεια) είναι σαφείς					
Βρήκα το πρόγραμμα αναίτια περίπλοκο					
Βρήκα τα μενού του προγράμματος φιλικά προς τον χρήστη					
Νομίζω ότι είναι εύκολο να μάθει κανείς πώς να					

χρησιμοποιεί το πρόγραμμα					
Αισθάνθηκα επιδέξιος					
Ένωσα ότι χρειάζομαι βοήθεια από κάποιον άλλον επειδή δεν ήταν εύκολο για μένα να μάθω να χρησιμοποιώ το πρόγραμμα					
Αισθάνθηκα ικανός					
Αισθάνθηκα επιτυχημένος					
Ένωσα ότι το πρόγραμμα μου παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για την επίτευξη ενός στόχου					
Το πρόγραμμα ήταν ενδιαφέρον και τράβηξε την προσοχή μου					
Ένωσα ότι έχω τον πλήρη έλεγχο του προγράμματος					
Το πρόγραμμα είχε πράγματα που μου κέντρισαν την περιέργειά μου					
Βρήκα τα πλήκτρα ελέγχου του προγράμματος απλά στη χρήση τους					
Η καλή οργάνωση του περιεχομένου με βοήθησε να είμαι βέβαιος ότι θα μάθω αυτό το υλικό					
Το πρόγραμμα ήταν τόσο μονότονο και επαναλαμβανόμενο που με έκανε να βαρεθώ					
Σε πολλά σημεία υπήρχαν τόσο πολλές πληροφορίες που ήταν δύσκολο να θυμάμαι τα σημαντικά στοιχεία					
Είναι ξεκάθαρο πως το περιεχόμενο του προγράμματος σχετίζεται με πράγματα που ήδη γνωρίζω					
Δεν μπορούσα να καταλάβω κομμάτια του γνωστικού υλικού αυτού του προγράμματος					
Δεν με ενδιέφερε να μάθω χρησιμοποιώντας αυτό το πρόγραμμα					
Το περιεχόμενο του προγράμματος δεν ήταν σχετικό με τις ανάγκες μου, επειδή ήξερα, ήδη, το					

μεγαλύτερο μέρος του					
Το περιεχόμενο του προγράμματος ήταν σχετικό με τα ενδιαφέροντά μου					

Ευχαριστώ πολύ που συμπληρώσατε το ερωτηματολόγιο

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α2

Πίνακας Α2.1 Αποτελέσματα Kolmogorov-Smirnov με διόρθωση κατά Lilliefors (κλίμακες αξιολόγησης)

	Σύνολο		Ομάδα ΕΠ		Ομάδα ΕΡ		Ομάδα ΕΡ	
	K-S	p	K-S	p	K-S	p	K-S	P
Αρχική αξιολόγηση	0,125	0,019	0,203	0,061	0,113	0,200	0,130	0,200
Φύλλο αξιολόγησης 1 (ταχύτητα)	0,096	0,200	0,169	0,200	0,152	0,200	0,113	0,200
Φύλλο αξιολόγησης 2 (επιτάχυνση)	0,130	0,012	0,168	0,200	0,244	0,006	0,258	<0,001
Φύλλο αξιολόγησης 3 (τριβή)	0,098	0,200	0,221	0,027	0,190	0,085	0,180	0,029
Τελική αξιολόγηση	0,140	<0,001	0,206	0,053	0,184	0,110	0,142	0,190

Πίνακας Α2.2 Αποτελέσματα Kolmogorov-Smirnov με διόρθωση κατά Lilliefors
(κλίμακες ερωτηματολογίου)

	Ομάδα ΕΠ		Ομάδα ΕΡ		Σύνολο	
	K-S	p	K-S	p	K-S	p
Εμβύθιση	0,18	0,100	0,159	0,200	0,16	0,01
	9				9	3
Ευχαρίστηση/Απόλαυση/Διασκέδαση	0,16	0,200	0,159	0,200	0,14	0,07
	1				1	5
Αποτελεσματικότητα μάθησης	0,17	0,165	0,158	0,200	0,14	0,07
	7				2	1
Βελτίωση Προσλαμβάνουσας Γνώσης	0,16	0,200	0,155	0,200	0,15	0,02
	0				9	6
Ρεαλισμός	0,25	0,006	0,154	0,200	0,20	0,00
	1				0	1
Καταλληλότητα της αφήγησης	0,11	0,200	0,180	0,129	0,11	0,20
	3				6	0
Καταλληλότητα ηχητικής αισθητικής	0,12	0,200	0,196	0,066	0,13	0,12
	7				2	8
Καταλληλότητα οπτικής αισθητικής	0,15	0,200	0,145	0,200	0,14	0,05
	5				7	4
Σαφήνεια στόχου εφαρμογής	0,11	0,200	0,222	0,019	0,12	0,18
	4				4	9
Καταλληλότητα ανατροφοδότησης	0,13	0,200	0,193	0,074	0,11	0,20
	8				3	0
Ευκολία χρήσης	0,20	0,054	0,223	0,018	0,12	0,15
	6				8	9
Ευχρηστία	0,12	0,200	0,132	0,200	0,09	0,20
	7				5	0
Ικανότητα	0,09	0,200	0,157	0,200	0,11	0,20
	3				5	0
Καταλληλότητα εκπαιδευτικού υλικού	0,17	0,186	0,151	0,200	0,11	0,20
	3				8	0
Κίνητρο	0,14	0,200	0,212	0,031	0,16	0,01

	5				6	5
Σχέση με προσωπικά ενδιαφέροντα	0,16	0,200	0,155	0,200	0,13	0,10
	9				5	9

Πίνακας Α2.3. Περιγραφικά στατιστικά ανά ερώτηση/δήλωση

		Ανάστροφ n	Ερώτηση	ΜΟ	ΤΑ	Διάμεσος
Εμβύθιση/Ροή			Έχασα την αίσθηση του χρόνου κατά τη χρήση της εφαρμογής	2,6	1,4	2,0
			Αισθάνθηκα ξεκομμένος από τον έξω κόσμο, ενώ χρησιμοποιούσα την εφαρμογή	2,1	1,2	2,0
			Όταν χρησιμοποιούσα την εφαρμογή, ο εικονικός κόσμος ήταν πιο πραγματικός από τον πραγματικό κόσμο	2,6	1,5	3,0
Ευχαρίστηση/Απόλαυση/Διασκέδαση	R	Νομίζω ότι η εφαρμογή ήταν διασκεδαστική		4,1	1,2	5,0
		Ένιωσα βαρεμάρα κατά τη χρήση της εφαρμογής		2,0	0,7	2,0
		Απόλαυσα τη χρήση της εφαρμογής		4,2	1,1	5,0
		Μου άρεσε πραγματικά που μελέτησα με αυτή την εφαρμογή		3,9	1,1	4,0
Αποτελεσματικότητα μάθησης	R	Ένιωσα ότι η εφαρμογή διευκόλυνε τον τρόπο που μαθαίνω		3,7	1,2	4,0
		Η εφαρμογή είναι ένας πολύ πιο εύκολος τρόπος μάθησης σε σύγκριση με τη συνηθισμένη διδασκαλία		3,7	1,1	3,0
		Γιατί να χρησιμοποιήσω την εφαρμογή;		2,1	1,0	2,0
		Υπάρχουν ευκολότεροι τρόποι να μάθω αυτό που θέλω				
Βελτίωση Προσλαμβάνουσας Γνώσης			Ένιωσα ότι η εφαρμογή αύξησε τις γνώσεις	3,3	1,4	4,0
			Ένιωσα ότι κατέκτησα τις βασικές ιδέες της διδαχθείσας γνώσης	3,1	1,2	3,0
			Το περιεχόμενο και ο τρόπος που παρουσιάστηκε το γνωστικό υλικό, μου δημιούργησαν την εντύπωση ότι είναι κάτι που αξίζει κανείς να το μάθει	3,5	1,4	4,0
Ρεαλισμός			Κατά την αλληλεπίδραση με τα εικονικά αντικείμενα, ένιωσα ότι αυτά ήταν σαν πραγματικά	2,6	1,4	2,0
			Υπήρχαν στιγμές που ένιωσα τα εικονικά αντικείμενα τόσο αληθινά όσο και τα πραγματικά	2,7	1,4	2,0
			Τα εικονικά αντικείμενα μου φαινόταν σαν πραγματικά αντικείμενα	2,5	1,2	2,0
Καταλληλότητα της αφήγησης			Απόλαυσα την ιστορία που διαπραγματεύεται η εφαρμογή	3,5	1,2	4,0
			Κινητοποιήθηκα συναισθηματικά από τα γεγονότα στην εφαρμογή	2,5	1,2	2,0

		Με ενδιέφερε πολύ να παρακολουθήσω την εξέλιξη των γεγονότων της εφαρμογής	3,9	1,2	4,0
Καταλληλότητα ηχητικής	Καταλληλότητα	Απόλαυσα τα ηχητικά εφέ της εφαρμογής	3,4	1,4	4,0
		Οι ήχοι της εφαρμογής ταίριαζαν με τη διάθεση ή το ύφος της	3,7	1,3	4,0
		Μου άρεσε η μουσική στην εφαρμογής	2,0	1,5	1,0
Καταλληλότητα οπτικής	Καταλληλότητα	Απόλαυσα τα γραφικά της εφαρμογής	3,4	1,4	3,0
		Νομίζω ότι οπτικά η εφαρμογή είναι ελκυστική	3,3	1,5	3,0
		Θεωρώ ότι τα γραφικά της εφαρμογής ταιριάζουν με τη διάθεση ή το ύφος	3,3	1,3	3,0
Σαφήνεια στόχου εφαρμογής	Καταλληλότητα	Οι γενικοί στόχοι της εφαρμογής παρουσιάστηκαν από την αρχή	3,4	1,3	3,0
		Οι γενικοί στόχοι της εφαρμογής παρουσιάστηκαν με σαφήνεια	3,4	1,3	4,0
		Ήξερα πώς να επιτύχω τους στόχους/σκοπούς της εφαρμογής	3,3	1,3	3,0
Καταλληλότητα ανατροφοδότησης	Καταλληλότητα	Λάμβανα άμεση ανατροφοδότηση για τις ενέργειές μου	3,3	1,4	3,0
		Λάμβανα αμέσως πληροφορίες σχετικά με την επιτυχία (ή αποτυχία) των ενδιάμεσων στόχων μου	3,4	1,1	3,0
		Ένιωσα ότι η εφαρμογή μου παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για την επίτευξη ενός στόχου	3,5	1,4	4,0
Ευκολία χρήσης	R	Νομίζω ότι είναι εύκολο να μάθει κανείς πώς να χρησιμοποιεί την εφαρμογή	3,5	1,3	3,0
		Βρήκα την εφαρμογή αναίτια περίπλοκη	2,0	1,0	2,0
		Ένιωσα ότι χρειάζομαι βοήθεια από κάποιον άλλον επειδή δεν ήταν εύκολο για μένα να μάθω να χρησιμοποιώ την εφαρμογή	2,4	1,3	2,0
Ευχρηστία	R	Βρήκα τα πλήκτρα ελέγχου της εφαρμογής απλά στη χρήση τους	3,5	1,4	4,0
		Βρήκα τα μενού της εφαρμογής φιλικά προς τον χρήστη	3,7	1,1	4,0
		Νομίζω ότι οι πληροφορίες που παρέχονται στην εφαρμογή (π.χ. μηνύματα στην οθόνη, βοήθεια) είναι σαφείς	3,5	1,4	4,0
Ικανότητα	R	Αισθάνθηκα επιδέξιος	3,3	1,4	3,0
		Αισθάνθηκα ικανός	3,6	1,4	4,0
		Αισθάνθηκα επιτυχημένος	3,7	1,3	4,0
		Ένιωσα ότι έχω τον πλήρη έλεγχο της εφαρμογής	3,5	1,3	3,0

Καταλληλότητα εκπαιδευτικού υλικού	R	Σε πολλά σημεία υπήρχαν τόσο πολλές πληροφορίες που ήταν δύσκολο να θυμάμαι τα σημαντικά στοιχεία	2,1	1,2	2,0
	R	Δεν μπορούσα να καταλάβω κομμάτια του γνωστικού υλικού αυτής της εφαρμογής	2,0	1,1	2,0
		Η καλή οργάνωση του περιεχομένου με βοήθησε να είμαι βέβαιος ότι θα μάθω αυτό το υλικό	3,8	1,2	4,0
Κίνητρο	R	Δεν με ενδιέφερε να μάθω χρησιμοποιώντας αυτή την εφαρμογή	1,8	1,1	1,0
		Η εφαρμογή ήταν ενδιαφέρουσα και τράβηξε την προσοχή μου	3,5	1,2	3,0
		Η εφαρμογή είχε πράγματα που μου κέντρισαν την περιέργειά μου	3,9	1,0	4,0
	R	Η εφαρμογή ήταν τόσο μονότονη και επαναλαμβανόμενη που με έκανε να βαρεθώ	2,0	1,1	2,0
Σχέση με προσωπικά ενδιαφέροντα		Το περιεχόμενο της εφαρμογής ήταν σχετικό με τα ενδιαφέροντά μου	3,5	1,1	3,0
		Το περιεχόμενο της εφαρμογής δεν ήταν σχετικό με τις ανάγκες μου, επειδή ήξερα, ήδη, το μεγαλύτερο μέρος του	2,0	1,0	2,0
		Είναι ξεκάθαρο πως το περιεχόμενο της εφαρμογής σχετίζεται με πράγματα που ήδη γνωρίζω	2,2	1,2	2,0