



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΦΛΩΡΙΝΑΣ  
**ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ  
ΝΗΠΙΑΓΩΓΩΝ**

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η διδακτική προσέγγιση του ελέγχου μεταβλητών για την  
κατανόηση φαινομένων τριβής από παιδιά προσχολικής  
ηλικίας.**

*The teaching approach of control of variables for understanding  
friction phenomena by preschool children.*

**ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ:** Μαυρίδου Μαργαρίτα

**A.E.M.** 3165

**ΕΠΟΠΤΗΣ:** κ. Ζουπίδης Αναστάσιος

**Β΄ ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΤΡΙΑ:** κ. Παπαδοπούλου Πηνελόπη

**ΦΛΩΡΙΝΑ, ΜΑΙΟΣ 2019**

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	6
Abstract .....	7
Εισαγωγή.....	8
<b>1 Δεξιότητες επιστημονικής μεθόδου.....</b>	<b>10</b>
1.1 Διερεύνηση.....	11
1.2 Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών (ΣΕΜ).....	12
<b>2 Διδακτικό πείραμα.....</b>	<b>17</b>
2.1 Η μέθοδος του διδακτικού πειράματος .....	17
2.2 Το διδακτικό πείραμα, η σωκρατική διδασκαλία, η Πιαζετιανή συνέντευξη και ο κύκλος της μάθησης.....	18
2.3 Οι τυπικές φάσεις στη χρήση του διδακτικού πειράματος .....	19
<b>3 Τριβή.....</b>	<b>21</b>
3.1 Ιστορική εξέλιξη της τριβής .....	21
3.2 Ερμηνεία των νόμων της τριβής με κλασικές και σύγχρονες απόψεις .....	23
3.3 Γνώσεις αναφοράς για τον εκπαιδευτικό .....	24
3.3.1 Τι είναι η τριβή .....	24
3.3.2 Τριβή ολίσθησης και στατική τριβή.....	25
3.3.3 Ύπαρξη τριβής κύλισης.....	25
3.3.4 Ύπαρξη οπισθέλκουσας τριβής .....	25
3.3.5 Ποια είναι η κατεύθυνση της τριβής και από ποιους παράγοντες εξαρτάται το μέτρο της.....	26
3.3.6 Εμφάνιση τριβής στην καθημερινή μας ζωή .....	26
3.3.7 Αντιλήψεις των παιδιών σχετικά με την τριβή .....	26
<b>4 Μελέτη προγραμμάτων σπουδών σχετικά με τη διδασκαλία της τριβής .....</b>	<b>28</b>
4.1 Ανάλυση του περιεχομένου των εκπαιδευτικών εγχειριδίων για την έννοια της τριβής .....	29
4.1.1 Διδακτικές προτάσεις για το Γυμνάσιο .....	31
4.1.2 Διδακτικές προτάσεις για το Λύκειο .....	31
4.2 Δυο αφηρηματικές παραδοχές για την προσέγγιση του φαινομένου της τριβής στην προσχολική ηλικία .....	32
4.3 Στόχοι των δραστηριοτήτων για το φαινόμενο της τριβής.....	33
<b>5 Προτεινόμενες δραστηριότητες για τη διδασκαλία του φαινομένου της τριβής και των νόμων της .....</b>	<b>34</b>
5.1.1 Διδακτικές ερευνητικές προτάσεις .....	34
5.1.2 Διδακτικές προτάσεις από το αναλυτικό πρόγραμμα του δημοτικού .....	41

<b>6</b>	<b>Μεθοδολογία.....</b>	<b>46</b>
6.1	Ερευνητικά ερωτήματα .....	46
6.2	Συμμετέχοντες και συμμετέχουσες στην έρευνα.....	46
6.3	Σχεδιασμός της παρέμβασης .....	46
6.4	Ερευνητικό εργαλείο.....	49
6.4.1	Α' φάση του διδακτικού πειράματος (ανάδειξη ιδεών των μαθητών) .....	49
6.4.2	Β' φάση του διδακτικού πειράματος (εισαγωγή και ανακάλυψη της νέας γνώσης) 51	
6.4.3	Γ' φάση του διδακτικού πειράματος (αξιολόγηση της μάθησης και της παρέμβασης) .....	56
<b>7</b>	<b>Αποτελέσματα.....</b>	<b>57</b>
7.1	Αποτελέσματα Α' και Γ' φάσης του διδακτικού πειράματος.....	57
7.2	Αποτελέσματα Β' φάσης του διδακτικού πειράματος .....	62
7.2.1	Αποτελέσματα πρώτου επιπέδου .....	63
7.2.2	Αποτελέσματα δεύτερου επιπέδου.....	64
7.2.3	Αποτελέσματα τρίτου επιπέδου .....	65
<b>8</b>	<b>Συμπεράσματα και συζήτηση .....</b>	<b>67</b>
<b>9</b>	<b>Περιορισμοί και προτάσεις για βελτίωση της έρευνας.....</b>	<b>70</b>
	<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>73</b>
	<b>Παράρτημα.....</b>	<b>75</b>

## Λίστα Εικόνων

<b>Εικόνα 1:</b> Το είδος των επιφανειών επηρεάζει την τριβή.....	43
<b>Εικόνα 2:</b> Το βάρος των σωμάτων επηρεάζει την τριβή .....	43
<b>Εικόνα 3:</b> Το μέγεθος των επιφανειών δεν επηρεάζει την τριβή .....	44
<b>Εικόνα 4:</b> Αύξηση της τριβής όπου αυτή είναι επιθυμητή .....	44
<b>Εικόνα 5:</b> Μείωση της τριβής όπου αυτή είναι ανεπιθύμητη .....	45
<b>Εικόνα 6:</b> Η κατασκευή που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα των Graaf et al. (2015).....	48
<b>Εικόνα 7:</b> Κίνηση αμαξιών διαφορετικού βάρους πάνω στην ίδια επιφάνεια .....	50
<b>Εικόνα 8:</b> Κίνηση αμαξιών ίδιου βάρους πάνω σε διαφορετική επιφάνεια.....	51
<b>Εικόνα 9:</b> Η κατασκευή που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα μας.....	51
<b>Εικόνα 10:</b> Οι δυο μπάλες της ράμπας με διαφορετικό βάρος .....	52
<b>Εικόνα 11:</b> Οι δυο επιφάνειες της ράμπας (λεία και τραχιά επιφάνεια).....	53
<b>Εικόνα 12:</b> Οι δυο κλίσεις της ράμπας (μεγάλη κλίση 12α και μικρή κλίση 12β) .....	53
<b>Εικόνα 13:</b> Μεταβλητή υπό έλεγχο το βάρος της μπάλας.....	55
<b>Εικόνα 14:</b> Μεταβλητή υπό έλεγχο το είδος της επιφάνειας .....	55
<b>Εικόνα 15:</b> Μεταβλητή υπό έλεγχο η κλίση της ράμπας.....	55

## Λίστα Πινάκων

<b>Πίνακας 1:</b> Μεταβλητές υπό έλεγχο σε κάθε πείραμα των τριών επιπέδων .....	54
<b>Πίνακας 2:</b> Ποιοτικές απαντήσεις σε Α' και Γ' φάση για τον παράγοντα του βάρους.....	57
<b>Πίνακας 3:</b> Ποιοτικές απαντήσεις σε Α' και Γ' φάση για τον παράγοντα της επιφάνειας....	59
<b>Πίνακας 4:</b> Σύνολο παιδιών που αναγνώρισαν τον παράγοντα του βάρους και του είδους της επιφάνειας.....	60
<b>Πίνακας 5:</b> Βελτίωση ποιοτικών απαντήσεων σχετικά με τον παράγοντα του βάρους ανάμεσα σε Α' και Γ' φάση.....	61
<b>Πίνακας 6:</b> Βελτίωση ποιοτικών απαντήσεων σχετικά με τον παράγοντα της επιφάνειας ανάμεσα σε Α' και Γ' φάση.....	62
<b>Πίνακας 7:</b> Συνοπτικά αποτελέσματα πρώτου επιπέδου.....	63
<b>Πίνακας 8:</b> Συνοπτικά αποτελέσματα δεύτερου επιπέδου .....	64
<b>Πίνακας 9:</b> Συνοπτικά αποτελέσματα τρίτου επιπέδου.....	65

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία με θέμα: «Η διδακτική προσέγγιση του ελέγχου μεταβλητών για την κατανόηση φαινομένων τριβής από παιδιά προσχολικής ηλικίας» ανήκει στο χώρο της εκπαιδευτικής έρευνας και στηρίζεται στη μέθοδο του διδακτικού πειράματος.

Το διδακτικό πείραμα είναι μια διδακτική μέθοδος, η οποία είναι κατάλληλη για τη διδασκαλία Φυσικών Επιστημών στο επίπεδο προσχολικής ηλικίας, διότι βοηθάει τον εκπαιδευτικό να λαμβάνει υπόψη τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και σύμφωνα με αυτές να σχεδιάζει, να αξιολογεί και να βελτιώνει τη διδασκαλία.

Η παρέμβαση που σχεδιάσαμε, σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο της τριβής, εφαρμόστηκε σε 29 παιδιά Νηπιαγωγείου (20 προνήπια και 9 νήπια). Τα παιδιά έλαβαν μέρος σε ημιδομημένες συνεντεύξεις, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν ατομικά και εκτός τάξης την ώρα του διαλείμματος, των ελεύθερων δραστηριοτήτων, καθώς και την ώρα των οργανωμένων δραστηριοτήτων κατά το μήνα Μάρτιο του ακαδημαϊκού έτους 2018-2019.

Οι ατομικές ημιδομημένες συνεντεύξεις αποτελούνταν από τρεις φάσεις. Στόχος της πρώτης φάσης ήταν η ανάδειξη ιδεών των μαθητών. Η δεύτερη φάση είχε ως στόχο την εισαγωγή και την ανακάλυψη της νέας γνώσης. Τέλος, η τρίτη φάση αποσκοπούσε στην αξιολόγηση της μάθησης και της παρέμβασης.

Από την έρευνα μας προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα. Βρέθηκε ότι τα παιδιά προσχολικής ηλικίας μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη μέθοδο ελέγχου μεταβλητών με επιτυχία για να διερευνήσουν το φαινόμενο της τριβής σε διαφορετικό επίπεδο το καθένα. Επίσης, φάνηκε ότι η χρήση της μεθόδου αυτής, με τη βαθμιαία αύξηση του αριθμού των μεταβλητών που καλούνται να διαπραγματευτούν τα παιδιά, μπορεί να βελτιώσει τις εξηγήσεις τους σχετικά με το φαινόμενο της τριβής.

## **Abstract**

The present project with the theme “the teaching approach to checking variables for the understanding of phenomena of friction by preschool children” belongs to the field of educational research and is based on the method of the instructional experiment.

This teaching experiment is an instructional method, which is suitable for teaching science to preschool level, as it helps the teacher to take into consideration the alternative ideas of students and according to them, to plan, evaluate and improve the teaching process.

The intervention we designed, as far as the factors that affect the phenomenon of friction are concerned, was applied to 29 Kindergarten children (20 pre-Kindergarten children and 9 Kindergarten children). The children participated in semi-structured interviews which took place individually and outside class during the school break, during their free-time activities as well as during their organized activities in March 2018-2019.

The individual, semi-structured interviews were composed of three stages. The aim of the first stage was to feature the students' ideas. The purpose of the second stage was to introduce and discover new knowledge. Finally, the goal of the third stage was to evaluate the learning process and intervene.

The following results became obvious from our research: It became clear that preschool children can successfully use the method of checking variables to look into the phenomenon of friction. Also, that this method, by gradually increasing its level of difficulty, can improve the explanations of children regarding the phenomenon of friction.

## Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να ερευνηθεί εάν το διδακτικό πείραμα μπορεί να συμβάλλει στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Συγκεκριμένα, το επίπεδο στο οποίο τα παιδιά της ηλικίας αυτής μπορούν να χρησιμοποιούν τη μέθοδο για τον έλεγχο μεταβλητών και εάν η χρήση αυτή συμβάλλει στην εννοιολογική κατανόηση.

Στην αρχή της εργασίας, γίνεται μια βιβλιογραφική επισκόπηση στην οποία περιέχονται στοιχεία για τις επιστημονικές δεξιότητες, το διδακτικό πείραμα, την έννοια της τριβής. Επιπλέον, παρουσιάζονται στοιχεία από τη μελέτη προγραμμάτων σπουδών διαφόρων βαθμίδων σχετικά με τη διδασκαλία της τριβής, καθώς και προτεινόμενες δραστηριότητες για τη διδασκαλία του φαινομένου της τριβής και των νόμων της. Στη συνέχεια, αναφέρονται η μεθοδολογία και τα αποτελέσματα της έρευνας μας, τα οποία συζητάμε στην ενότητα «Συμπεράσματα και συζήτηση». Τέλος, παρατίθενται κάποιοι περιορισμοί και προτάσεις για τη βελτίωση της συγκεκριμένης έρευνας.

Συγκεκριμένα, στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο συζητιούνται δυο από τις επιστημονικές δεξιότητες, η διερεύνηση και η στρατηγική ελέγχου μεταβλητών, για τις οποίες διερευνούμε το βαθμό στον οποίο τα παιδιά μπορούν να ανταποκριθούν σε αυτές κατά τη διάρκεια της συνέντευξης. Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται περιγραφή της μεθόδου του διδακτικού πειράματος καθώς και των τυπικών φάσεων που ακολουθούνται κατά την εφαρμογή της μεθόδου αυτής. Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφεται η ιστορική εξέλιξη της έννοιας της τριβής, η ερμηνεία των νόμων της με κλασικές και σύγχρονες απόψεις και οι γνώσεις αναφοράς που είναι απαραίτητες για τον εκπαιδευτικό. Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναλύεται το περιεχόμενο των εκπαιδευτικών εγχειριδίων για την έννοια της τριβής και δίνονται οι στόχοι των δραστηριοτήτων για τη διδασκαλία του φαινομένου σε επίπεδο προσχολικής ηλικίας. Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφονται διδακτικές προτάσεις που προκύπτουν τόσο από έρευνες όσο και από το αναλυτικό πρόγραμμα του δημοτικού. Στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο δίνονται οι συμμετέχοντες και οι συμμετέχουσες της έρευνας μας, τα ερευνητικά ερωτήματα, ο σχεδιασμός της παρέμβασης και το ερευνητικό εργαλείο που χρησιμοποιήσαμε. Στο 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναλύονται τα αποτελέσματα της Α', Β' και Γ' φάσης του διδακτικού μας πειράματος. Στο 8<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται μια συζήτηση σχετικά με τα αποτελέσματα της



έρευνάς μας. Τέλος, στο 9<sup>ο</sup> κεφάλαιο δίνονται προτάσεις για τη βελτίωση της παρούσας έρευνας.

Πριν την πραγματοποίηση της έρευνας μας προηγήθηκε μια πιλοτική συνέντευξη για να δούμε αν λειτουργεί σωστά η παρέμβαση που σχεδιάσαμε, αλλά και για πιθανές διορθώσεις της. Η πιλοτική αυτή μας βοήθησε αρκετά γιατί διορθώσαμε κάποια σημεία της παρέμβασης μας και έτσι μπορέσαμε να αποδώσουμε καλύτερα στις μετέπειτα κανονικές συνεντεύξεις.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κύριο Ζουπίδη Αναστάσιο, ο οποίος ανέλαβε την επίβλεψη και καθοδήγηση της πτυχιακής μου εργασίας και παρείχε υπομονετικά τις συμβουλές του και τις γνώσεις του. Επίσης, θα επιθυμούσα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια μου κυρία Παπαδοπούλου Πηνελόπη για την πολύτιμη συμμετοχή της στην επιτροπή εποπτείας της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας. Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Κωνσταντίνο Σουλτάνη, δάσκαλο και υποψήφιο διδάκτορα στην περιοχή της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, ο οποίος κατασκεύασε τις δύο ράμπες που χρησιμοποιήσαμε στην συγκεκριμένη έρευνα. Τέλος, ευχαριστώ όσους με κάθε τρόπο βοήθησαν και μου συμπαραστάθηκαν κατά την εκπόνηση της εργασίας αυτής.

# 1 Δεξιότητες επιστημονικής μεθόδου

Οι δεξιότητες ορίζονται ως ο βασικός μηχανισμός που χρησιμοποιούμε για την πρόσληψη πληροφοριών από τον περιβάλλοντα κόσμο μας και τη μετατροπή αυτών σε γνώση. Η έμφαση στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων δίνεται για τους εξής λόγους: πρώτον, η ανάπτυξη τους θα βοηθήσει το παιδί να οικοδομήσει εννοιολογική κατανόηση σε κλάδους των Φυσικών Επιστημών και δεύτερον, οι δεξιότητες αυτές θα εφοδιάσουν το παιδί με ικανότητες που θα το βοηθήσουν να λειτουργεί ως ολοκληρωμένο άτομο στην κοινωνία και ως μανθάνον στη σύγχρονη κοινωνία της γνώσης. Για αυτό το λόγο είναι απαραίτητο η νηπιαγωγός να επιδιώξει την ανάπτυξη όλων των δεξιοτήτων στο επίπεδο που είναι δυνατόν για κάθε παιδί (Κωνσταντίνου κ. ά., 2002).

Οι δεξιότητες διακρίνονται στις εξής κατηγορίες, ανάλογα με το βαθμό δυσκολίας που υπάρχει για την κατάκτησή τους:

1. **Απλές:** είναι η παρατήρηση, η ταξινόμηση, η μέτρηση, η επικοινωνία και η υποβολή ερωτημάτων, οι οποίες επιδιώκονται από τα πρώτα στάδια εφαρμογής ενός προγράμματος
2. **Δύσκολες:** είναι η αναγνώριση παραγόντων, η ερμηνεία παρατήρησης, η πρόβλεψη, η υπόθεση, η ερμηνεία δεδομένων, η εξαγωγή συμπερασμάτων και η διατύπωση λειτουργικού ορισμού, των οποίων η καλλιέργεια προϋποθέτει την εξοικείωση του παιδιού με τις βασικές (απλές) δεξιότητες
3. **Σύνθετες:** είναι ο έλεγχος μεταβλητών, η διερεύνηση και η μοντελοποίηση, των οποίων η καλλιέργεια αρχίζει από τη νηπιακή ηλικία και η ανάπτυξή τους προϋποθέτει τη σύνθεση των παραπάνω δεξιοτήτων

Παρακάτω αναφέρουμε αναλυτικά δυο βασικές δεξιότητες, οι οποίες αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης στην παρούσα εργασία, τη δεξιότητα της διερεύνησης και της στρατηγικής ελέγχου μεταβλητών (ΣΕΜ).

## 1.1 Διερεύνηση

Η διερεύνηση στις Φυσικές Επιστήμες ορίζεται ως ο τρόπος με τον οποίο δουλεύουν οι επιστήμονες, ενώ στη διδασκαλία και μάθηση χαρακτηρίζεται από τις δραστηριότητες μέσα από τις οποίες μαθαίνουν οι μαθητές τόσο τις επιστημονικές έννοιες όσο και τις επιστημονικές διαδικασίες (National Research Council, 2012 όπως αναφ. στο Ζουπίδης, 2012).

Η διερεύνηση είναι η πιο σύνθετη δεξιότητα καθώς περιλαμβάνει την υπόθεση, την πρόβλεψη, τον έλεγχο μεταβλητών, την ερμηνεία παρατήρησης, τη μέτρηση, την ερμηνεία δεδομένων και την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Υπάρχουν δυο κατηγορίες διερεύνησης οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διερευνητικές δραστηριότητες και αυτές είναι: η «διερεύνηση ως μέσο» για μάθηση (inquiry as means) και η «διερεύνηση ως σκοπό» για μάθηση (inquiry as ends). Η πρώτη αναφέρεται ως μια διδακτική προσέγγιση των Φυσικών Επιστημών η οποία βασιζόμενη στη διερεύνηση γίνεται με μαθητοκεντρικές διερευνητικές δραστηριότητες που χαρακτηρίζονται από υψηλού βαθμού ελευθερίας (full inquiry) ή δραστηριότητες εμπύθισης (immersion units) (Duschl & Grandy, 2008 όπως αναφ. στο Ζουπίδης, 2012 ). Η δεύτερη αναφέρεται ως μια σειρά αναμενόμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας (Abd-El-Khalick et al. 2004 όπως αναφ. στο Ζουπίδης, 2012) και διακρίνεται στις δυο εξής κατηγορίες: στην ικανότητα των μαθητών να πραγματοποιούν διερευνήσεις και στην κατανόηση της φύσης της επιστημονικής διερεύνησης (NRC, 2000, Bybbe, 2006 όπως αναφ. στο Ζουπίδης, 2012). Και στις δυο περιπτώσεις διερεύνησης η μάθηση πραγματοποιείται μέσα από διερευνητικές διαδικασίες που στόχο έχουν τη λύση ενός κεντρικού προβλήματος (problem-based inquiry process) και η διερεύνηση ορίζεται ως ανταλλαγή απόψεων με τους συμμαθητές (debating with peers), σχεδιασμός ερευνητικών δραστηριοτήτων, αναζήτηση και συλλογή πληροφοριών, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, χρήση και κατασκευή μοντέλων, παραγωγή συνεκτικής και συνεπούς επιχειρηματολογίας, κ.α. (NRC, 2000, Duschl & Grandy, 2008 όπως αναφ. στο Ζουπίδης, 2012).

Μια διερεύνηση μπορεί να είναι *κλειστή ή ανοικτή, μερική ή ολική*.

- Στην *κλειστή*, το παιδί ακολουθεί μια μόνο πορεία και καταλήγει σε ένα μόνο αποτέλεσμα.

Στην *ανοικτή*, υπάρχουν διάφορες πορείες ή διάφορες απαντήσεις ή και τα δυο.

- Στη *μερική*, κάποια στάδια δίνονται στο παιδί ενώ κάποια άλλα αφήνονται να επινοηθούν από το ίδιο το παιδί.

Στην *ολική*, το παιδί σχεδιάζει και εκτελεί όλα τα στάδια της διερεύνησης.

Οι προσεγγίσεις της διδασκαλίας και μάθησης οι οποίες χρησιμοποιούν διερευνητικές μεθόδους αποτελούν ένα συνεχές από περιβάλλοντα μάθησης στα οποία ποικίλει ο βαθμός στον οποίο είναι παιδοκεντρικά από τη μία και δασκαλοκεντρικά από την άλλη (van Zee, 2006, Crawford, 2007 όπως αναφ. στο Ζουπίδης, 2012). Έτσι, η θέση των προσεγγίσεων αυτών στο συνεχές των περιβαλλόντων μάθησης εξαρτάται από τους ίδιους τους μαθητές, την πρόθεση του δασκάλου και τη συγκεκριμένη κατάσταση.

Οι προσεγγίσεις διερευνητικής διδασκαλίας και μάθησης αποτελούν ένα ευρύ φάσμα, άκρα του οποίου είναι: η *δομημένη διερεύνηση* και η *ανοικτή διερεύνηση*. Η διδασκαλία του πρώτου άκρου στηρίζεται στην μεταφορά της γνώσης και ο εκπαιδευτικός αποφασίζει τα ερωτήματα και τις συγκεκριμένες διαδικασίες έρευνας, δηλαδή ο δάσκαλος επιλέγει το περιεχόμενο που θα διδάξει, τις δραστηριότητες που θα χρησιμοποιηθούν και αξιολογεί συνεχώς ώστε να μπορέσει να μετρήσει τη μάθηση. Αντίθετα, στο άλλο άκρο το επίπεδο ελέγχου των δραστηριοτήτων από τους μαθητές είναι υψηλό και οι ίδιοι αποφασίζουν τι θα μάθουν, πως θα το μάθουν, ποιες πηγές θα χρησιμοποιήσουν, και πως θα ελέγξουν τη μάθηση. Συγκεκριμένα, οι μαθητές οργανώνονται από μόνοι τους, θέτουν ερωτήματα, σχεδιάζουν διερευνήσεις, πραγματοποιούν και καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους, κατασκευάζουν μοντέλα κλπ. (Ζουπίδης, 2012).

## 1.2 Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών (ΣΕΜ)

Ως μεταβλητή ορίζεται οποιοσδήποτε παράγοντας μπορεί να αλλάξει στην πορεία μιας διερεύνησης (π.χ. ποσότητα νερού, ύψος βλαστού). Ο *έλεγχος μεταβλητών* αναφέρεται στο σχεδιασμό και την ερμηνεία ενός πειράματος, στο οποίο ορισμένες

μεταβλητές αλλάζουν τιμή με συγκριμένο τρόπο, με στόχο να παρατηρηθεί η επίδραση μιας συγκεκριμένης μεταβλητής στη συμπεριφορά ενός συστήματος (Boudreaux et al. 2008 όπως αναφ. στο Ζουπίδης, 2012 ).

Σε ένα πείραμα μια μεταβλητή μπορεί να είναι: ανεξάρτητη, εξαρτημένη ή ελεγχόμενη.

- *Ανεξάρτητη* είναι η μεταβλητή την οποία ο ερευνητής αλλάζει σκόπιμα.
- *Εξαρτημένη* είναι η μεταβλητή που αλλάζει ως επακόλουθο της αλλαγής της ανεξάρτητης μεταβλητής.
- *Ελεγχόμενη* είναι η μεταβλητή την οποία ο ερευνητής σκόπιμα διατηρεί σταθερή (δηλαδή βεβαιώνεται ότι η τιμή της δεν αλλάζει).

Επίσης, μια μεταβλητή μπορεί να σχετίζεται με το αποτέλεσμα ενός πειράματος με τους εξής τρόπους:

- Η μεταβλητή μπορεί να *μην σχετίζεται* με το αποτέλεσμα.
- Η μεταβλητή μπορεί να *επηρεάζει* το αποτέλεσμα, οπότε στην περίπτωση αυτή αν αλλάξει η μεταβλητή μπορεί να αλλάξει και το αποτέλεσμα.
- Η μεταβλητή μπορεί να *καθορίζει* το αποτέλεσμα, οπότε στην περίπτωση αυτή μόνο αυτή η μεταβλητή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προβλεφθεί το αποτέλεσμα του πειράματος.

Ο τρόπος διαχείρισης των μεταβλητών ενός πειράματος εξαρτάται από τη σχέση που θέλουμε να ελεγχθεί. Έτσι, για να διαπιστώσουμε εάν μια μεταβλητή επηρεάζει το αποτέλεσμα ενός συστήματος πρέπει να έχουμε κατά νου ότι η μεταβλητή που ελέγχεται θα πρέπει να αλλάξει από τη μια δοκιμή στην επόμενη και ότι οι υπόλοιπες, δηλαδή οι ανεξάρτητες μεταβλητές, θα παραμείνουν σταθερές. Εάν στην περίπτωση αυτή το αποτέλεσμα αλλάξει, συμπεραίνουμε ότι η συγκεκριμένη μεταβλητή επηρεάζει το αποτέλεσμα. Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή εάν το αποτέλεσμα δεν αλλάξει, συμπεραίνουμε ότι η συγκεκριμένη μεταβλητή δεν επηρεάζει το αποτέλεσμα, τουλάχιστον στο συγκεκριμένο εύρος τιμών της. Επίσης, για να διαπιστώσουμε εάν μια μεταβλητή που επηρεάζει ένα σύστημα, το καθορίζει κιάλας, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε ότι η μεταβλητή που ελέγχεται θα πρέπει να παραμείνει σταθερή και ότι οι άλλες θα πρέπει να αλλάξουν. Εάν, η συμπεριφορά του συστήματος αλλάξει, τότε η μεταβλητή που ελέγχεται δεν καθορίζει το αποτέλεσμα.

Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή εάν η συμπεριφορά του συστήματος δεν αλλάξει, τότε συμπεραίνουμε ότι η συγκεκριμένη μεταβλητή καθορίζει το αποτέλεσμα. Από τις δυο παραπάνω διαδικασίες αυτή που διδάσκεται σε όλα τα επίπεδα εκπαίδευσης είναι η πρώτη, δηλαδή αυτή με την οποία ελέγχουμε εάν μια μεταβλητή επηρεάζει ένα σύστημα.

Οι μαθητές όλων των ηλικιών δυσκολεύονται να κατανοήσουν

- τη λογική που υπάρχει πίσω από το σχεδιασμό κατάλληλων πειραμάτων με στόχο να ελεγχθεί εάν μια μεταβλητή επηρεάζει ένα φαινόμενο, καθώς και
- τη λογική με την οποία καταλήγουμε σε συμπέρασμα μετά από τη σύγκριση έγκυρων δοκιμών.

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα δυσκολιών των μαθητών και των φοιτητών σχετικά με την κατανόηση της Στρατηγικής Ελέγχου Μεταβλητών (Ζουπίδης, 2012):

- *Δεν μπορούν να διακρίνουν μεταξύ των προσδοκιών τους και των τεκμηρίων που τους παρουσιάζονται.* Πιο συγκεκριμένα, μαθητές και φοιτητές πολλές φορές στηρίζουν τις ερμηνείες τους στην άποψη που έχουν για τη συμπεριφορά ενός συστήματος, με αποτέλεσμα αντί να περιγράψουν με ποιο τρόπο θα ελέγξουν εάν μια μεταβλητή επηρεάζει ένα σύστημα ή με ποιο τρόπο θα χρησιμοποιήσουν τα δεδομένα που τους δόθηκαν για να βγάλουν συμπέρασμα, να περιγράψουν ποιες είναι οι μεταβλητές που το επηρεάζουν.
- *Δεν αντιλαμβάνονται ότι μόνο η μεταβλητή που είναι υπό έλεγχο επιτρέπεται να αλλάξει.* Πιο συγκεκριμένα, οι περισσότεροι φοιτητές και μαθητές δημοτικού που συμμετείχαν σε έρευνες, αντιλαμβάνονταν ότι έπρεπε να μεταβάλλουν την μεταβλητή υπό έλεγχο, όμως δεν μπορούσαν να αντιληφθούν ότι οι υπόλοιπες μεταβλητές έπρεπε να παραμένουν σταθερές.
- *Δεν αντιλαμβάνονται ότι η μεταβλητή υπό έλεγχο πρέπει να μεταβληθεί για να ελεγχθεί εάν επηρεάζει ένα φαινόμενο.* Η δυσκολία αυτή παρατηρήθηκε κυρίως σε μαθητές μικρότερης ηλικίας.
- *Δεν αντιλαμβάνονται τη λογική με την οποία καταλήγουμε σε συμπέρασμα.* Ως συνέπεια αυτής της δυσκολίας παρατηρήθηκε ότι ορισμένοι από τους φοιτητές της έρευνας θεωρούσαν ότι δεν μπορούν να βγάλουν συμπέρασμα με λίγες μόνο

δοκιμές και ότι χρειάζεται να επαναλάβουν το πείραμα πολλές φορές για να είναι σίγουροι. Επίσης, ορισμένοι μαθητές και φοιτητές πίστευαν ότι μπορούν να βγάλουν συμπέρασμα ακόμη και όταν το πείραμα δεν είναι έγκυρο. Επιπλέον, αναφέρεται ότι όταν πρόκειται για το σχεδιασμό του πειράματος, οι φοιτητές αντιλαμβάνονταν ότι η μεταβλητή υπό έλεγχο έπρεπε να αλλάζει, δυσκολεύτηκαν όμως να αντιληφθούν αυτή τη διάσταση της μεθόδου όταν επρόκειτο να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα του πειράματος και να καταλήξουν σε συμπέρασμα.

- Κάποιοι φοιτητές της έρευνας πίστευαν ότι *όταν μια μεταβλητή επηρεάζει ένα φαινόμενο τότε δεν μπορεί να το επηρεάζει και άλλη.*
- Στην ίδια έρευνα αποδείχθηκε ότι οι φοιτητές *δυσκολεύονται να εφαρμόσουν τη μέθοδο της στρατηγικής ελέγχου μεταβλητών όταν ορισμένες από τις μεταβλητές που επηρεάζουν ένα φαινόμενο είναι εξαρτημένες.*

Η διδασκαλία της Στρατηγικής Ελέγχου Μεταβλητών (ΣΕΜ) αποτελεί σημαντικό αντικείμενο έρευνας στο χώρο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, διότι η αποτελεσματική διδασκαλία της είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την επιτυχή διδασκαλία διαφόρων γνωστικών περιοχών των Φυσικών Επιστημών (Chen & Klahr, 1999 όπως αναφ. στο Ζουπίδης, 2012). Για αυτό το λόγο υπάρχει σημαντική ερευνητική δραστηριότητα ώστε να βρεθούν αποτελεσματικοί τρόποι διδασκαλίας της Στρατηγικής Ελέγχου Μεταβλητών. Οι προσεγγίσεις που διακρίνονται είναι τρεις. Μια μερίδα ερευνητών υποστηρίζει τη *ρητή διδασκαλία* και τονίζει ότι καθοριστικός παράγοντας για την βελτίωση της κατανόησης του συλλογισμού της ΣΕΜ είναι αποκλειστικά η σαφής διδασκαλία της μεθόδου αυτής (Chen & Klahr, 1999, Klahr and Nigam, 2004 όπως αναφ. στο Ζουπίδης κ.ά., 2015). Επίσης, υπάρχουν ερευνητές, οι οποίοι σύμφωνα με την *ανακαλυπτική προσέγγιση*, υποστηρίζουν ότι οι μαθητές θα βελτιώσουν την κατανόηση της μεθόδου ΣΕΜ αρκεί να τους δοθεί η δυνατότητα να συμμετέχουν σε πειράματα βασισμένα στην ανακάλυψη (discovery-based), χωρίς να είναι απαραίτητη η σαφής διδασκαλία της μεθόδου (Schauble, 1996, Dean and Kuhn, 2007 όπως αναφ. στο Ζουπίδης κ.ά., 2015). Τέλος, υπάρχουν ερευνητές, οι οποίοι προτείνουν να συνδυαστούν οι δύο παραπάνω προσεγγίσεις, δηλαδή να γίνει συνδυασμός της ρητής διδασκαλίας της μεθόδου με την πραγματοποίηση πειραμάτων μέσω καθοδηγούμενης διερεύνησης

(Lorch et al. 2010 όπως αναφ. στο Ζουπίδης κ.ά., 2015). Σε αυτήν την περίπτωση, θα υπάρχει υποβοήθηση των μαθητών για να οικοδομήσουν ένα αφηρημένο σχήμα της ΣΕΜ, με την εμπλοκή τους σε περισσότερα πειράματα τα οποία θα έχουν στόχο να ελέγξουν εάν κάποια μεταβλητή επηρεάζει κάποιο φαινόμενο, δίνοντας όμως και περισσότερο χρόνο στη σαφή διδασκαλία της μεθόδου ΣΕΜ (Stand-Cary & Klahr, 2008, Zohar & David, 2008, Lorch et al. 2010 όπως αναφ. στο Ζουπίδης, 2012).



## 2 Διδακτικό πείραμα

Η μέθοδος του διδακτικού πειράματος επινοήθηκε από την καθηγήτρια μαθηματικών Steffe (Steffe 1983, Steffe & D' Ambosio, 1996 όπως αναφ στο Δημάδη, 2010) και τροποποιήθηκε για να χρησιμοποιηθεί στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες.

Προκειμένου να εξετάσουμε τις προϋπάρχουσες ιδέες των παιδιών για τις Φυσικές Επιστήμες και πως αυτές οι ιδέες αναπτύσσονται προς την επιστημονική άποψη, χρειαζόμαστε διδακτικές μεθόδους που να είναι ευέλικτες, να ταιριάζουν στην ιδιαιτερότητα της μαθησιακής διδασκαλίας και να επιτρέπουν παρεμβάσεις. Το διδακτικό πείραμα έχει αυτά τα χαρακτηριστικά. Επίσης, η μέθοδος αυτή ταιριάζει με τη δομή του μοντέλου της εκπαιδευτικής επανοικοδόμησης (Model of Educational reconstruction), καθώς υπερβαίνει την εποικοδόμηση της γνώσης και είναι μια νέα πρόταση που αφορά το σχεδιασμό, την αξιολόγηση και τη βελτίωση της διδασκαλίας με τη μορφή διδακτικών επεισοδίων (Komorek & Duit, 2004 όπως αναφ στο Δημάδη, 2010). Έτσι, επιτυγχάνεται η εκπαιδευτική έρευνα με τη μαθησιακή και διδακτική διδασκαλία και αξιολόγηση.

Επομένως, κατά τη διάρκεια του διδακτικού πειράματος, αναπτύσσονται μια σειρά από μαθησιακές και διδακτικές δραστηριότητες. Κατά το σχεδιασμό αυτών των δραστηριοτήτων λαμβάνονται υπόψη οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και γίνεται ο κατάλληλος διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου που διαπραγματεύονται οι δραστηριότητες.

### 2.1 Η μέθοδος του διδακτικού πειράματος

Αρχικά, το διδακτικό πείραμα χρησιμοποιήθηκε όπως προτάθηκε από την Steffe (1983), η οποία έπαιρνε συνέντευξη από μεμονωμένους μαθητές. Αργότερα, η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε περισσότερο και γινόταν με ομαδικές συνεντεύξεις (δηλαδή η ομάδα αποτελούνταν από 2 μέχρι 4 μαθητές), ώστε να μελετηθούν οι διδακτικές και μαθησιακές διαδικασίες σε «κοινωνίες μαθητευομένων».

Στη μέθοδο αυτή, ένας αριθμός από πειράματα και φαινόμενα που απαιτούν εξηγήσεις, συζητούνται με τους μαθητές (Komorek & Duit, 2004 όπως αναφ στο Δημάδη, 2010). Ο ερευνητής παίζει ταυτόχρονα δύο ρόλους: το ρόλο του συνεντευξιαστή και του δασκάλου. Ως συνεντευξιαστής, πρέπει να ερμηνεύει τις

προϋπάρχουσες ιδέες των παιδιών. Ως δάσκαλος, οφείλει να έχει απαντήσεις στις ιδέες των παιδιών και να δημιουργεί την κατάλληλη διδακτική παρέμβαση την κατάλληλη στιγμή.

Τα οφέλη της στρατηγικής της συνέντευξης είναι πολλά για τους μαθητές. Πρώτον, οι ίδιοι οι μαθητές μπορούν να αντιληφθούν τις ιδέες και τους περιορισμούς τους. Δεύτερον, παρακινούνται να βρουν εναλλακτικές εξηγήσεις και τρίτον, είναι δυνατόν να αντιληφθούν την εξέλιξη των προϋπάρχουσων ιδεών τους και τις διαδικασίες τροποποίησης τους.

## **2.2 Το διδακτικό πείραμα, η σωκρατική διδασκαλία, η Πιαζετιανή συνέντευξη και ο κύκλος της μάθησης**

Η μέθοδος του διδακτικού πειράματος περιλαμβάνει μεθοδολογικά στοιχεία γνωστά ήδη από το Σωκρατικό διάλογο (Krohn, 1998 όπως αναφ στο Δημάδη, 2010) και από τις κλινικές συνεντεύξεις του Piaget.

Όμως, η Steffe (1983) τονίζει ότι το διδακτικό πείραμα διαφέρει στα παρακάτω δυο σημεία από την «κλασική» Πιαζετιανή συνέντευξη. Πρώτον, το διδακτικό πείραμα διαρκεί για πολλές συνεδριάσεις και δεύτερον, οι συνεντεύξεις είναι σκόπιμα οργανωμένες ως μαθησιακή κατάσταση, αφού η κάθε συνέντευξη έχει διδακτική άποψη. Επομένως, η μέθοδος αυτή είναι μια παραλλαγή που βασίζεται πάνω στην τεχνική της συνέντευξης.

Όσον αφορά τη δομή της συνέντευξης φαίνεται ότι αντανακλά ένα σωκρατικό διάλογο. Αυτό συμβαίνει γιατί οι μαθητές τίθενται συνεχώς σε ερωτήσεις και μέσα από αυτές προσπαθούν να απαντήσουν με βάση τις ήδη υπάρχουσες αντιλήψεις τους. Οι ερωτήσεις οι οποίες τίθενται στα παιδιά, τείνουν να επικεντρώνονται γύρω από τις δραστηριότητες τις οποίες πρέπει να σκεφτούν και να εξηγήσουν.

Επίσης, υπάρχει στενή σχέση του διδακτικού πειράματος με το διδακτικό κύκλο. Έτσι, οι φάσεις της μεθόδου αυτής είναι οι εξής:

1. **Φάση της ανακάλυψης:** εδώ οι μαθητές ανακαλύπτουν την έννοια μέσα από την έρευνα που γίνεται σε δραστηριότητες.

2. **Φάση εισαγωγικής έννοιας:** εδώ γίνεται επεξήγηση των παρατηρήσεων που έκαναν οι μαθητές κατά την πρώτη φάση.
3. **Φάση εισαγωγικής εφαρμογής:** εδώ πραγματοποιείται η εφαρμογή της έννοιας που ανακάλυψαν και οι μαθητές ονομάζουν τις νέες καταστάσεις στο διδακτικό πείραμα. Επομένως, οι μαθητές σε αυτή τη φάση προβλέπουν, εξηγούν αυτά που είδαν και γίνεται επίδειξη της έννοιας αυτής.

### 2.3 Οι τυπικές φάσεις στη χρήση του διδακτικού πειράματος

Οι τυπικές φάσεις στη χρήση του διδακτικού πειράματος είναι οι εξής:

1. Προσδοκία πριν την πρώτη παρουσίαση ενός αντικειμένου ή πριν τη διεξαγωγή του πειράματος
2. Προσωπική εξήγηση μετά την από την πρώτη παρουσίαση
3. Φάση γενίκευσης 1 μετά από πολλαπλές επαναλήψεις
4. Φάσης γενίκευσης 2

Η σειρά των υποχρεωτικών ερωτήσεων που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια του διδακτικού πειράματος δίνονται αναλυτικά παρακάτω. Στην 1<sup>η</sup> φάση, οι ερωτήσεις γίνονται πριν την παρουσίαση των αντικειμένων και είναι οι εξής: «Τι περιμένεις; Πως θα προχωρήσει το πείραμα; Πως έφτασες σε αυτή την εκτίμηση;». Έτσι, η φάση αυτή θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως πρόβλεψη και παρατήρηση των αντικειμένων (Komorek & Duit, 2004 όπως αναφ στο Δημάδη, 2010). Στη 2<sup>η</sup> φάση, διεξάγονται ερωτήσεις που αφορούν την περιγραφή των παρατηρήσεων των μαθητών μετά από την πρώτη παρουσίαση των αντικειμένων και είναι του τύπου: «Μπορείς να εξηγήσεις τη συμπεριφορά τους; Ποιο από τα χαρακτηριστικά του αντικειμένου είναι υπεύθυνο για αυτή τη συμπεριφορά του; Τι βλέπεις να συμβαίνει όταν το πείραμα επαναλαμβάνεται;». Για αυτό το λόγο, σύμφωνα με τους Komorek & Duit, 2004 όπως αναφ στο Δημάδη, 2010, η φάση αυτή χαρακτηρίζεται ως ερμηνεία των αντικειμένων. Στη 3<sup>η</sup> φάση, γίνονται ερωτήσεις που αφορούν γενικεύσεις του φαινομένου μετά από πολλαπλές επαναλήψεις και είναι οι παρακάτω: «Μπορείς να περιγράψεις τη συμπεριφορά σε γενικές γραμμές; Τι συμβαίνει συνολικά;». Τέλος, στη 4<sup>η</sup> φάση γίνεται μια συνολική ερμηνεία του πειράματος το οποίο ολοκληρώνεται με τις ακόλουθες ερωτήσεις: «Τι σημαίνουν τα αποτελέσματα της μελέτης σου για τα

συγκεκριμένα φυσικά θέματα; Ποιες είναι οι αλλαγές στις απόψεις σου για τη Φυσική;».

Η επιλογή της συγκεκριμένης μεθόδου για την εργασία μας έγινε καθώς μας επιτρέπει να αναδείξουμε τις ήδη υπάρχουσες αντιλήψεις και δεξιότητες των παιδιών, να τις μελετήσουμε και να τις καλλιεργήσουμε μέσα από τα διδακτικά επεισόδια του πειράματος μας.

## 3 Τριβή

### 3.1 Ιστορική εξέλιξη της τριβής

Η τριβή εμπλέκεται σε μια από τις πιο παλιές και βασικές επινοήσεις του ανθρώπου, στη φωτιά. Ο προϊστορικός άνθρωπος (50000 π.Χ.), τρίβοντας ένα σκληρό σε ένα μαλακό ξύλο, ανάβει φωτιά (Θεοδωρόπουλος κ.ά., 1997).

Κατά το 8000 π.Χ., ο άνθρωπος «υπερνικά» τη δύναμη της τριβής με την επινόηση του τροχού και χρησιμοποιεί διάφορα λιπαντικά (π.χ. ζωικό λίπος, φυτικά έλαια κλπ) για να ελαττώσει την τριβή.

Στην εποχή της Κλασσικής Ελλάδας, η Αριστοτελική Φυσική υποστηρίζει ότι η τριβή βοηθά την κίνηση των σωμάτων αντί να την εμποδίζει και συγκεκριμένα ότι τα σώματα σταματούν από μόνα τους, όταν πάψει να ενεργεί το αίτιο που τα κινεί. Ως αφορμή για τη θεωρία τους πήραν την κίνηση του βέλους, όπου παρατήρησαν ότι ο αέρας που εκτοπίζει το βέλος όχι μόνο δεν εμποδίζει την κίνησή του, αλλά κλείνει πίσω του δημιουργώντας προώθηση. Έτσι, οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι η αντίσταση του αέρα, δηλαδή η δύναμη της τριβής, αποτελεί τον κινητήριο παράγοντα.

Στα τέλη του 15<sup>ου</sup> αιώνα, ο Leonardo da Vinci αντιλαμβάνεται σαν αιτία της τριβής τις ανωμαλίες των επιφανειών. Ο νόμος που διατύπωσε για τη δύναμη της τριβής είναι ο εξής: η τριβή που δημιουργείται από το ίδιο το βάρος θα έχει το ίδιο μέγεθος, παρόλο που η επαφή μπορεί να έχει διαφορετικό μήκος και πλάτος, για αυτό και η τριβή παράγει διπλάσιο αποτέλεσμα, αν το βάρος διπλασιασθεί.

Κατά τον 18<sup>ο</sup> αιώνα συναντάμε αρκετούς επιστήμονες που ασχολούνται με το θέμα της τριβής. Το 1699, ο G. Amontons (Θεοδωρόπουλος κ.ά., 1997), παρατηρώντας τη δυσκολία των σχοινιών να κινηθούν σε τροχαλίες ή βαρούλκα, καταλήγει στους νόμους της τριβής και στη συνέχεια ασχολείται με τη μελέτη της τριβής των στερεών χωρίς λίπανση. Τα σημεία της θεωρίας του είναι ότι η τριβή είναι ανεξάρτητη από την επιφάνεια επαφής και ευθέως ανάλογη με την κάθετη δύναμη. Συγκεκριμένα, θεωρεί ότι η τριβή είναι για όλα τα υλικά το 1/3 της κάθετης δύναμης. Το μοντέλο ερμηνείας που χρησιμοποίησε είναι αυτό των αλληλοσυμπλεκόμενων ανωμαλιών των επιφανειών επαφής. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι όταν ο Leonardo da Vinci και ο Amontons αναφέρονται στην τριβή εννοούν την στατική

τριβή, διότι η ιδέα της κινητικής τριβής πιθανόν δεν υπήρχε πριν από τον Νεύτωνα. Το 1725, ο De Camus και ο J. Desaquiller τονίζουν ότι η τριβή είναι μεγαλύτερη όταν τα σώματα ηρεμούν από ότι όταν αυτά κινούνται. Το 1750, ο Leonard Euler επιβεβαιώνει πειραματικά τις απόψεις του Amontons και αποδεικνύει ότι ο συντελεστής τριβής είναι ίσος με τη γωνία τριβής. Ως συντελεστής τριβής ορίζεται ο λόγος της τριβής προς την κάθετη δύναμη ( $\mu = T/F_k$ ) και ως γωνία τριβής θεωρείται η μεγαλύτερη γωνία που μπορεί να σχηματίσει μια επιφάνεια με τον ορίζοντα, έτσι ώστε το σώμα που βρίσκεται πάνω της να μην ολισθήσει. Το 1785, ο Coulomb επιβεβαιώνει με πειράματα όλες τις προηγούμενες απόψεις. Τα υλικά που μελετά είναι αυτά που χρησιμοποιούν αυτή την εποχή, δηλαδή εξετάζει την τριβή σε επιφάνειες ξύλου με ξύλο, μετάλλου με μέταλλο και ξύλου με μέταλλο. Τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε είναι τα εξής: η στατική τριβή (όταν τα σώματα ηρεμούν) είναι μεγαλύτερη από την τριβή κίνησης (όταν τα σώματα κινούνται) και η τριβή είναι ανεξάρτητη από τη σχετική ταχύτητα κίνησης των τριβομένων επιφανειών. Τέλος, ο Coulomb αναγνωρίζει το ρόλο των συγκολλήσεων μεταξύ των τριβομένων επιφανειών, αλλά τις θεωρεί μη σημαντικό παράγοντα της τριβής.

Τον 19<sup>ο</sup> αιώνα γίνονται νεότερες έρευνες για την τριβή (Θεοδωρόπουλος κ.ά., 1997). Το 1830, ο A. J. Morin, με πιο προσεκτικά σχεδιασμένα πειράματα, επιβεβαιώνει τις απόψεις του Coulomb. Το 1854, ο G. A. Hirn διαχωρίζει την τριβή μεταξύ λιπασμένων και την τριβή μεταξύ αλίπαντων σωμάτων και παρατηρεί ότι η επίδραση της ταχύτητας, της επιφάνειας επαφής και του βάρους διαφέρουν και στις δυο περιπτώσεις. Η δράση των λιπαντικών ερμηνεύεται με την υπόθεση ότι αυτά γεμίζουν τα κενά μεταξύ των ανωμαλιών και με το ότι οι επιφάνειες γίνονται πιο ολισθηρές. Το 1878, ο D. Galton, κάνοντας πειράματα με ταχύτητες πάνω από 30 m/sec, καταλήγει στο ότι ο συντελεστής τριβής μειώνεται ανάλογα με την ταχύτητα. Το 1892, ο Sir A. Ewing υποστηρίζει ότι η τριβή οφείλεται σε μοριακές δυνάμεις. Το 1929, ο G. A. Tomlinson υποθέτει ότι η τριβή οφείλεται στην ενεργειακή απώλεια που συμβαίνει εξαιτίας του διαχωρισμού των μορίων τα οποία πιέζονται σε ατομικό επίπεδο. Το 1936, ο Sir W. Hardy θεωρεί ότι η δύναμη της τριβής μπορεί να ερμηνευτεί από ηλεκτρομαγνητικά πεδία που υπάρχουν στις επιφάνειες των στερεών.

Στον αιώνα μας χρησιμοποιούνται νέες εργαστηριακές μέθοδοι (π.χ. μέθοδοι οπτικής συμβολής) και νέα υλικά (π.χ. ραδιενεργά μέταλλα) για την μικροσκοπική

εξέταση της τριβής (Θεοδωρόπουλος κ.ά., 1997). Έτσι, έγινε τροποποίηση των νόμων ως εξής:

- Η λείανση των επιφανειών των μετάλλων πέρα από ένα ορισμένο όριο οδηγεί σε αύξηση της τριβής και όχι σε μείωση αυτής.
- Αν αφαιρεθεί ο αέρας μεταξύ λείων και καθαρών επιφανειών, τότε αυτά θα εμφανίσουν τεράστιους συντελεστές τριβής.
- Στα στερεά που παραμορφώνονται πλαστικά (π.χ. μέταλλα) η τριβή είναι ανάλογη με το βάρος και ανεξάρτητη από το εμβαδόν της επιφάνειας επαφής. Στα ελαστικά στερεά η τριβή είναι ανάλογη με το βάρος υψωμένο στην  $2/3$  και αυξάνεται με το εμβαδόν της επιφάνειας επαφής.
- Η ανεξαρτησία της τριβής από την ταχύτητα ισχύει μόνο για μικρές ταχύτητες. Σε πολύ χαμηλές ταχύτητες η τριβή ολίσθησης αυξάνεται, για να ενωθεί με τη στατική τριβή χωρίς ασυνέχεια, ενώ σε πολύ υψηλές ταχύτητες ολίσθησης η τριβή ελαττώνεται με την ταχύτητα κατά συνεχή τρόπο.
- Για τα μέταλλα οι νόμοι της τριβής ισχύουν για ενδιάμεσες πιέσεις, αντίθετα σε πολύ μεγάλες και πολύ μικρές πιέσεις η τριβή δεν ακολουθεί το νόμο του Coulomb.

### **3.2 Ερμηνεία των νόμων της τριβής με κλασικές και σύγχρονες απόψεις**

Μέχρι το τέλος του 19<sup>ου</sup> αιώνα κυριαρχούσε το κλασικό μοντέλο για την ερμηνεία της δύναμης της τριβής. Το μοντέλο αυτό, δίνοντας βάση στις αλληλοεμπλεκόμενες προεξοχές των δυο επιφανειών επαφής, υποστήριζε ότι η τριβή είναι η απαραίτητη δύναμη είτε για να λυγίσουν ή να σπάσουν είτε για να ανέβουν οι προεξοχές της μιας επιφάνειας πάνω από τις προεξοχές της άλλης, ώστε να επιτευχθεί κίνηση. Άλλο σημείο της θεωρίας αυτής είναι ότι η αύξηση της κάθετης δύναμης προκαλεί μεγαλύτερη εμπλοκή των προεξοχών, άρα και μεγαλύτερη τριβή. Όσον αφορά την αύξηση του εμβαδού της επιφάνειας επαφής, η θεωρία τονίζει ότι δεν επηρεάζει την τριβή. Αυτό συμβαίνει γιατί ενώ αυξάνεται ο αριθμός των εμπλεκόμενων προεξοχών, ελαττώνεται η κατανομή του φορτίου ανά προεξοχή, με αποτέλεσμα η εμπλοκή να γίνεται ασθενέστερη. Έτσι, ο ένας παράγοντας αναιρεί τον άλλον και η τριβή παραμένει σταθερή. Το κλασικό μοντέλο προτείνει τη δράση των λιπαντικών ώστε

να γεμίζουν τα κενά ανάμεσα στις προεξοχές. Με αυτόν τον τρόπο η εμπλοκή των προεξοχών περιορίζεται και η τριβή ελαττώνεται (Θεοδωρόπουλος κ.ά., 1997).

Παρατηρούμε ότι το προηγούμενο μοντέλο δεν μπόρεσε να εξηγήσει όλα τα νεότερα στοιχεία που συζητούνταν κατά τον αιώνα αυτόν (π.χ. εξάρτηση της τριβής από την επιφάνεια στην περίπτωση των ελαστικών). Έτσι, αναπτύχθηκε το μοντέλο των συγκολλήσεων. Ο μηχανισμός αυτός εξηγεί γιατί η στατική τριβή είναι μεγαλύτερη από την κινητική τριβή.

Σύμφωνα με το μοντέλο των συγκολλήσεων, όταν δυο επιφάνειες βρίσκονται σε ηρεμία μπορεί να αναπτυχθούν μοριακοί δεσμοί στη μεσεπιφάνεια, ενώ αντίθετα όταν οι επιφάνειες κινούνται μεταξύ τους οι μοριακοί δεσμοί δεν προλαβαίνουν να σχηματιστούν και έτσι ξανασπάνε. Όσον αφορά την αναλογία της τριβής με την κάθετη δύναμη, το μοντέλο αυτό υποστηρίζει ότι αφού η πραγματική επιφάνεια επαφής είναι πολύ μικρή, η αύξηση της κάθετης δύναμης προκαλεί μεγάλες πιέσεις στα σημεία επαφής, που αυξάνουν τον αριθμό των πραγματικών επαφών μέχρι να συγκρατηθεί η αυξημένη κάθετη δύναμη. Έτσι, αυξάνεται και ο αριθμός των μοριακών τριβών, επομένως και η τριβή. Επίσης, το μοντέλο των συγκολλήσεων πραγματεύεται την ανεξαρτησία της τριβής από τη φαινομενική επιφάνεια επαφής. Όταν αυξάνεται η φαινομενική επιφάνεια επαφής για δεδομένο βάρος, προκαλεί αύξηση του αριθμού προεξοχών επαφής και μείωση της πραγματικής επιφάνειας επαφής καθεμιάς προεξοχής. Επομένως, η συνολική πραγματική επιφάνεια επαφής παραμένει σταθερή, άρα και η τριβή. Σχετικά με την ελάττωση της τριβής, το συγκεκριμένο μοντέλο προτείνει την τοποθέτηση κάποιου λιπαντικού, είτε σε υγρή είτε σε αέρια μορφή, ανάμεσα στις δυο επιφάνειες.

### **3.3 Γνώσεις αναφοράς για τον εκπαιδευτικό**

#### **3.3.1 Τι είναι η τριβή**

Η τριβή ορίζεται ως η δύναμη που αντιστέκεται στην κίνηση δυο επιφανειών που βρίσκονται σε επαφή, όταν η μια κινείται ή τείνει να κινηθεί σε σχέση με την άλλη (Καλλέρη, 2016).



### **3.3.2 Τριβή ολίσθησης και στατική τριβή**

Σύμφωνα με τον Ραβάνη (2005) όλες οι επιφάνειες των σωμάτων, τα οποία φαίνονται να είναι λεία με γυμνό μάτι, εάν τις παρατηρήσουμε σε μεγέθυνση, θα δούμε ότι αυτές είναι γεμάτες από προεξοχές και εσοχές. Έτσι, καθώς τα σώματα έρχονται σε επαφή οι προεξοχές του ενός μπαίνουν στις εσοχές του άλλου, με αποτέλεσμα όταν αυτά τείνουν να κινηθούν ή όταν κινούνται, να τους δημιουργούνται εμπόδια. Λόγω του φαινομένου αυτού, το ένα σώμα ασκεί στο άλλο μια δύναμη η οποία δυσχεραίνει την κίνηση και ονομάζεται τριβή ολίσθησης. Η ίδια δύναμη ονομάζεται στατική τριβή όταν τα σώματα που βρίσκονται σε επαφή δεν κινούνται.

### **3.3.3 Υπαρξη τριβής κύλισης**

Είναι γνωστό ότι υπάρχει και η τριβή κύλισης, η οποία παρά το γεγονός ότι εξαρτάται από τη δύναμη που δέχεται το κινούμενο σώμα από το άλλο με το οποίο εφάπτεται και από τη φύση των επιφανειών τους, στη φυσική μελετάται ξεχωριστά από την τριβή ολίσθησης. Όμως, στην προσχολική ηλικία την εξετάζουμε μαζί με την τριβή ολίσθησης. Και αυτό συμβαίνει γιατί στην προσχολική ηλικία απλώς προσεγγίζουμε τα αποτελέσματα των μεταβολών των δυο παραγόντων (Ραβάνης, 2003).

### **3.3.4 Υπαρξη οπισθέλκουσας τριβής**

Σύμφωνα με τον Hewitt (2002) η τριβή δεν εμφανίζεται μόνο σε στερεά που ολισθαίνουν το ένα πάνω στο άλλο, αλλά εμφανίζεται και σε υγρά και σε αέρια που ονομάζονται ρευστά (επειδή ρέουν). Η τριβή στα ρευστά ονομάζεται οπισθέλκουσα. Η τριβή ενός ρευστού εξαρτάται από τη φύση του, δηλαδή από το είδος του ρευστού (π.χ. στο νερό η οπισθέλκουσα τριβή είναι μεγαλύτερη από ό,τι στον αέρα). Επίσης, η οπισθέλκουσα τριβή εξαρτάται και από την ταχύτητα και το εμβαδόν της επιφάνειας επαφής (π.χ. η ποσότητα του ρευστού που ωθείται προς τα πλάγια από ένα πλοίο ή ένα αεροπλάνο εξαρτάται από το μέγεθος και το σχήμα του σκάφους). Συγκεκριμένα, για κίνηση με μικρή ταχύτητα μέσα σε νερό, η οπισθέλκουσα είναι ανάλογη προς την ταχύτητα του κινούμενου αντικειμένου. Αντίθετα, στον αέρα, για τις περισσότερες συνηθισμένες τιμές ταχυτήτων, η οπισθέλκουσα είναι ανάλογη προς το τετράγωνο της ταχύτητας (π.χ. αν η ταχύτητα ενός αεροπλάνου διπλασιαστεί, η οπισθέλκουσα θα τετραπλασιαστεί). Όμως, σε πολύ υψηλές ταχύτητες, ο κανόνας αυτός παύει να ισχύει, καθώς η κίνηση του ρευστού γίνεται ασταθής και εμφανίζει διαταρακτικά φαινόμενα, όπως κρουστικά κύματα.

### **3.3.5 Ποια είναι η κατεύθυνση της τριβής και από ποιους παράγοντες εξαρτάται το μέτρο της**

«Σε ένα σώμα το οποίο σύρεται για να κινηθεί σε οριζόντιο επίπεδο, εκτός από οποιαδήποτε άλλη δύναμη, του ασκείται από το οριζόντιο επίπεδο η τριβή ολίσθησης που έχει κατεύθυνση αντίθετη από την κατεύθυνση της επιχειρούμενης κίνησής του» (Ραβάνης, 2005, Καλλέρη, 2016).

Όσον αφορά για το πόσο μεγάλη είναι η δύναμη της τριβής, οι ίδιοι τονίζουν ότι εξαρτάται από: α) τη φύση των επαπτόμενων επιφανειών, και β) τη δύναμη που ασκείται από την οριζόντια επιφάνεια στο κινούμενο σώμα. Στον πρώτο παράγοντα, όσο πιο λείες είναι οι επιφάνειες τόσο μικρότερη είναι η τριβή που δημιουργείται, αντίθετα όσο πιο τραχιές είναι οι επιφάνειες τόσο λιγότερη είναι η εμφανιζόμενη τριβή (π.χ. η τριβή που αναπτύσσεται ανάμεσα σε ένα ύφασμα και ένα λείο πλαστικό αντικείμενο που σύρεται πάνω στο ύφασμα, είναι μεγαλύτερη από την τριβή ανάμεσα σε δυο λεία πλαστικά αντικείμενα). Στον δεύτερο παράγοντα, όσο βαρύτερο είναι ένα σώμα που κινείται σε μια επιφάνεια τόσο μεγαλύτερη γίνεται και η δύναμη της τριβής, αντίθετα όσο πιο ελαφρύ είναι το κινούμενο σώμα, τόσο μικρότερη είναι η τριβή.

### **3.3.6 Εμφάνιση τριβής στην καθημερινή μας ζωή**

Σύμφωνα με την Καλλέρη (2016) η ύπαρξη της δύναμης της τριβής είναι πολύ σημαντική για την καθημερινότητά μας. Χωρίς αυτή δεν μπορούμε να βαδίσουμε (π.χ. είναι δύσκολο να περπατήσουμε στον πάγο, γιατί έχει πολύ λεία επιφάνεια και έτσι οι τριβές ελαχιστοποιούνται). Επίσης, η τριβή που δημιουργείται ανάμεσα στους τροχούς του αυτοκινήτου και του οδοστρώματος επιτρέπει την κίνησή τους. Κάποιες φορές όμως πρέπει να ελαττώσουμε την τριβή αυτή όσο πιο πολύ γίνεται. Αυτό το πετυχαίνουμε με τη χρήση ειδικών υγρών που ονομάζονται λιπαντικά (π.χ. στη μηχανή του αυτοκινήτου η μεγάλη τριβή μπορεί να προκαλέσει την καταστροφή του κινητήρα, για αυτό πρέπει να βάλουμε λάδι λίπανσης ώστε να ελαττώσουμε την τριβή μεταξύ των εξαρτημάτων της).

### **3.3.7 Αντιλήψεις των παιδιών σχετικά με την τριβή**

Όσον αφορά τις αντιλήψεις των παιδιών σχετικά με την τριβή ο Ραβάνης (2003) επισημαίνει ότι:

- Τα παιδιά αναφέρονται στο βάρος των κινούμενων σωμάτων, αλλά δεν κατανοούν ότι οι μεταβολές των διανυόμενων αποστάσεων που καλύπτουν τα σώματα οφείλονται στις μεταβολές των βαρών τους.
- Τα παιδιά αδυνατούν να εντοπίσουν σχέσεις ανάμεσα στις διανυόμενες αποστάσεις και στη φύση του υλικού της επιφάνειας των σωμάτων. Πολλές φορές αναφέρουν ότι οι μεταβολές στις διανυόμενες αποστάσεις οφείλονται στις διαφορές της αρχικής ώθησης που δίνουμε στα σώματα (Αποστολίδου, Ασβεστά & Ραβάνης, 1998, Ραβάνης, 1999, Ραβάνης κ.ά., 2002).

Παρακάτω αναφέρουμε αναλυτικά τις ιδέες των παιδιών που δίνονται σχετικά με τη δύναμη της τριβής σε έρευνα των Ravanis et al. (2004):

- παιδιά 9-13 χρονών αναγνωρίζουν εύκολα ότι το βάρος είναι μια μεταβλητή η οποία επηρεάζει την τριβή,
- από τα παιδιά προσχολικής ηλικίας, το 1/3 αναγνώρισε ότι η αλλαγή στην απόσταση που διανύει ένα αντικείμενο οφείλεται στην αλλαγή του βάρους, ενώ το 5% αναγνώρισε ότι η αλλαγή στο είδος των επιφανειών που είναι σε επαφή είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει την τριβή.

## 4 Μελέτη προγραμμάτων σπουδών σχετικά με τη διδασκαλία της τριβής

Στην έρευνα τους οι Ravanis et al. (2008) αναφέρουν ότι μέσα από τη μελέτη προσχολικών προγραμμάτων σπουδών και διδακτικών δραστηριοτήτων βρέθηκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους στόχους, στο περιεχόμενο, στην οργάνωση δραστηριοτήτων, στον ρόλο του δασκάλου, στον ρόλο του παιδιού και στο εκπαιδευτικό υλικό. Έτσι, ταξινομήθηκαν οι τάσεις που οδηγούν σε εκπαιδευτικές δραστηριότητες σχετικά με την επιστήμη για παιδιά προσχολικής ηλικίας. Η ταξινόμηση αυτή περιλαμβάνει τρεις κατηγορίες δραστηριοτήτων, από τις οποίες η πρώτη περιέχει δραστηριότητες που δεν σχετίζονται με την έρευνα στην εκπαίδευση, ενώ η 2<sup>η</sup> και η 3<sup>η</sup> περιέχουν δραστηριότητες που βασίζονται σε ευρήματα ερευνών, δηλαδή εκμεταλλεύτηκαν αποτελέσματα από άλλες έρευνες και πάνω σε αυτά έκαναν δραστηριότητες. Συγκεκριμένα:

- Η 1<sup>η</sup> κατηγορία αποτελείται από δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν μέσω της εμπειρίας και του συμπεριφορισμού. Εδώ, ο δάσκαλος επιλέγει το θέμα της δραστηριότητας, ετοιμάζει το υλικό, παρουσιάζει τη δραστηριότητα, συντονίζει τη δουλειά, κάνει ερωτήσεις, διατυπώνει προβληματισμούς και δίνει ο ίδιος εξηγήσεις. Έτσι, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι οι δραστηριότητες αυτής της κατηγορίας βασίζονται στον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας όπου ο δάσκαλος λειτουργεί ως πομπός και ο μαθητής ως απλός και παθητικός δέκτης.
- Η 2<sup>η</sup> κατηγορία αποτελείται από δραστηριότητες που βασίζονται στη πιαζετιανή θεωρία, η οποία υποστηρίζει ότι η ανάπτυξη της ανθρώπινης ευφυΐας είναι αποτέλεσμα της επαφής του παιδιού με τα αντικείμενα του υλικού κόσμου. Εδώ, ο δάσκαλος σχεδιάζει τους κύριους άξονες της δραστηριότητας, ενθαρρύνει τα παιδιά να κάνουν ερωτήσεις και παρεμβαίνει μόνο όταν κάποιο παιδί συναντά εμπόδια, χωρίς όμως να του προσφέρει έτοιμες απαντήσεις, ώστε να το διευκολύνει για να φτάσει στη λύση. Τα παιδιά έρχονται σε επαφή με το διδακτικό υλικό, πειραματίζονται και συνεργάζονται με τους άλλους.
- Η 3<sup>η</sup> κατηγορία αποτελείται από εκπαιδευτικές δραστηριότητες που βασίζονται σε υποθέσεις (κοινωνιογνωστικές, κοινωνικοπολιτισμικές)

σύμφωνες με τη θεωρία του Βιγκότσκι. Βασικό σημείο της θεωρίας αυτής είναι ότι η μάθηση είναι το αποτέλεσμα της συστηματικής κοινωνιο-εκπαιδευτικής αλληλεπίδρασης. Εδώ, ο δάσκαλος δίνει μεγάλη σημασία στην αρχική γνωστική κατάσταση του παιδιού και στην αλλαγή της και χρησιμοποιεί την επικοινωνία και το πολιτιστικό περιβάλλον, ώστε το παιδί να αναπτύξει τη γνωστική του αντίληψη.

#### **4.1 Ανάλυση του περιεχομένου των εκπαιδευτικών εγχειριδίων για την έννοια της τριβής**

Η ανάλυση του περιεχομένου των εκπαιδευτικών εγχειριδίων οδήγησε τους Θεοδωρόπουλο κ.ά. (1997) να εντοπίσουν τις διαφορές και τις ομοιότητες που υπάρχουν στις εκπαιδευτικές βαθμίδες σχετικά με τον τρόπο διαπραγμάτευσης της έννοιας, το κυρίαρχο ερμηνευτικό μοντέλο και τις εφαρμογές της τριβής. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας παρουσιάζονται παρακάτω:

Η διαπραγμάτευση της έννοιας της τριβής μπορεί να γίνει με έναν από τους παρακάτω τρόπους. Ο πρώτος τρόπος περιλαμβάνει τους νόμους που πραγματεύονται την εξάρτηση της τριβής από τη φύση των επιφανειών επαφής και από την κάθετη δύναμη. Ο τρόπος αυτός εμφανίζεται στα εγχειρίδια όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων (γυμνάσιο, λύκειο, πανεπιστήμιο) λόγω της δυνατότητας επαλήθευσης των νόμων αυτών πειραματικά. Ο δεύτερος τρόπος, ο οποίος εμφανίζεται σε λιγότερα σχολικά εγχειρίδια, περιλαμβάνει τους νόμους που αποδεικνύουν ότι η τριβή είναι ανεξάρτητη από το εμβαδόν της επιφάνειας επαφής και από τη σχετική ταχύτητα των τριβόμενων σωμάτων.

Υπάρχουν δυο ερμηνευτικά μοντέλα που εξηγούν την έννοια της τριβής και τα φαινόμενά της. Το κλασικό μοντέλο βασίζεται στις ανωμαλίες των επιφανειών επαφής και είναι κυρίαρχο στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Το μοντέλο που αναφέρεται στις μοριακές δυνάμεις συναντάται σε πανεπιστημιακά εγχειρίδια και ορισμένα σημεία των νόμων του υπάρχουν και σε λυκειακά εγχειρίδια.

Όσον αφορά τις εφαρμογές της τριβής στα διάφορα πεδία εφαρμογής της, παρατηρήθηκε ότι στα γυμνασιακά και λυκειακά εγχειρίδια υπάρχει μεγάλος αριθμός εφαρμογών από την τεχνολογία και την καθημερινή μας ζωή. Αυτό συμβαίνει γιατί οι

μαθητές έρχονται σε βιωματική επαφή με αυτά τα παραδείγματα και έτσι μπορούν να κατανοήσουν και να εμπεδώσουν καλύτερα τόσο την έννοια της τριβής όσο και τους νόμους της. Αντίθετα, σε ορισμένα λυκειακά και πανεπιστημιακά εγχειρίδια υπάρχουν τα λυμένα προβλήματα λόγω της απλότητας της μαθηματικής έκφρασης των νόμων της τριβής ( $T = nFk$ ).

Από τη μελέτη των εγχειριδίων Φυσικής όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα. Αρχικά, η εισαγωγή της έννοιας της τριβής με ορισμό, όπου περιγράφεται ως δύναμη αντίθετη στην τάση μετακίνησης, έρχεται σε αντίφαση με ορισμένα παραδείγματα (π.χ. στην εκκίνηση του αυτοκινήτου, η στατική τριβή έχει ίδια φορά με την κίνηση του αυτοκινήτου), όμως δεν αποτελεί λανθασμένη επιστημονική προσέγγιση. Ακόμα, η εισαγωγή της τριβής ως δύναμη αντίθετη προς μια εξωτερική προϋποθέτει προηγούμενη αναφορά των νόμων του Νεύτωνα. Σχετικά με την πειραματική εισαγωγή των νόμων της τριβής δε λαμβάνονται υπόψη οι πρακτικές δυσκολίες που προκύπτουν από τη διδακτική πείρα. Για αυτό πρέπει να γίνεται ευρεία χρήση τεχνητών παραδειγμάτων όταν δεν μπορεί να γίνει εισαγωγή με πείραμα. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι όλα τα εγχειρίδια Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης διακρίνουν τη στατική τριβή από την τριβή ολίσθησης.

Μέσα από τα παραπάνω συμπεράσματα προκύπτουν κάποιες διδακτικές προτάσεις σχετικά με την τριβή και τους νόμους της (Θεοδωρόπουλος κ.ά., 1997). Σε περιπτώσεις όπου η εισαγωγή της τριβής γίνεται με τον ορισμό, που την περιγράφει ως δύναμη αντίθετη στην κίνηση, να μην γίνεται αναφορά παραδειγμάτων όπως το βάδισμα. Σε αντίθετη περίπτωση, όπου η εισαγωγή της τριβής γίνεται χωρίς ορισμό, είναι καλό να αναφέρονται παραδείγματα που αντιτίθεται στην κίνηση των σωμάτων αλλά και παραδείγματα που βοηθούν την κίνηση τους. Σχετικά με την πειραματική εισαγωγή της τριβής, αυτή πρέπει να γίνεται σε στατικές συνθήκες ώστε να μην υπάρχουν δυσκολίες στην πραγματοποίηση και στην εκτίμηση της σταθερής ταχύτητας κατά την κίνηση του σώματος. Τέλος, είναι απαραίτητο να μη γίνεται αναφορά στις διάφορες τιμές μέγιστης στατικής τριβής και της τριβής ολίσθησης, διότι είναι πολύπλοκη και έτσι δεν καθίσταται διδακτικά αξιοποιήσιμη.

Παρακάτω αναφέρουμε αναλυτικά κάποιες διδακτικές προτάσεις που αφορούν τη διδασκαλία της τριβής στις βαθμίδες του γυμνασίου και του λυκείου (Θεοδωρόπουλος κ.ά., 1997).

#### **4.1.1 Διδακτικές προτάσεις για το Γυμνάσιο**

1. Είναι απαραίτητο η εισαγωγή της τριβής να γίνεται μέσα από πολλά παραδείγματα και εφαρμογές της τριβής στην καθημερινή μας ζωή (π.χ. βάδισμα, κράτημα αντικειμένων).
2. Σχετικά με τους νόμους της τριβής, είναι καλό οι μαθητές να επεξεργάζονται τους νόμους εξάρτησης από το υλικό των επιφανειών και από την πιεστική δύναμη. Αξίζει να σημειώσουμε ότι πρέπει να δίνονται παραδείγματα, ώστε η πιεστική δύναμη να είναι ίση με το βάρος του σώματος.
3. Οι νόμοι που αφορούν την ανεξαρτησία από την ταχύτητα και από το εμβαδόν της επιφάνειας επαφής, επειδή έχουν όρια ισχύος και έτσι δεν προσεγγίζονται εύκολα πειραματικά, δεν πρέπει να αναφέρονται σε επίπεδο Γυμνασίου.
4. Για τη σύνοψη των αποτελεσμάτων των πειραμάτων να χρησιμοποιείται ο τύπος  $T = nFk$ , διότι η ποιοτική προσέγγιση διευκολύνει τη μάθηση σε αυτή την εκπαιδευτική βαθμίδα και η μετάβαση από την ποιοτική στην ποσοτική έκφραση χρίζει μαθηματικές γνώσεις τις οποίες δεν κατέχουν οι μαθητές Γυμνασίου.
5. Η ερμηνεία της τριβής να στηρίζεται στις ανωμαλίες των τριβόμενων επιφανειών, καθώς αποτελεί εύληπτο μοντέλο για τους μαθητές της συγκεκριμένης εκπαιδευτικής βαθμίδας.

#### **4.1.2 Διδακτικές προτάσεις για το Λύκειο**

1. Είναι απαραίτητο η διδασκαλία της τριβής να έχει και ποσοτικό προσανατολισμό, καθώς οι μαθητές μπορούν να κατανοούν μαθηματικές σχέσεις στη φυσική, αλλά και να επιλύουν μαθηματικά προβλήματα.
2. Να αναφέρεται ότι για συμβατικές ταχύτητες η τριβή θεωρείται ανεξάρτητη από την ταχύτητα, παρά το γεγονός ότι η σχέση της τριβής με την ταχύτητα είναι πολύπλοκη και η πειραματική της διερεύνηση είναι δύσκολη στο σχολικό εργαστήριο.
3. Είναι αναγκαίο να γίνεται διάκριση μεταξύ της στατικής τριβής και της τριβής ολίσθησης κατά την πειραματική διαδικασία.
4. Η ερμηνεία της τριβής να στηρίζεται στις ανωμαλίες των επιφανειών και στις μοριακές αλληλεπιδράσεις.

5. Η εφαρμογή της τριβής να γίνεται σε παραδείγματα που σχετίζονται με την τεχνολογία, καθώς αυτά τα παραδείγματα ενδιαφέρουν τα παιδιά, αλλά λειτουργούν και άτυπα στα πλαίσια του επαγγελματικού τους προσανατολισμού.
6. Είναι καλό να γίνεται πρώτα η μαθηματική ανάλυση και στη συνέχεια να ακολουθεί η πραγματοποίηση της μέτρησης του συντελεστή τριβής με το κεκλιμένο επίπεδο μεταβλητής κλίσης.

## **4.2 Δυο αφετηριακές παραδοχές για την προσέγγιση του φαινομένου της τριβής στην προσχολική ηλικία**

Σύμφωνα με τον Ραβάνη (2003) υπάρχουν δυο αφετηριακές παραδοχές, τις οποίες ο εκπαιδευτικός οφείλει να λάβει υπόψη του για την προσέγγιση του φαινομένου της τριβής στα παιδιά προσχολικής ηλικίας.

- Περιοριζόμαστε στα αποτελέσματα που προκαλούν οι μεταβολές των δυο παραγόντων στην κίνηση ενός σώματος.
- Το κινούμενο σώμα θα ολισθαίνει ή θα κυλάει πάνω σε οριζόντια επιφάνεια.

Έτσι, περιοριζόμαστε στην κίνηση ενός αντικειμένου σε ένα σταθερό οριζόντιο επίπεδο. Για αυτό το λόγο, η ασκούμενη δύναμη από το επίπεδο στο σώμα ισούται με το βάρος του αντικείμενου και συνεπώς μπορούμε να θεωρήσουμε ως παράγοντα το ίδιο το βάρος του κινούμενου σώματος.

Για να ελέγξουμε τη φύση των επιφανειών, μεταβάλλουμε είτε το υλικό που αποτελεί τη σταθερή βάση κύλισης, είτε το υλικό από το οποίο αποτελείται το ίδιο το κινούμενο σώμα. Μεταβάλλοντας κάθε φορά έναν παράγοντα από τους δυο, μπορούμε να συγκρίνουμε τις αποστάσεις που το κάθε σώμα θα διανύσει. Έτσι, σύμφωνα με την έρευνα των Ravanis et al. (2008), στην προσπάθεια μας να κατασκευάσουμε πρόδρομα μοντέλα (εννοούνται οι γνωστικές οντότητες, οι οποίες αν κατασκευαστούν σωστά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν “ενδιάμεσοι” ανάμεσα στις αρχικές αντιλήψεις των παιδιών και στα επιστημονικά μοντέλα και δίνουν πολλές δυνατότητες για την κατανόηση φυσικών φαινομένων καθώς ετοιμάζουν τη σκέψη των παιδιών για την κατασκευή των επιστημονικών μοντέλων)



στη σκέψη των παιδιών σχετικά με τη δύναμη της τριβής πρέπει να πετύχουμε τα παιδιά :

- 1) να μετρούν το βάρος ενός αντικειμένου σε μια ποιοτική κλίμακα «πιο ελαφρύ-πιο βαρύ»
- 2) να αξιολογούν τη φύση των εφαιπτόμενων επιφανειών, που παρεμποδίζουν την κίνηση ενός αντικειμένου σε οριζόντια επιφάνεια, σε μια ποιοτική κλίμακα «πιο λεία-πιο τραχιά»

### 4.3 Στόχοι των δραστηριοτήτων για το φαινόμενο της τριβής

Οι Ραβάνης (2003) και Καλλέρη (2016) κρίνουν τους παρακάτω στόχους ως απαραίτητους για να υπάρχουν στις δραστηριότητες που αφορούν τη διδασκαλία του φαινομένου της τριβής σε επίπεδο προσχολικής ηλικίας.

- Να κατανοήσουν ότι όταν κάνουν την εκτίμηση «πιο βαρύ-πιο ελαφρύ» για κάποια σώματα τα οποία κινούνται ελεύθερα, αυτό έχει ως συνέπεια τα σώματα αυτά να διανύουν κινούμενα με σταθερή αρχική ώθηση, μικρότερη ή μεγαλύτερη απόσταση αντιστοίχως. Δηλαδή, να αναγνωρίζουν ότι η αύξηση του βάρους ενός σώματος παρεμποδίζει όλο και περισσότερο την κίνησή του.
- Να κατανοήσουν ότι όσο πιο λείες είναι οι επιφάνειες των κινούμενων σωμάτων και των επιπέδων στα οποία κινούνται, τόσο τα κινούμενα σώματα με σταθερή αρχική ώθηση, θα διανύουν μεγαλύτερες αποστάσεις. Δηλαδή, να αναγνωρίζουν ότι όσο πιο λείες είναι οι επιφάνειες των σωμάτων τόσο περισσότερο διευκολύνεται η κίνησή τους.
- Να διαπιστώσουν ότι ένα σώμα κινείται πιο εύκολα πάνω σε μια λεία επιφάνεια από ότι σε μια τραχιά (επιφάνεια με πολλές ανωμαλίες).
- Να συνδέσουν την τριβή με πραγματικές καταστάσεις από την καθημερινή ζωή δοκιμάζοντας κινήσεις σωμάτων πάνω σε λείες και τραχιές επιφάνειες.

## **5 Προτεινόμενες δραστηριότητες για τη διδασκαλία του φαινομένου της τριβής και των νόμων της**

Στην έρευνα τους οι Ravanis et al. (2004) αναφέρουν ότι έχουν γίνει έρευνες που μελετούν τις παρανοήσεις των μαθητών και τη διαδικασία της νοητικής αλλαγής τους σχετικά με την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Έχει αποδειχθεί ότι μαθητές ηλικίας 5-6 χρονών εμφανίζουν παρανοήσεις σε αντίθεση με μεγαλύτερα παιδιά που έχουν ήδη αναπτύξει επιστημονικές ιδέες. Για αυτό το λόγο προτείνονται και κατάλληλες διδακτικές παρεμβάσεις, ώστε να αλλάξουν αυτές οι παρανοήσεις των νηπίων.

### **5.1.1 Διδακτικές ερευνητικές προτάσεις**

- 1) Οι Ravanis et al. (2004) στην έρευνά τους χρησιμοποίησαν μια δραστηριότητα για να ελέγξουν κατά πόσο τα νήπια έχουν κατανοήσει τους παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η τριβή όταν ένα αντικείμενο κινείται πάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια.

Στόχοι των ερευνητών ήταν οι μαθητές, μετά από τη δραστηριότητα, να λαμβάνουν υπόψη ότι το διαφορετικό βάρος επηρεάζει τις αποστάσεις που διανύουν οι κύβοι οι οποίοι αποτελούνται από ίδιο υλικό, αλλά και να μπορούν να αντιλαμβάνονται ότι το είδος της επιφάνειας επηρεάζει τις αποστάσεις που θα διανύσουν οι κύβοι πάνω στο διάδρομο. Τη δραστηριότητα αυτή μπορούμε να την αξιοποιήσουμε και όλοι οι εκπαιδευτικοί για τον ίδιο σκοπό.

Στην έρευνα το υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένα σύστημα που αποτελούνταν από ένα κινούμενο μέρος το οποίο: α) απελευθερώνεται μέσω ενός μοχλού, β) σπρώχνεται μέχρι μια συγκεκριμένη θέση από 2 ελατήρια και γ) χτυπάει αντικείμενα που είναι τοποθετημένα σε ένα σταθερό σημείο. Το ακίνητο μέρος του συστήματος αποτελείται από έναν διάδρομο ο οποίος μπορεί να επιστρωθεί με διαφορετικά υλικά. Τα αντικείμενα μπορούν να κινηθούν και να σταματήσουν σε ένα σημείο του διαδρόμου εξαιτίας της τριβής που αναπτύσσεται ανάμεσα σε αυτήν και στο κινούμενο αντικείμενο. Ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιήθηκε η συσκευή αυτή είναι ότι σε παλιές έρευνες παρατηρήθηκε πως πολλά παιδιά συνέδεαν την αλλαγή στις αποστάσεις που καλύπτουν τα κινούμενα αντικείμενα με το διαφορετικό μέγεθος της αρχικής δύναμης που δινόταν στα αντικείμενα.

Έτσι, στη συγκεκριμένη έρευνα όλα τα παιδιά δέχτηκαν ότι η ασκούμενη δύναμη στο σώμα από το σύστημα είναι πάντα σταθερή.

Για το προ-τεστ και το μετα-τεστ χρησιμοποιήθηκαν τρεις χάρτινοι κύβοι με ίδιες διαστάσεις. Ο 1<sup>ος</sup> κύβος ήταν ελαφρύς και καλυμμένος με λείο χαρτί, ο 2<sup>ος</sup> κύβος ήταν πιο βαρύς από τον πρώτο και καλυμμένος με λείο χαρτί, ο 3<sup>ος</sup> κύβος είχε ίδιο βάρος με τον πρώτο και ήταν καλυμμένος με τραχύ χαρτί.

Για τη διδακτική παρέμβαση χρησιμοποιήθηκαν τα εξής υλικά:

1. Δυο κούκλες, όπου η μια ήταν μεγαλύτερη και βαρύτερη από την άλλη. Αυτή η αλλαγή στο μέγεθος τους έγινε, διότι τα παιδιά συσχετίζουν τη διαφορά μεγέθους των αντικειμένων με τη διαφορά του βάρους τους.
2. Ένα χάρτινο κουτί, το οποίο κινούνταν πάνω στην «ταινία» και μέσα του είχε από μια κούκλα κάθε φορά. Η χρήση του κουτιού έγινε ώστε να μπορούν και οι δυο κούκλες να κινηθούν με τον ίδιο τρόπο και έτσι ο παράγοντας του είδους της επιφάνειας που βρίσκεται σε επαφή με την «ταινία» να είναι σταθερός.
3. Δυο λωρίδες, όπου η μια ήταν από λείο πλαστικό και η άλλη από τραχύ. Οι λωρίδες αυτές απλώνονται πάνω στην «ταινία», ώστε να επιτρέπουν την κίνηση του αντικειμένου να πραγματοποιείται σε διαφορετικές συνθήκες τριβής.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με κάθε παιδί ξεχωριστά και η πορεία της ήταν η εξής:

- I. Αρχικά, ο ερευνητής παρουσίασε τη συσκευή στο παιδί και του εξήγησε τη λειτουργία της τονίζοντας ότι όλα τα αντικείμενα «χτυπιούνται» με ίση δύναμη. Έπειτα, ζήτησε από το παιδί να σχολιάσει τη δράση αυτής της σταθερής δύναμης και συνέχισε όταν του δόθηκαν ικανοποιητικές απαντήσεις.
- II. Έδωσε στο παιδί τους τρεις χάρτινους κύβους, ώστε να παίξει με αυτούς και να καταλάβει τις διαφορές τους. Όταν σιγουρεύτηκε ότι κατάλαβε τις διαφορές αυτές, του ζήτησε να του δώσει τον λείο και ελαφρύ κύβο (1) και να σημαδέψει με ένα μανταλάκι το σημείο του διαδρόμου, όπου θα σταματούσε αν χτυπιόταν από το κινούμενο μέρος της συσκευής

- III. Ζήτησε από το παιδί να προβλέψει και να σημαδέψει το σημείο του διαδρόμου όπου θα σταματούσε ο 2<sup>ος</sup> κύβος. Έπειτα, το ρώτησε γιατί ο 2<sup>ος</sup> κύβος θα φτάσει στη θέση αυτή σε σχέση με τον 1<sup>ο</sup> κύβο. Έτσι, μέσα από τις ερωτήσεις ήθελε να δει αν το παιδί κατάλαβε ότι η απόσταση που διανύει ένα αντικείμενο εξαρτάται από το βάρος του.
- IV. Ζήτησε από το παιδί να σημαδέψει το σημείο της ταινίας όπου θα σταματούσε ο 3<sup>ος</sup> κύβος και να εξηγήσει τη διαφορά της θέσης του σε σχέση με τη θέση του 1<sup>ου</sup> κύβου. Με αυτό τον τρόπο ήθελε να δει αν το παιδί αντιλήφθηκε ότι η διαφορά στις αποστάσεις που διένυσαν ο 3<sup>ος</sup> και ο 1<sup>ος</sup> κύβος οφείλεται στο διαφορετικό είδος της επιφάνειάς τους.
- V. Το παιδί πήρε τις δυο κούκλες και τις δυο λωρίδες. Όσον αφορά τις κούκλες έγινε συζήτηση με τον ερευνητή για την ελαφρύτερη και τη βαρύτερη κούκλα και όσον αφορά τις δυο λωρίδες συζήτησαν για τα διαφορετικά είδη των υλικών τους.

Στα αποτελέσματα της έρευνας σχετικά με τον παράγοντα του μεταβλητού βάρους των σωμάτων, βρέθηκε ότι κάποια παιδιά λαμβάνουν υπόψη ότι το διαφορετικό βάρος επηρεάζει τις αποστάσεις που διανύουν οι κύβοι οι οποίοι αποτελούνται από ίδιο υλικό, ενώ κάποια άλλα παιδιά αντιλαμβάνονται μόνο ότι οι αποστάσεις που θα διανύσουν οι κύβοι είναι διαφορετικές χωρίς να μπορούν να κατανοήσουν το λόγο για τον οποίο συμβαίνει αυτό. Όσον αφορά το παράγοντα του μεταβλητού είδους της επιφάνειας επαφής, βρέθηκε ότι μερικά παιδιά του δείγματος αντιλαμβάνονται ότι το είδος της επιφάνειας επηρεάζει τις αποστάσεις που θα διανύσουν οι κύβοι πάνω στην ταινία, ενώ το υπόλοιπο δείγμα κατανοεί μόνο ότι οι αποστάσεις που θα διανύσουν οι κύβοι θα είναι διαφορετικές αγνοώντας τον παράγοντα του είδους της επιφάνειας.

- 2) Οι Ravanis et al. (2008) στην έρευνά τους χρησιμοποίησαν μια δραστηριότητα για να ελέγξουν μέχρι ποιο βαθμό τα παιδιά προσχολικής ηλικίας μπορούν να κατανοήσουν τους παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η τριβή κύλισης όταν ένα αντικείμενο κυλάει ελεύθερα σε μια οριζόντια επιφάνεια. Οι στόχοι των ερευνητών ήταν ακριβώς οι ίδιοι με τους στόχους της προηγούμενης διδακτικής ερευνητικής πρότασης.

Στην έρευνα το υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν μια συσκευή που αποτελείται από ένα κινητό και ένα ακίνητο μέρος. Το σταθερό μέρος είναι ένας μεταλλικός διάδρομος που μπορεί να καλυφθεί με διάφορα υλικά, έτσι ώστε τα αντικείμενα που κινούνται σε αυτό να σταματούν σε διάφορα σημεία λόγω της τριβής. Το κινητό μέρος τελειώνει σε μια κάθετη μεταλλική πλάκα η οποία ελευθερώνεται, με τη χρήση ενός μοχλού, σπρώχνεται από δυο συμπιεσμένα ελατήρια και χτυπά το αντικείμενο που έχει τοποθετηθεί σε ένα συγκεκριμένο σημείο.

Για το προ-τεστ και το μετα-τεστ χρησιμοποιήθηκαν τρεις μπάλες ίδιου όγκου. Η πρώτη ήταν σχετικά ελαφριά με λεία εξωτερική επιφάνεια, η δεύτερη ήταν πιο βαριά από την πρώτη και είχε την ίδια λεία εξωτερική επιφάνεια, ενώ η τρίτη είχε ίδιο βάρος με την πρώτη και είχε τραχιά εξωτερική επιφάνεια.

Για τη διδακτική παρέμβαση χρησιμοποιήθηκαν τα εξής υλικά:

1. Δυο αμαξάκια (C1, C2) που αποθηκεύουν ενέργεια όταν κινούνται προς τα πίσω, έτσι ώστε να μπορούν να προχωρήσουν όταν τα αφήσουμε ελεύθερα.
2. Ένα βαρύ κουτί που τοποθετήθηκε πάνω στο C2.
3. Δυο διάδρομοι, ο ένας κατασκευασμένος από λείο πλαστικό και ο άλλος από μοκέτα.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με κάθε παιδί ξεχωριστά και η πορεία της ήταν η εξής:

- I. Αρχικά, ο ερευνητής παρουσίασε τη συσκευή στο παιδί και του εξήγησε τη λειτουργία της τονίζοντας ότι η μηχανή χτυπάει τα αντικείμενα μόνο όταν τραβάμε το μοχλό και ότι όλα τα αντικείμενα «χτυπιούνται» με ίση δύναμη. Έπειτα, ζήτησε από το παιδί να σχολιάσει τη δράση αυτής της σταθερής δύναμης και συνέχισε όταν του δόθηκαν ικανοποιητικές απαντήσεις.
- II. Έδωσε στο παιδί τις τρεις μπάλες και του ζήτησε να βρει τις διαφορές τους. Συζήτησαν για τη χρήση ποσοτικής κλίμακας με τους όρους: «πιο βαρύ- πιο ελαφρύ» και «πιο λείο- πιο τραχύ». Όταν σιγουρεύτηκε ότι κατάλαβε τις διαφορές αυτές, του ζήτησε να σηκώσει την πιο ελαφριά και πιο λεία μπάλα (1), έπειτα να την κινήσει χρησιμοποιώντας τη συσκευή και να τοποθετήσει ένα μανταλάκι στο σημείο του διαδρόμου, όπου θα σταματούσε η μπάλα.

- III. Ζήτησε από το παιδί να κάνει το ίδιο και με την δεύτερη μπάλα που είχε ίδια λεία επιφάνεια με την πρώτη, αλλά ήταν και πιο βαριά από αυτήν. Έπειτα, το παιδί κλήθηκε να εξηγήσει γιατί η δεύτερη μπάλα θα φτάσει στη θέση αυτή σε σχέση με την πρώτη. Έτσι, μέσα από τις ερωτήσεις ήθελε να δει αν το παιδί κατάλαβε ότι η διαφορετική απόσταση που διανύουν δυο όμοια αντικείμενα οφείλεται στο διαφορετικό βάρος του.
- IV. Ζήτησε από το παιδί να σημαδέψει το σημείο του διαδρόμου όπου θα σταματούσε η τρίτη μπάλα, η οποία είχε ίδιο βάρος με την πρώτη και τραχιά επιφάνεια, και να εξηγήσει τη διαφορά της θέσης της σε σχέση με τη θέση της πρώτης μπάλας. Με αυτό τον τρόπο ήθελε να δει αν το παιδί αντιλήφθηκε ότι η διαφορά στις αποστάσεις που διένυσαν η τρίτη και η πρώτη μπάλα οφείλεται στο διαφορετικό είδος της επιφανειάς τους.
- V. Το παιδί πήρε τα δυο αμαξάκια και άρχισε να παίζει με αυτά. Έγινε συζήτηση με τον ερευνητή για το πιο ελαφρύ αυτοκίνητο (C1) και για το πιο βαρύ (C2). Έπειτα, πήρε τους διαδρόμους και συζήτησαν για τη διαφορετική φύση των επιφανειών τους.
- VI. Ο ερευνητής έφτιαξε μια ιστορία για τη διδακτική παρέμβαση ως εξής: «Ένας άνθρωπος φεύγει από το σπίτι του που είναι στο σημείο Η. Οδηγεί το αμάξι του μέχρι το γραφείο του που είναι στο σημείο Β». Όλες οι ερωτήσεις που ακολούθησαν σχετίζονται με το αν ο άντρας θα φτάσει στο γραφείο του.
- VII. **1<sup>η</sup> φάση: κίνηση του αμαξιού C1 σε διαφορετικούς διαδρόμους**  
Ο ερευνητής εξήγησε ότι ένας άνθρωπος κάθε πρωί πάει στη δουλειά του. Ζήτησε από το παιδί να κινήσει το C1 (πιο ελαφρύ) από τη θέση D στη θέση A του πλαστικού διαδρόμου και έπειτα να το αφήσει. Το αμάξι κυλά μέχρι το γραφείο, δηλαδή στο σημείο B. Μετά, είπε στο παιδί να αντικαταστήσει το πλαστικό υλικό με το χαλί και να επαναλάβει τη διαδικασία. Πριν από αυτό, το ρώτησε αν πιστεύει ότι το αμάξι θα φτάσει στο σημείο του γραφείου ή σε κάποιο σημείο πριν ή μετά από το γραφείο. Κάνοντας το πείραμα, το αμάξι σταμάτησε σε πιο κοντινή απόσταση από πριν και ο ερευνητής ρώτησε το παιδί για ποιο λόγο να συνέβηκε αυτό. Εάν το παιδί συσχέτιζε τη διαφορά των αποστάσεων με τη διαφορά των υλικών των διαδρόμων, τότε ακολουθούσε αντίστοιχη συζήτηση για την πλήρη κατανόηση ότι η διαφορά των αποστάσεων που διανύουν τα

αντικείμενα οφείλεται στο διαφορετικό υλικό του πλαστικού και του χαλιού. Εάν δεν αναφερόταν στις διαφορετικές επιφάνειες, τότε ο ερευνητής με τη χρήση ερωτήσεων προσπαθούσε να οδηγήσει το παιδί να ανακαλύψει ότι η διαφορά των αποστάσεων που διανύουν τα αντικείμενα οφείλεται στο διαφορετικό υλικό που καλύπτει κάθε φορά το διάδρομο.

### **2<sup>η</sup> φάση: κίνηση του αμαξιού C1 και C2 σε πλαστικό διάδρομο**

Ο ερευνητής εξήγησε ότι ο άνθρωπος αυτός, μια μέρα, μετέφερε ένα βαρύ κιβώτιο στο γραφείο με το αμάξι του. Ζήτησε από το παιδί να χρησιμοποιήσει το αμάξι C2, όπου πάνω του υπήρχε δεμένο ένα κιβώτιο, και του ζήτησε να προβλέψει που θα σταματήσει το αμάξι. Το παιδί τράβηξε το αμάξι από τη θέση D στη θέση A και παρατήρησε ότι το αμάξι σταμάτησε πιο πίσω από το σημείο B (το σημείο όπου βρίσκεται το γραφείο). Έπειτα, ο ερευνητής ρώτησε το παιδί για ποιο λόγο να συνέβηκε αυτό. Εάν το παιδί αναφερόταν στη διαφορά του βάρους ανάμεσα στα αμάξια C1 και C2, η συζήτηση συνεχιζόταν ώστε να επιβεβαιώσει ο ερευνητής ότι το παιδί κατάλαβε πως το βαρύτερο αντικείμενο καλύπτει μικρότερη απόσταση. Εάν δεν αναφερόταν στη διαφορά του βάρους, τότε ο ερευνητής με τη χρήση ερωτήσεων προσπαθούσε να οδηγήσει το παιδί να ανακαλύψει πως οι διαφορετικές αποστάσεις που καλύπτουν τα αντικείμενα οφείλονται στο διαφορετικό βάρος τους.

Στα αποτελέσματα της έρευνας σχετικά με τον παράγοντα του μεταβλητού είδους της επιφάνειας επαφής, βρέθηκε ότι κάποια παιδιά αντιλαμβάνονται ότι το είδος της επιφάνειας επηρεάζει τις αποστάσεις που θα διανύσει το αμάξι πάνω στους διαφορετικούς διαδρόμους, ενώ το υπόλοιπα παιδιά κατανοούν μόνο ότι οι αποστάσεις που θα διανύσει το αμάξι θα είναι διαφορετικές αγνοώντας τον παράγοντα του είδους της επιφάνειας. Όσον αφορά τον παράγοντα του μεταβλητού βάρους των σωμάτων, βρέθηκε ότι κάποια παιδιά αντιλαμβάνονται ότι το διαφορετικό βάρος επηρεάζει τις αποστάσεις που διανύουν τα αμάξια τα οποία αποτελούνται από ίδιο υλικό, ενώ κάποια άλλα παιδιά κατανοούν μόνο ότι οι αποστάσεις που θα διανύσουν τα αμάξια είναι διαφορετικές χωρίς να μπορούν να κατανοήσουν ότι αυτό οφείλεται στο διαφορετικό τους βάρος.

3) Η Καλλέρη (2016) προτείνει μια δραστηριότητα που αφορά την κατανόηση του φαινομένου της τριβής για παιδιά προσχολικής ηλικίας.

Τα υλικά που προτείνει είναι τα εξής:

- Σώματα διαφορετικού μεγέθους και βάρους με επίπεδες πλευρές διαφορετικής υφής
- Ένα ταψί
- Η επιφάνεια του δαπέδου της αίθουσας (τραχιά επιφάνεια)
- Η επιφάνεια των τραπεζιών που εργάζονται τα παιδιά (πιο λεία επιφάνεια από το δάπεδο της αίθουσας)
- Εικόνες με ανθρώπους που κάνουν πατινάζ και με ανθρώπους που προσπαθούν να περπατήσουν πάνω στον πάγο

Οι δεξιότητες που ασκούνται στη δραστηριότητα αυτή είναι η παρατήρηση, η πρόβλεψη, η σύγκριση, η επικοινωνία και η εξαγωγή συμπεράσματος.

Η πορεία της προτεινόμενης δραστηριότητας είναι η εξής:

- I. Δημιουργούμε μια «πίστα» πάγου, βάζοντας νερό στο ταψί και αφήνοντάς το στην κατάψυξη για μια μέρα.
- II. Παρουσιάζουμε στα παιδιά τις τρεις επιφάνειες (πίστα πάγου, δάπεδο της αίθουσας, τραπέζι) πάνω στις οποίες θα κινήσουν τα σώματα και τους ζητάμε να περιγράψουν τις διαφορές που παρουσιάζουν οι επιφάνειες αυτές στη υφή τους.
- III. Παίρνουμε ένα από τα πιο βαριά και τραχιά σώματα που έχουμε συλλέξει και παίρνουμε τις επιφάνειες ανά δυο (πρώτα την πολύ τραχιά επιφάνεια του δαπέδου της αίθουσας και μετά την επιφάνεια του τραπεζιού).
- IV. Θέτουμε το ερώτημα: «Αν μετακινήσουμε τα σώματα πάνω στις επιφάνειες αυτές, σε ποια θα μετακινηθούν πιο εύκολα»; Συζητάμε τις απόψεις τους και αφήνουμε τα παιδιά να το δοκιμάσουν.
- V. Ζητάμε από τα παιδιά να περιγράψουν τα αποτελέσματα των δοκιμών τους και να συγκρίνουν το βαθμό δυσκολίας της μετακίνησης του σώματος στις διάφορες επιφάνειες.



- VI. Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία στην επιφάνεια του τραπεζιού και στην επιφάνεια του πάγου.
- VII. Παρακινούμε τα παιδιά να συγκρίνουν το βαθμό δυσκολίας της κίνησης των σωμάτων και στις τρεις επιφάνειες και έτσι να οδηγηθούν στο συμπέρασμα ότι όσο πιο λεία είναι μια επιφάνεια, τόσο πιο εύκολα κινούνται τα σώματα πάνω σε αυτήν.
- VIII. Βλέπουμε εικόνες από άνθρωπο που κάνει πατινάζ πάνω στον πάγο και παρατηρούμε ότι ο πάγος είναι λείος όπως και τα εξαρτήματα των υποδημάτων του. Μετά, βλέπουμε ανθρώπους που δυσκολεύονται να περπατήσουν πάνω στον πάγο και επισημαίνουμε ότι τα παπούτσια των ανθρώπων έχουν πολύ τραχιές επιφάνειες για να μη γλιστρούν πάνω στον πάγο. Τέλος, λέμε στα παιδιά ότι το ίδιο συμβαίνει και με τα λάστιχα των αυτοκινήτων τα οποία έχουν τραχιές επιφάνειες για να μη γλιστρούν τα αμάξια πάνω στο δρόμο.

Η αξιολόγηση της δραστηριότητας γίνεται με την αφήγηση της παρακάτω ιστορίας: «Δυο παιδιά ζούσαν σε ένα χωριό, όπου χιόνισε. Την άλλη μέρα βγήκε ο ήλιος και ο πάγος άρχισε να λιώνει. Έτσι, σε μερικά μέρη φάνηκε ο δρόμος, όμως σε άλλα μέρη συνέχισε να έχει πολύ πάγο. Όταν τα παιδιά θέλησαν να βγουν μια βόλτα, η μαμά τους είπε να προσέχουν που θα πατήσουν. Το ερώτημα που θέτουμε στα παιδιά είναι: «Γιατί να το είπε αυτό η μαμά τους; Τι μπορούσε να συμβεί;»

### ***5.1.2 Διδακτικές προτάσεις από το αναλυτικό πρόγραμμα του δημοτικού***

Τα πειράματα που προτείνονται παρακάτω προέρχονται από το βιβλίο της Φυσικής της Ε' δημοτικού, τα οποία συνοδεύουν την αντίστοιχη θεωρία του βιβλίου.

Το πρώτο σημείο στο οποίο επικεντρώνεται η φυσική της Ε' δημοτικού είναι ότι η τριβή είναι η δύναμη που δυσκολεύει την κίνηση των σωμάτων και προτείνει το εξής πείραμα: Τοποθετούμε στο θρανίο ένα φύλο χαρτί και ένα γυαλόχαρτο. Έπειτα, σπρώχνουμε μια γόμα πάνω στο θρανίο, μετά στο φύλο χαρτί και τέλος στο γυαλόχαρτο. Μέσα από το πείραμα αυτό παρατηρούμε ότι είναι δύσκολο να σπρώξουμε τη γόμα πάνω στο θρανίο, πιο δύσκολο στο χαρτί και ακόμα πιο δύσκολο

στο γυαλόχαρτο. Έτσι, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι η τριβή δυσκολεύει την κίνηση ενός σώματος και ότι η τριβή εξαρτάται από το είδος των επιφανειών που τρίβονται.

Το επόμενο σημείο που θέλει να αποδείξει το βιβλίο είναι ότι η τριβή προκαλεί φθορά των σωμάτων που βρίσκονται σε επαφή και για αυτό προτείνει το ακόλουθο πείραμα: Τρίβουμε μια γόμα και μια κιμωλία στο θρανίο, σε ένα φύλλο χαρτί και σε ένα γυαλόχαρτο. Παρατηρούμε ότι η κιμωλία και η γόμα φθείρονται, όμως η φθορά είναι πιο μικρή όταν τρίβουμε τα αντικείμενα πάνω στο θρανίο, μεγαλύτερη όταν τα τρίβουμε πάνω στο χαρτί και ακόμα μεγαλύτερη όταν τα τρίβουμε πάνω στο γυαλόχαρτο. Στο τέλος του πειράματος διαπιστώνουμε ότι η τριβή δυο σωμάτων προκαλεί τη φθορά τους, η οποία εξαρτάται από το είδος των επιφανειών που βρίσκονται σε επαφή.

Στη συνέχεια προτείνει ένα πείραμα για την παραγωγή θερμότητας και ήχου που οφείλεται στο φαινόμενο της τριβής: Αρχικά, τρίβουμε δυνατά τη μια παλάμη μας με την άλλη. Έπειτα, τρίβουμε δυνατά για 10'' το δάχτυλο μας στο θρανίο και σε ένα φύλλο χαρτί. Κάνοντας αυτό το πείραμα διαπιστώνουμε ότι όταν τρίβουμε τις παλάμες μας μεταξύ τους παράγεται ήχος και αυτές θερμαίνονται, αλλά και όταν τρίβουμε το δάχτυλο μας στο θρανίο ακούμε έναν ήχο και αυτό θερμαίνεται.

Όσον αφορά την κατανόηση των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται η τριβή ακολουθείται η εξής πορεία:

1. Για την κατανόηση ότι η τριβή εξαρτάται από το είδος των επιφανειών που έρχονται σε επαφή προτείνεται ένα πείραμα με τις εξής οδηγίες:  
«Γέμισε το κουτί από το σαπούνι με πετραδάκια. Στερέωσε στο μέσο της μεγάλης πλευράς του έναν χάρακα και ένα λαστιχάκι (Εικόνα 1). Τράβηξε αργά και σταθερά το κουτί από το λαστιχάκι. Στερέωσε με ταινία στο θρανίο σου ένα φύλλο χαρτιού. Τράβηξε αργά και σταθερά το κουτί από το λαστιχάκι πάνω στο χαρτί. Στερέωσε με ταινία στο θρανίο σου ένα ψιλό γυαλόχαρτο και τράβηξε πάνω του αργά και σταθερά το κουτί.» Έπειτα, η ερώτηση που καλείται να απαντήσει ο μαθητής είναι η παρακάτω: «Σε ποια από τις τρεις περιπτώσεις τεντώνεται το λαστιχάκι παραπάνω και σε ποια λιγότερο;»



**Εικόνα 1:** Το είδος των επιφανειών επηρεάζει την τριβή

2. Για την απόδειξη ότι η τριβή εξαρτάται από το βάρος του σώματος που γλιστρά πάνω σε μια επιφάνεια προτείνεται ένα πείραμα με τις ακόλουθες οδηγίες:

«Γέμισε ένα ποτήρι με πετραδάκια και τοποθέτησε το πάνω στο κουτί από το σαπούνι (Εικόνα 2).» Το ερώτημα το οποίο καλείται να απαντήσει ο μαθητής είναι το εξής: «Πότε τεντώνεται το λαστιχάκι περισσότερο, όταν τραβάς το κουτί μόνο του ή όταν τοποθετείς πάνω του το ποτήρι με τα πετραδάκια;»



**Εικόνα 2:** Το βάρος των σωμάτων επηρεάζει την τριβή

3. Τέλος, για να αναδειχθεί το γεγονός ότι το μέγεθος της επιφάνειας δεν ανήκει στους παράγοντες που επηρεάζουν την τριβή προτείνεται ένα πείραμα με τις ακόλουθες οδηγίες:

«Πάρε το κουτί (από το προηγούμενο πείραμα) και πρώτα τράβηξε το κουτί από τα λαστιχάκι, όταν ακουμπά στο τραπέζι η μεγάλη του επιφάνεια. Μετά, τράβηξε το κουτί από τα λαστιχάκι, όταν ακουμπά

στο τραπέζι η μικρή του επιφάνεια (Εικόνα 3).» Η ερώτηση που καλείται να απαντήσει ο μαθητής είναι η ακόλουθη: «Σύγκρινε τις δυο περιπτώσεις παρατηρώντας πόσο τεντώνεται κάθε φορά το λαστιχάκι;»



**Εικόνα 3:** Το μέγεθος των επιφανειών δεν επηρεάζει την τριβή

Έπειτα, το βιβλίο ασχολείται με το πώς μπορούμε να αυξήσουμε την τριβή όπου αυτή είναι επιθυμητή, αλλά και με το πώς μπορούμε να την μειώσουμε όταν αυτή είναι ανεπιθύμητη.

1. Για την αύξηση της τριβής προτείνεται το εξής πείραμα:

«Τράβηξε από το λαστιχάκι το κουτί που έχεις γεμίσει με πετραδάκια πάνω στο θρανίο σου. Γέμισε άλλο ένα κουτί με πετραδάκια και στερέωσε πάνω του ένα λαστιχάκι και έναν χάρακα (όπως στα προηγούμενα πειράματα). Στη μεγάλη του επιφάνεια κόλλησε ένα γυαλόχαρτο. Τράβηξε και αυτό το κουτί πάνω στο θρανίο σου (Εικόνα 4).» Έπειτα, η ερώτηση που απευθύνεται στο μαθητή είναι η παρακάτω: «Σε ποιο από τα δυο κουτιά τεντώνεται περισσότερο το λαστιχάκι;»



**Εικόνα 4:** Αύξηση της τριβής όπου αυτή είναι επιθυμητή

2. Για τη μείωση της τριβής προτείνεται το εξής πείραμα:  
«Τρίψε δυνατά το δάχτυλο σου σε μια διαφάνεια. Στη συνέχεια, άλειψε το δάχτυλο σου με λίγο υγρό σαπούνι και τρίψε το πάλι δυνατά στη διαφάνεια. Επανάλαβε αλείφοντας το δάχτυλο σου με λίγο λάδι (Εικόνα 5).» Η ερώτηση που καλείται να απαντήσει ο μαθητής είναι η παρακάτω: «Σε ποια από τις τρεις περιπτώσεις η τριβή είναι μικρότερη και σε ποια είναι μεγαλύτερη;»



**Εικόνα 5:** Μείωση της τριβής όπου αυτή είναι ανεπιθύμητη

## **6 Μεθοδολογία**

### **6.1 Ερευνητικά ερωτήματα**

Λαμβάνοντας υπόψη τη βιβλιογραφία, όπως παρουσιάστηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας μας διαμορφώνονται ως εξής:

- 1) Μπορούν τα παιδιά νηπιαγωγείου να χρησιμοποιήσουν τη μέθοδο ελέγχου μεταβλητών με επιτυχία για να διερευνήσουν φαινόμενα τριβής και μέχρι ποιο βαθμό δυσκολίας;
- 2) Μπορεί η χρήση της μεθόδου ελέγχου μεταβλητών, με βαθμιαία αύξηση δυσκολίας, να βελτιώσει τις εξηγήσεις των παιδιών σε φαινόμενα τριβής;

### **6.2 Συμμετέχοντες και συμμετέχουσες στην έρευνα**

Οι συμμετέχοντες και οι συμμετέχουσες της έρευνας μας επιλέχθηκαν με βολική δειγματοληψία και αποτελούνταν από 9 νήπια και 20 προνήπια, εκ των οποίων τα 18 ήταν αγόρια και τα 11 ήταν κορίτσια. Η έρευνα διεξήχθη στο 7<sup>ο</sup> νηπιαγωγείο της Φλώρινας κατά το μήνα Μάρτιο του ακαδημαϊκού έτους 2018-2019.

### **6.3 Σχεδιασμός της παρέμβασης**

Λαμβάνοντας υπόψη τις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών για την τριβή και τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται σχεδιάσαμε δραστηριότητες χρησιμοποιώντας ως ερευνητική και διδακτική μέθοδο το διδακτικό πείραμα. Επιλέξαμε τη μέθοδο αυτή γιατί είναι η πιο κατάλληλη καθώς μπορούμε να συνδυάσουμε την ανάδειξη των ιδεών των παιδιών και την εφαρμογή αντίστοιχων διδακτικών παρεμβάσεων. Συγκεκριμένα, ακολουθώντας τη μέθοδο αυτή, αρχίζουμε με διερεύνηση των σχετικών ιδεών του παιδιού (Α' φάση: ανάδειξη ιδεών των μαθητών), παρεμβαίνουμε με πειράματα και ερωτήσεις (Β' φάση: εισαγωγή και ανακάλυψη της νέας γνώσης), και τέλος αξιολογούμε το επίπεδο κατανόησης (Γ' φάση: αξιολόγηση της μάθησης και της παρέμβασης).

Ο σχεδιασμός της παρέμβασης μας επηρεάστηκε από την έρευνα των Graaf et al. (2015). Στην έρευνα αυτή χρησιμοποιήθηκε μια κατασκευή (Εικόνα 6), η οποία αποτελείται από δύο ράμπες όπου η καθεμιά διαθέτει τον παρακάτω εξοπλισμό: δύο μπάλες (μια βαριά και μια ελαφριά), μία πόρτα η οποία μπορεί να μπει ή στις μπροστινές εγκοπές ή στις πίσω, ένα διάδρομο (μια επιφάνεια λεία και μια επιφάνεια τραχιά) και μεταβαλλόμενη κλίση με την οποία ρυθμίζουμε το ύψος της ράμπας. Για

την έρευνα χρησιμοποιήθηκε η στρατηγική ελέγχου μεταβλητών και διαβαθμίστηκε σε τέσσερα επίπεδα, όπου κάθε επίπεδο αποτελούνταν από τέσσερα πειράματα. Στο πρώτο επίπεδο, ζητήθηκε από το παιδί να πειραματιστεί με μια μεταβλητή κάθε φορά και έτσι σε κάθε ένα από τα πειράματα του εξεταζόταν μια ανεξάρτητη μεταβλητή. Κάθε φορά που ο ερευνητής εισάγαγε μια μεταβλητή, ζητούσε από το παιδί να «παίξει» με αυτήν (π.χ. στη μεταβλητή βάρος, το παιδί ζύγιζε τις μπάλες και στη μεταβλητή είδος της επιφάνειας, το παιδί άγγιζε τις δυο επιφάνειες). Ξεκινώντας το πείραμα, ο ερευνητής ρώτησε το παιδί αν μπορούσε να δείξει ποια από τις δυο μπάλες (η πιο βαριά ή η πιο ελαφριά) θα κυλούσε πιο μακριά. Έτσι, η επίδραση της μεταβλητής του βάρους θα κρινόταν από το πόσο μακριά πήγανε οι μπάλες. Για κάθε ράμπα το παιδί μπορούσε να διαλέξει τη βαριά ή την ελαφριά μπάλα και ο ερευνητής φρόντιζε οι υπόλοιπες τρεις μεταβλητές να παραμένουν ίδιες στις ράμπες. Στην συνέχεια, το παιδί έβαζε τις ράμπες που ήθελε και ο ερευνητής του ζητούσε να εξηγήσει γιατί «σετάρει» με αυτόν τον τρόπο τις ράμπες. Αν το παιδί είχε «σετάρει» σωστά τις ράμπες, ο ερευνητής του εξηγούσε ότι οι μεταβλητές που θέλουμε να κρατήσουμε σταθερές στο πείραμα, τις «σετάρουμε» ώστε να είναι ίδιες και για τις δυο ράμπες, ενώ τη μεταβλητή που θέλουμε να ελέγξουμε τη διαφοροποιούμε για τις δυο ράμπες. Όμως, αν το παιδί είχε «σετάρει» λάθος τις ράμπες, ο ερευνητής του έλεγε ότι ο σχεδιασμός αυτός δεν ήταν σωστός και ότι έπρεπε να ξαναπροσπαθήσει με διαφορετικό τρόπο. Αν και μετά από δυο προσπάθειες τα έκανε πάλι λάθος, ο ερευνητής εξηγούσε το πώς θα έπρεπε να ήταν και «σετάριζε» σωστά τις ράμπες. Στο δεύτερο επίπεδο, ζητήθηκε από το παιδί να πειραματιστεί με δυο μεταβλητές. Στο τρίτο επίπεδο, ζητήθηκε από το παιδί να πειραματιστεί με τρεις μεταβλητές. Στο τέταρτο επίπεδο, ζητήθηκε από το παιδί να πειραματιστεί με όλες τις μεταβλητές. Η διαδικασία των πειραμάτων στο δεύτερο, τρίτο και τέταρτο επίπεδο ήταν ίδια με τη διαδικασία του πρώτου επιπέδου, με τη διαφορά ότι οι μεταβλητές δεν παρουσιάζονταν ξανά αφού ήταν ήδη γνωστές στο παιδί. Το παιδί μπορούσε να προχωρήσει στο επόμενο επίπεδο, μόνο εάν ένα από τα τέσσερα πειράματα του παρόντος επιπέδου σχεδιαζόταν σωστά. Σε αντίθετη περίπτωση, εάν τέσσερα στα τέσσερα πειράματα του συγκεκριμένου επιπέδου σχεδιαζόταν λάθος, το παιδί σταματούσε τα πειράματα. Επομένως, από κάθε παιδί ζητούνταν να σχεδιάσει δεκαέξι πειράματα συνολικά, με την προϋπόθεση ότι τουλάχιστον ένας πειραματικός σχεδιασμός ήταν σωστός στο πρώτο, δεύτερο και τρίτο επίπεδο. Επομένως, στόχος τους ήταν να δουν αν οι μαθητές μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν την Στρατηγική

Ελέγχου Μεταβλητών, αλλά και μέχρι ποιο επίπεδο μπορούσαν να φτάσουν. Αυτοί, στην έρευνα τους, έλεγξαν τις παρακάτω τέσσερις μεταβλητές: το βάρος, την επιφάνεια, την κλίση και τη θέση της πόρτας, δηλαδή έλεγξαν μέχρι και το τέταρτο επίπεδο.



**Εικόνα 6:** Η κατασκευή που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα των Graaf et al. (2015)

Πριν την πραγματοποίηση της έρευνας μας, προηγήθηκε μια πιλοτική συνέντευξη για να δούμε αν λειτουργεί σωστά η παρέμβαση που σχεδιάσαμε, αλλά και για πιθανές διορθώσεις της. Η πιλοτική αυτή μας βοήθησε αρκετά γιατί διορθώσαμε κάποια σημεία της παρέμβασης μας και έτσι μπορέσαμε να αποδώσουμε καλύτερα στις μετέπειτα κανονικές συνεντεύξεις. Αρχικά, είδαμε ότι η θέση της πόρτας, η οποία μεταβάλλει την απόσταση που θα διανύσει η μπάλα στο κεκλιμένο επίπεδο, είναι μια μεταβλητή η οποία είναι αρκετά δύσκολη να κατανοηθεί από τα παιδιά προσχολικής ηλικίας και επιπλέον παρατηρήσαμε ότι με την προσθήκη της μεταβλητής αυτής η διάρκεια της συνέντευξης γίνεται πιο μεγάλη και έτσι θα είναι αρκετά δύσκολο να κρατήσουμε το ενδιαφέρον των παιδιών στα πειράματα. Έτσι, στην έρευνα μας επιλέξαμε να ελέγξουμε τις τρεις πρώτες μεταβλητές (το βάρος, την επιφάνεια και την κλίση) για τους παραπάνω δυο λόγους.

Μια ακόμα διαφορά μας με τους Graaf et al. (2015) είναι η διαδικασία με την οποία τα παιδιά μπορούν να προχωρήσουν στο επόμενο επίπεδο. Οι Graaf et al. (2015) επέτρεπαν στο παιδί να προχωρήσει στο επόμενο επίπεδο μόνο εάν σχεδίαζε έστω και ένα πείραμα του παρόντος επιπέδου είτε με την πρώτη δοκιμή είτε με τη δεύτερη. Αντίθετα, εμείς θεωρούμε ότι ένα παιδί μπορεί να προχωρήσει στο επόμενο επίπεδο μόνο εάν σχεδιάσει σωστά με την πρώτη δοκιμή έστω και ένα πείραμα του παρόντος επιπέδου. Αντίθετα, εάν τρία στα τρία πειράματα σχεδιαστούν λανθασμένα, το παιδί σταματάει τα πειράματα και ολοκληρώνεται η διαδικασία. Άρα, από κάθε



παιδί ζητείται να σχεδιάσει 9 πειράματα συνολικά, με την προϋπόθεση ότι τουλάχιστον ένας πειραματικός σχεδιασμός είναι σωστός σε κάθε επίπεδο.

## **6.4 Ερευνητικό εργαλείο**

Το ερευνητικό εργαλείο που χρησιμοποιήσαμε είναι οι ημιδομημένες συνεντεύξεις. Οι συνεντεύξεις αυτές στηρίζονταν στη μεθοδολογία του διδακτικού πειράματος, καθώς μέσα από αυτές ανιχνεύσαμε τις ιδέες των παιδιών και έγινε ο κατάλληλος διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου που διαπραγματεύονταν οι δραστηριότητες μας. Οι συνεντεύξεις αυτές πραγματοποιήθηκαν ατομικά εκτός τάξης την ώρα του διαλείμματος, των ελεύθερων δραστηριοτήτων, καθώς και την ώρα των οργανωμένων δραστηριοτήτων. Η διάρκεια της κάθε συνέντευξης διέφερε, διότι εξαρτιόταν από το ποιο επίπεδο θα έφτανε το κάθε παιδί. Έτσι, τα δεδομένα της έρευνας μας προέρχονται από τους διαλόγους που προέκυψαν από τις απομαγνητοφωνήσεις των ηχογραφημένων συνεντεύξεων. Οι φάσεις που περιλαμβάνει η συνέντευξη μας είναι οι παρακάτω:

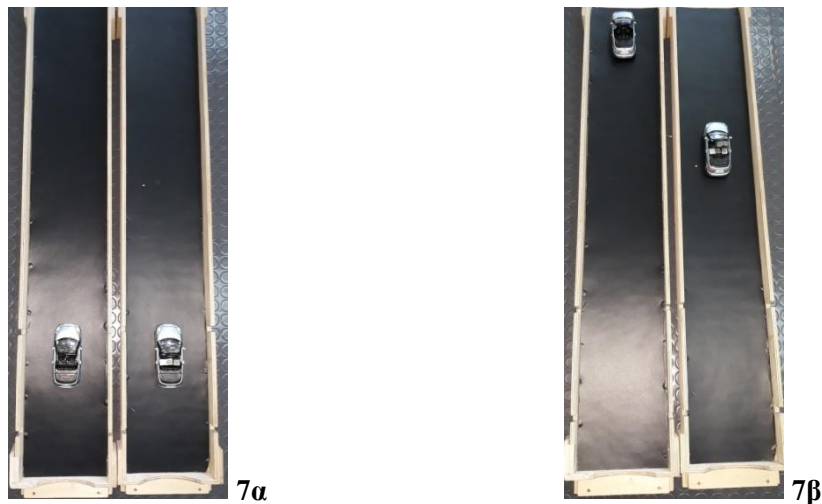
### **6.4.1 Α' φάση του διδακτικού πειράματος (ανάδειξη ιδεών των μαθητών)**

Ο στόχος της φάσης αυτής είναι να ανιχνεύσουμε τις ιδέες των παιδιών σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν την τριβή (βάρος και είδος επιφάνειας).

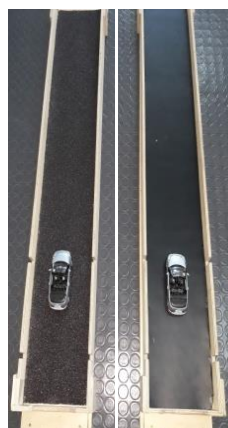
Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στη φάση αυτή είναι: δύο αμαξάκια (A1,A2) που αποθηκεύουν ενέργεια όταν κινούνται προς τα πίσω, έτσι ώστε να μπορούν να προχωρήσουν όταν τα αφήσουμε ελεύθερα, ένα βαρίδιο από μόλυβδο και μεταλλικά κυβάρια που τοποθετήθηκαν πάνω από το A2 και δύο διάδρομοι, όπου ο καθένας αποτελείται από δυο επιφάνειες (μια τραχιά επιφάνεια και μια λεία).

Η πορεία της συγκεκριμένης φάσης είναι η εξής: δίνουμε στο παιδί τους δυο διαδρόμους και συζητάμε για τις δυο διαφορετικές επιφάνειες τους (*πιο λεία-πιο τραχιά*). Στη συνέχεια, ζητάμε από το παιδί να κρατήσει και τα δυο αμαξάκια (A1 και A2) και του εξηγούμε πως λειτουργούν. Συμφωνούμε μαζί του ότι για να κινηθούν τα αμαξάκια θα πρέπει να τα σύρουμε προς τα πίσω και ανάμεσα στις δυο εγκοπές που υπάρχουν στις ράμπες μας, δηλαδή από τη δεύτερη εγκοπή (μπροστινή εγκοπή) μέχρι την πρώτη (πίσω εγκοπή). Με την τεχνική αυτή σταθεροποιείται η σκέψη του παιδιού σχετικά με τη μεταβλητή της αρχικής ώθησης, καθώς δέχεται ότι η αρχική συνθήκη της κίνησης είναι ίδια. Αφήνουμε το παιδί να πειραματιστεί με τα αμαξάκια.

Έπειτα, προσθέτουμε πάνω στο A2 τα βαρίδια και ζητάμε από το παιδί να βρει τις διαφορές των δυο αμαξιών (πιο βαρύ-πιο ελαφρύ). Μόλις βεβαιωθούμε ότι το παιδί αναγνώρισε τη διαφορά του βάρους τους, βάζουμε και στους δυο διαδρόμους τη λεία επιφάνεια και του ζητάμε να κινήσει το A1 (ελαφρύ) και A2 (βαρύ) πάνω στο πρώτο και δεύτερο διάδρομο αντίστοιχα (Εικόνα 7α). Όταν κουνήσει τα αμαξάκια, το ρωτάμε γιατί το A2 έφτασε σε πιο κοντινό σημείο από το A1 (Εικόνα 7β). Με το έργο αυτό θέλουμε να διακρίνουμε εάν το παιδί συσχετίζει το μήκος της διανυόμενης απόστασης με το βάρος του σώματος, δηλαδή αν αναγνωρίζει το μεγαλύτερο βάρος ως αιτία της δυσχέρειας που παρουσιάζει η κίνηση του αμαξιού A2 σε σχέση με την κίνηση του αμαξιού A1. Μετά, βγάζουμε τα βαρίδια από το A2 και βάζουμε στον πρώτο διάδρομο τη λεία επιφάνεια και στο δεύτερο διάδρομο την τραχιά επιφάνεια. Λέμε στο παιδί να κινήσει τα A1 και A2 στον πρώτο και στο δεύτερο διάδρομο αντίστοιχα (Εικόνα 8α). Τέλος, του ζητάμε να μας εξηγήσει γιατί το A1 έφτασε σε πιο μακρινό σημείο από το A2 (Εικόνα 8β). Έτσι, θέλουμε να δούμε αν το παιδί κατάλαβε ότι η διαφορά στις αποστάσεις που διένυσαν τα δυο αμαξάκια ίδιου βάρους οφείλεται στο διαφορετικό είδος των επιφανειών των διαδρόμων.



**Εικόνα 7:** Κίνηση αμαξιών διαφορετικού βάρους πάνω στην ίδια επιφάνεια



8α



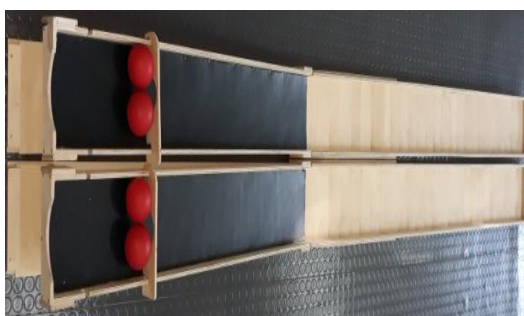
8β

**Εικόνα 8:** Κίνηση αμαξιών ίδιου βάρους πάνω σε διαφορετική επιφάνεια

#### **6.4.2 Β' φάση του διδακτικού πειράματος (εισαγωγή και ανακάλυψη της νέας γνώσης)**

Ο στόχος της φάσης αυτής είναι να δούμε αν τα παιδιά μπορούν να χρησιμοποιήσουν την στρατηγική ελέγχου μεταβλητών και να ελέγξουν ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την τριβή.

Τα υλικά που χρησιμοποιήσαμε στη φάση αυτή είναι μια όμοια κατασκευή (Εικόνα 9) με τους Graaf et al. (2015), η οποία κατασκευάστηκε αποκλειστικά για τη διεξαγωγή της έρευνας μας.

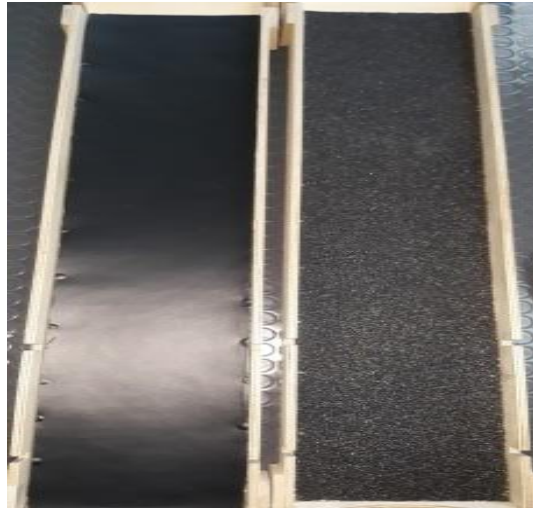


**Εικόνα 9:** Η κατασκευή που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα μας

Η συγκεκριμένη φάση έχει δραστηριότητες που διαβαθμίζονται σε τρία επίπεδα και κάθε επίπεδο αποτελείται από τρία πειράματα. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, το παιδί μπορεί να προχωρήσει στο επόμενο επίπεδο μόνο εάν σχεδιάσει σωστά με την πρώτη δοκιμή έστω και ένα πείραμα του παρόντος επιπέδου. Πριν ξεκινήσουν οι κύριες δραστηριότητες της φάσης αυτής, παρουσιάζουμε σε κάθε παιδί τη συσκευή που θα χρησιμοποιήσει για τα πειράματα, όπως περιγράφεται παρακάτω: Αρχικά, λέμε στο παιδί ότι οι δύο ράμπες μας είναι ειδικές, διότι μπορούν να τροποποιηθούν με διάφορους τρόπους και έτσι εμείς μπορούμε να κάνουμε πειράματα. Του δίνουμε να κρατήσει τις δυο μπάλες της μιας ράμπας (οι δυο μπάλες είναι όμοιες μεταξύ τους καθώς και οι δυο είναι μπάλες του τένις. Η διαφορά τους είναι ότι η ελαφριά μπάλα είναι άδεια στο εσωτερικό της, ενώ η βαριά μπάλα είναι γεμάτη με σφαιρίδια σιδήρου.) και να μας πει αν είναι ίδιες ή διαφορετικές και μετά του ζητάμε να μας δώσει πρώτα τη βαριά μπάλα και μετά την ελαφριά (Εικόνα 10). Στη συνέχεια, παρουσιάζουμε το διάδρομο λέγοντας ότι μπορούμε να τον βάλουμε είτε από τη μια επιφάνεια του που είναι τραχιά, δηλαδή έχει εξογκώματα, είτε από την άλλη επιφάνεια του που είναι λεία, δηλαδή είναι ίσια, και μετά ζητάμε από το παιδί να αλλάξει τον διάδρομο (Εικόνα 11). Τέλος, λέμε ότι κάθε ράμπα έχει και την κλίση της, δηλαδή τη γωνία της, την οποία μπορούμε να τη βάλουμε ψηλά ή χαμηλά και ζητάμε από το παιδί να αλλάξει την κλίση της ράμπας (Εικόνα 12).



**Εικόνα 10:** Οι δυο μπάλες της ράμπας με διαφορετικό βάρος



**Εικόνα 11:** Οι δυο επιφάνειες της ράμπας (λεία και τραχιά επιφάνεια)



**12α**



**12β**

**Εικόνα 12:** Οι δυο κλίσεις της ράμπας (μεγάλη κλίση 12α και μικρή κλίση 12β)

Μετά από την εξοικείωση με τις ράμπες και τα υλικά ακολουθούν τα τρία επίπεδα με τα πειράματά τους. Σε κάθε επίπεδο ακολουθούμε την παρακάτω πορεία:

1. Ετοιμάζουμε τη συσκευή.
2. Εισάγουμε τη μεταβλητή.
3. Ζητάμε από το παιδί να κάνει μια πρόβλεψη για το αποτέλεσμα.
4. Ζητάμε από το παιδί να προτείνει ένα πείραμα.
5. Αν το πείραμα που προτείνει είναι έγκυρο, λέμε ότι το έκανε σωστά και εξηγούμε το λόγο.

Αν το πείραμα που προτείνει δεν είναι έγκυρο, του λέμε να ξαναπροσπαθήσει. Αν και με τη δεύτερη δεν τα καταφέρει τότε του εξηγούμε πώς θα έπρεπε να κάνει το πείραμα. Ταυτόχρονα, δίνουμε τα υλικά για να πραγματοποιήσει το πείραμα με τον τρόπο που του περιγράψαμε .

6. Το παιδί κάνει το πείραμα και οδηγούμαστε στο συμπέρασμα.

Παρακάτω, στον Πίνακα 1 φαίνονται αναλυτικά οι μεταβλητές που ελέγχθηκαν σε κάθε πείραμα των τριών επιπέδων:

**Πίνακας 1:** Μεταβλητές υπό έλεγχο σε κάθε πείραμα των τριών επιπέδων

<b>Επίπεδο</b>	<b>Πείραμα</b>	<b>Μεταβλητή υπό έλεγχο</b>
<b>1<sup>ο</sup> επίπεδο</b> (Σε κάθε πείραμα το παιδί καλείται να διαχειριστεί μόνο την υπό έλεγχο μεταβλητή)	1 <sup>ο</sup> πείραμα	<i>Το Βάρος της μπάλας</i>
	2 <sup>ο</sup> πείραμα	<i>Το Είδος της επιφάνειας</i>
	3 <sup>ο</sup> πείραμα	<i>Η κλίση της ράμπας</i>
<b>2<sup>ο</sup> επίπεδο</b> (Σε κάθε πείραμα το παιδί καλείται να διαχειριστεί την υπό έλεγχο μεταβλητή και άλλη μία)	1 <sup>ο</sup> πείραμα	<i>Το Είδος της επιφάνειας</i>
	2 <sup>ο</sup> πείραμα	<i>Η Κλίση της ράμπας</i>
	3 <sup>ο</sup> πείραμα	<i>Το Βάρος της μπάλας</i>
<b>3<sup>ο</sup> επίπεδο</b> (Σε κάθε πείραμα το παιδί καλείται να διαχειριστεί και τις τρεις μεταβλητές)	1 <sup>ο</sup> πείραμα	<i>Η κλίση της ράμπας</i>
	2 <sup>ο</sup> πείραμα	<i>Το βάρος της μπάλας</i>
	3 <sup>ο</sup> πείραμα	<i>Το είδος της επιφάνειας</i>

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 1, φροντίσαμε ώστε η μεταβλητή με την οποία ξεκινάμε σε κάθε επίπεδο να είναι διαφορετική από την μεταβλητή με την οποία τελειώσαμε στο αμέσως προηγούμενο επίπεδο. Στις Εικόνες 13, 14 και 15 φαίνεται ένας από τους τρόπους με του οποίους μπορούν να τοποθετηθούν τα υλικά στις ράμπες για να γίνει έλεγχος της κάθε μεταβλητής με έγκυρο τρόπο.



**Εικόνα 13:** Μεταβλητή υπό έλεγχο το βάρος της μπάλας



**Εικόνα 14:** Μεταβλητή υπό έλεγχο το είδος της επιφάνειας



**Εικόνα 15:** Μεταβλητή υπό έλεγχο η κλίση της ράμπας

#### **6.4.3 Γ' φάση του διδακτικού πειράματος (αξιολόγηση της μάθησης και της παρέμβασης)**

Ο στόχος της φάσης αυτής είναι να ελέγξουμε αν οι ιδέες των παιδιών, σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν την τριβή (βάρος και είδος επιφάνειας), πλησιάζουν στην επιστημονική άποψη έπειτα από τη διδακτική παρέμβαση που προηγήθηκε.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στη φάση αυτή είναι τα ίδια υλικά που χρησιμοποιούμε και στην Α' φάση του διδακτικού πειράματος μας.

Η πορεία της συγκεκριμένης φάσης είναι ίδια με την πορεία της Α' φάσης, όμως δεν γίνεται εξοικείωση του παιδιού με τα υλικά. Έτσι, η πορεία της Γ' φάσης είναι η εξής: προσθέτουμε πάνω στο Α2 τα βαρίδια και ζητάμε από το παιδί να κουνήσει τα αμαξάκια. Έπειτα, το ρωτάμε γιατί το Α2 έφτασε σε πιο κοντινό σημείο από το Α1. Αν δούμε ότι το παιδί αναγνωρίζει το μεγαλύτερο βάρος ως αιτία της δυσχέρειας που παρουσιάζει η κίνηση του αμαξιού Α2 σε σχέση με την κίνηση του αμαξιού Α1, του λέμε ότι το βρήκε σωστά και προχωράμε. Αντίθετα, αν δούμε ότι δεν αντιλαμβάνεται τον παράγοντα του βάρους που επηρεάζει την τριβή, του λέμε ότι το Α2 σταμάτησε πιο πίσω σε σχέση με το Α1, γιατί είναι πιο βαρύ, αφού έχει τα βαρίδια μέσα του, και δεν μπορεί να πάει τόσο μακριά όσο το Α1 που είναι ελαφρύ. Μετά, βγάζουμε τα βαρίδια από το Α2 και βάζουμε στον πρώτο διάδρομο τη λεία επιφάνεια και στο δεύτερο διάδρομο την τραχιά επιφάνεια. Λέμε στο παιδί να κινήσει τα Α1 και Α2 στον πρώτο και στο δεύτερο διάδρομο αντίστοιχα. Τέλος, του ζητάμε να μας εξηγήσει γιατί το Α1 έφτασε σε πιο μακρινό σημείο από το Α2. Αν δούμε ότι το παιδί αντιλαμβάνεται ότι η διαφορά στις αποστάσεις που διένυσαν τα δυο αμαξάκια ίδιου βάρους οφείλεται στο διαφορετικό είδος των επιφανειών των διαδρόμων, του λέμε ότι απάντησε σωστά και ολοκληρώνουμε τη διαδικασία. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή αν δεν καταλαβαίνει ότι το είδος της επιφάνειας επηρεάζει την τριβή, του λέμε ότι το Α2 σταμάτησε πιο πίσω σε σχέση με το Α1, διότι κινήθηκε στην τραχιά επιφάνεια που είναι σκληρή και το εμποδίζει να πάει πιο μακριά, ενώ το Α1 που κινήθηκε στη λεία επιφάνεια, δηλαδή την ίσια, πήγε πιο μακριά καθώς δεν είχε κάτι να το εμποδίζει.



## 7 Αποτελέσματα

### 7.1 Αποτελέσματα Α' και Γ' φάσης του διδακτικού πειράματος

Παραθέτουμε τους πίνακες, οι οποίοι περιέχουν τις ακριβείς απαντήσεις των παιδιών στο ερώτημα της Α' φάσης (Πίνακας 2): «Γιατί το Α2 (πιο βαρύ) έφτασε σε πιο κοντινό σημείο από το Α1 (πιο ελαφρύ);» και στο ερώτημα της Γ' φάσης (Πίνακας 3): «Γιατί το Α1 (πάνω στη λεία επιφάνεια) έφτασε σε πιο μακρινό σημείο από το Α2 (πάνω στην τραχιά επιφάνεια);»

**Πίνακας 2:** Ποιοτικές απαντήσεις σε Α' και Γ' φάση για τον παράγοντα του βάρους

Ηλικία	Α' φάση	Γ' φάση
N1 (Νήπιο-αγόρι)	Δεν έχει πράγματα μέσα.	Δεν έχει βάρος.
N2 (Προνήπιο-κορίτσι)	Δεν έχει βάρος.	Δεν έχει επιβάτες.
N3 (Νήπιο-κορίτσι)	Είναι ελαφρύ.	Δεν έχει φορτωθεί.
N4 (Προνήπιο-κορίτσι)	Δεν έχει βάρος.	Δεν έχει βάρος.
N5 (Νήπιο-αγόρι)	Είναι βαρύ.	Δεν ξέρω.
N6 (Προνήπιο-κορίτσι)	Δεν είναι βαρύ.	Δεν έχει τούβλα.
N7 (Νήπιο - αγόρι)	Έχει κάτι μέσα και πάει πιο σιγά.	Έχει βάρος.
N8 (Προνήπιο-κορίτσι)	Είναι πιο γρήγορο και έχει κάτι στις ρόδες.	Έτρεξε με πολλή φόρα.
N9 (Προνήπιο-κορίτσι)	Περπάτησε πιο γρήγορα.	Είναι λίγο πιο βαρύ.
N10 (Προνήπιο-αγόρι)	Δεν ξέρω γιατί.	Έχει το βαρίδιο μέσα.
N11 (Προνήπιο-αγόρι)	Είναι πιο ελαφρύ.	Δεν είναι βαρύ.
N12 (Προνήπιο-αγόρι)	Είναι ελαφρύ.	Δεν είναι βαρύ.

<b>N13</b> ( <b>Νήπιο-κορίτσι</b> )	Δεν είναι βαρύ.	Είναι ελαφρύ.
<b>N14</b> ( <b>Νήπιο-αγόρι</b> )	Είναι βαρύ.	Έχει βάρος.
<b>N15</b> ( <b>Προνήπιο-αγόρι</b> )	Τρέχει.	Τρέχει.
<b>N16</b> ( <b>Νήπιο-αγόρι</b> )	Δεν είναι βαρύ.	Είναι ελαφρύ.
<b>N17</b> ( <b>Νήπιο-αγόρι</b> )	Δεν είναι βαρύ.	Είναι ελαφρύ.
<b>N18</b> ( <b>Προνήπιο-αγόρι</b> )	Είναι ελαφρύ.	Είναι ελαφρύ.
<b>N19</b> ( <b>Νήπιο-αγόρι</b> )	Δεν έχει βάρος.	Είναι ελαφρύ.
<b>N20</b> ( <b>Προνήπιο-αγόρι</b> )	Το άλλο είναι πιο βαρύ.	Είναι ελαφρύ.
<b>N21</b> ( <b>Προνήπιο-κορίτσι</b> )	Είναι πιο ελαφρύ.	Είναι λίγο βαρύ.
<b>N22</b> ( <b>Προνήπιο-κορίτσι</b> )	Είναι ελαφρύ.	Είναι πιο ελαφρύ.
<b>N23</b> ( <b>Προνήπιο-κορίτσι</b> )	Δεν έχει βάρος.	Είναι πιο ελαφρύ.
<b>N24</b> ( <b>Προνήπιο-αγόρι</b> )	Είναι ελαφρύ.	Είναι ελαφρύ.
<b>N25</b> ( <b>Προνήπιο-αγόρι</b> )	Το τράβηξα πιο πολύ.	Το τράβηξα πιο πίσω.
<b>N26</b> ( <b>Προνήπιο-αγόρι</b> )	Είναι πιο γρήγορο.	Είναι βαρύ.
<b>N27</b> ( <b>Προνήπιο-αγόρι</b> )	Είναι ελαφρύ, το άλλο είναι βαρύ και για αυτό δεν πήγε μακριά.	Είναι ελαφρύ και το άλλο βαρύ.
<b>N28</b> ( <b>Προνήπιο-κορίτσι</b> )	(δείχνει με τα χέρια της ότι είναι πιο βαρύ)	(δείχνει με τα χέρια της ότι είναι πιο βαρύ)
<b>N29</b> ( <b>Προνήπιο-αγόρι</b> )	Δεν έχει βάρος.	Είναι ελαφρύ.

**Πίνακας 3:** Ποιοτικές απαντήσεις σε Α' και Γ' φάση για τον παράγοντα της επιφάνειας

Ηλικία	Α' φάση	Γ' φάση
N1 (Νήπιο-αγόρι)	Είναι γυαλιστερή και μπορεί να πάει πιο μακριά.	Είναι ίσια η επιφάνεια.
N2 (Προνήπιο-κορίτσι)	Δεν ξέρω.	Είναι ίσια η επιφάνεια.
N3 (Νήπιο-κορίτσι)	Είναι ίσιος ο δρόμος.	Είναι στο λείο δρόμο.
N4 (Προνήπιο-κορίτσι)	Είναι απότομος ο δρόμος.	Δεν είναι ίσιος ο δρόμος.
N5 (Νήπιο-αγόρι)	Έχει τις τρυπούλες και δεν μπορεί να πάει μακριά.	Εδώ κολλάει και δεν μπορεί να περπατήσει.
N6 (Προνήπιο-κορίτσι)	Είναι από την ίσια μεριά.	Είναι η λεία μεριά.
N7 (Νήπιο-αγόρι)	Έχει τρυπούλες που το εμποδίζουν και δεν μπορεί να πάει μακριά.	Είναι στη λεία μεριά.
N8 (Προνήπιο-κορίτσι)	Είναι πολύ γρήγορο αμάξι.	Είχε πολλή φόρα.
N9 (Προνήπιο-κορίτσι)	Δεν ξέρω.	Είναι πάνω στην ίσια επιφάνεια.
N10 (Προνήπιο-αγόρι)	Έχει κάτι στις ρόδες.	Είναι στην ίσια επιφάνεια.
N11 (Προνήπιο-αγόρι)	Ο δρόμος δεν πονάει σαν τον άλλο.	Είναι σε αυτή την επιφάνεια.
N12 (Προνήπιο-αγόρι)	Είναι πιο γρήγορο το αμάξι.	Είναι πιο γρήγορο.
N13 (Νήπιο-κορίτσι)	Έχει τέτοιο δρόμο.	Η άλλη επιφάνεια είναι τραχιά.
N14 (Νήπιο-αγόρι)	Εδώ δεν έχει δόντια.	Είναι λεία η επιφάνεια.
N15 (Προνήπιο-αγόρι)	Είναι γρήγορο.	Είναι πιο γρήγορο.
N16 (Νήπιο-αγόρι)	Το κούρδισα πιο πολύ.	Είναι στη λεία επιφάνεια.
N17 (Νήπιο-αγόρι)	Ο διάδρομος είναι σκληρός και το κόβει, ενώ εδώ γλιστράει πιο εύκολα το αμάξι.	Ο δρόμος το κόβει.
N18 (Προνήπιο-αγόρι)	Το άλλο αμάξι είναι πιο πίσω.	Ο άλλος δρόμος πονάει.
N19 (Νήπιο-αγόρι)	Έχει καινούρια άσφαλτο και το άλλο την παλιά.	Έχει τον ίσιο δρόμο και το άλλο έχει τον τραχύ δρόμο.
N20	Είναι στον ίσιο δρόμο.	Είναι έτσι ο δρόμος.

(Προνήπιο-αγόρι)		
N21 (Προνήπιο-κορίτσι)	Δεν γρατζουνάει όπως το άλλο.	Είναι σε ίσιο δρόμο.
N22 (Προνήπιο-κορίτσι)	Είναι πιο ελαφρύ.	Είναι πιο γρήγορο.
N23 (Προνήπιο-κορίτσι)	Είναι στο μαλακό δρόμο.	Είναι στο μαλακό δρόμο.
N24 (Προνήπιο-αγόρι)	Είναι ίσιος ο δρόμος.	Ο δρόμος αυτός είναι μαλακός και ο άλλος είναι σκληρός.
N25 (Προνήπιο-αγόρι)	Το τράβηξα πιο πολύ.	Το τράβηξα πιο πολύ.
N26 (Προνήπιο-αγόρι)	Είναι σκληρός ο δρόμος και κολλάει.	Ο δρόμος είναι σκληρός.
N27 (Προνήπιο-αγόρι)	Δεν ξέρω.	Είναι σε ίσιο δρόμο.
N28 (Προνήπιο-κορίτσι)	(γρατζουνάει την τραχιά επιφάνεια)	(γρατζουνάει την τραχιά επιφάνεια)
N29 (Προνήπιο-αγόρι)	Το κούνησα πιο πολύ.	Είναι στην ίσια μεριά.

Ο Πίνακας 4 περιέχει αναλυτικά το σύνολο των παιδιών (νήπια, προνήπια) που κατάφεραν να συσχετίσουν τον παράγοντα του βάρους ή/και του είδους της επιφάνειας με το φαινόμενο της τριβής, τόσο στην Α' φάση όσο και στη Γ' φάση.

**Πίνακας 4:** Σύνολο παιδιών που αναγνώρισαν τον παράγοντα του βάρους και του είδους της επιφάνειας

Ηλικία	Α' φάση (ανάδειξη ιδεών των μαθητών)		Γ' φάση (αξιολόγηση της μάθησης και της παρέμβασης)	
	Βάρος	Είδος επιφάνειας	Βάρος	Είδος επιφάνειας
Νήπια	10	8	8	9
Προνήπια	14	9	17	15
Σύνολο	24	17	25	24

Μελετώντας τα αποτελέσματα του Πίνακα 4, παρατηρούμε ότι στην Α' φάση 24 (10 νήπια & 14 προνήπια) από τα 29 παιδιά, που συμμετείχαν στην έρευνα μας, αναγνώρισαν ότι η διαφορά στις διανυόμενες αποστάσεις των δυο αμαξιών οφείλεται στη διαφορά του βάρους τους, ενώ στη Γ' φάση 25 (8 νήπια & 17 προνήπια) παιδιά συσχέτισαν το μήκος της διανυόμενης απόστασης με το βάρος του σώματος.

Όσον αφορά τον παράγοντα του είδους της επιφάνειας, στην Α' φάση βλέπουμε ότι 17 (8 νήπια & 9 προνήπια) παιδιά κατάλαβαν ότι η διαφορά στις αποστάσεις που διένυσαν τα δυο αμαξάκια ίδιου βάρους οφείλεται στη διαφορετική επιφάνεια των διαδρόμων, ενώ στη Γ' φάση 24 (9 νήπια & 15 προνήπια) παιδιά συσχέτισαν το μήκος της διανυόμενης απόστασης με το είδος της επιφάνειας των διαδρόμων.

Ακόμα, παρατηρήσαμε μια ποιοτική βελτίωση στις απαντήσεις των παιδιών ανάμεσα στην Α' φάση (πριν τη διδακτική παρέμβαση) και στη Γ' φάση (μετά τη διδακτική παρέμβαση) του διδακτικού μας πειράματος. Στον Πίνακα 5 και στον Πίνακα 6 δίνονται συγκεκριμένα παραδείγματα:

**Πίνακας 5:** Βελτίωση ποιοτικών απαντήσεων σχετικά με τον παράγοντα του βάρους ανάμεσα σε Α' και Γ' φάση

Ηλικία	Α' φάση (ανάδειξη ιδεών των μαθητών)	Γ' φάση (αξιολόγηση της μάθησης και της παρέμβασης)
N1 (Νήπιο-αγόρι)	Δεν έχει πράγματα μέσα.	Δεν έχει βάρος.
N7 (Νήπιο - αγόρι)	Έχει κάτι μέσα και πάει πιο σιγά.	Έχει βάρος.
N9 (Προνήπιο-κορίτσι)	Περπάτησε πιο γρήγορα.	Είναι λίγο πιο βαρύ.
N10 (Προνήπιο-αγόρι)	Δεν ξέρω γιατί.	Έχει το βαρίδιο μέσα.
N13 (Νήπιο-κορίτσι)	Δεν είναι βαρύ.	Είναι ελαφρύ.
N23 (Προνήπιο-κορίτσι)	Δεν έχει βάρος.	Είναι πιο ελαφρύ.
N26 (Προνήπιο-αγόρι)	Είναι πιο γρήγορο.	Είναι βαρύ.

**Πίνακας 6:** Βελτίωση ποιοτικών απαντήσεων σχετικά με τον παράγοντα της επιφάνειας ανάμεσα σε Α' και Γ' φάση

<b>Ηλικία</b>	<b>Α' φάση</b> <i>(ανάδειξη ιδεών των μαθητών)</i>	<b>Γ' φάση</b> <i>(αξιολόγηση της μάθησης και της παρέμβασης)</i>
<b>N1</b> <b>(Νήπιο-αγόρι)</b>	Είναι γυαλιστερή και μπορεί να πάει πιο μακριά.	Είναι ίσια η επιφάνεια.
<b>N2</b> <b>(Προνήπιο-κορίτσι)</b>	Δεν ξέρω.	Είναι ίσια η επιφάνεια.
<b>N3</b> <b>(Νήπιο-κορίτσι)</b>	Είναι ίσιος ο δρόμος.	Είναι στο λείο δρόμο.
<b>N4</b> <b>(Προνήπιο-κορίτσι)</b>	Είναι απότομος ο δρόμος.	Δεν είναι ίσιος ο δρόμος.
<b>N6</b> <b>(Προνήπιο-κορίτσι)</b>	Είναι από την ίσια μεριά.	Είναι η λεία μεριά.
<b>N7</b> <b>(Νήπιο-αγόρι)</b>	Έχει τρυπούλες που το εμποδίζουν και δεν μπορεί να πάει μακριά.	Είναι στη λεία μεριά.
<b>N9</b> <b>(Προνήπιο-κορίτσι)</b>	Δεν ξέρω.	Είναι πάνω στην ίσια επιφάνεια.
<b>N10</b> <b>(Προνήπιο-αγόρι)</b>	Έχει κάτι στις ρόδες.	Είναι στην ίσια επιφάνεια.
<b>N13</b> <b>(Νήπιο-κορίτσι)</b>	Έχει τέτοιο δρόμο.	Η άλλη επιφάνεια είναι τραχιά.
<b>N14</b> <b>(Νήπιο-αγόρι)</b>	Εδώ δεν έχει δόντια.	Είναι λεία η επιφάνεια.
<b>N16</b> <b>(Νήπιο-αγόρι)</b>	Το κούρδισα πιο πολύ.	Είναι στη λεία επιφάνεια.
<b>N19</b> <b>(Νήπιο-αγόρι)</b>	Έχει καινούρια άσφαλτο και το άλλο την παλιά.	Έχει τον ίδιο δρόμο και το άλλο έχει τον τραχύ δρόμο.
<b>N21</b> <b>(Προνήπιο-κορίτσι)</b>	Δεν γρατζουνάει όπως το άλλο.	Είναι σε ίσιο δρόμο.
<b>N24</b> <b>(Προνήπιο-αγόρι)</b>	Είναι ίσιος ο δρόμος.	Ο δρόμος αυτός είναι μαλακός και ο άλλος είναι σκληρός.
<b>N27</b> <b>(Προνήπιο-αγόρι)</b>	Δεν ξέρω.	Είναι σε ίσιο δρόμο.
<b>N29</b> <b>(Προνήπιο-αγόρι)</b>	Το κούνησα πιο πολύ.	Είναι στην ίσια μεριά.

## 7.2 Αποτελέσματα Β' φάσης του διδακτικού πειράματος

Παρακάτω, παραθέτουμε αναλυτικά τους πίνακες των τριών επιπέδων καθώς και τις προσπάθειες που κατέβαλε το κάθε παιδί ώστε να σχεδιάσει τα πειράματα που

ζητούνταν κάθε φορά. Κάτω από τον πίνακα του κάθε επιπέδου γίνεται ανάλυση των αποτελεσμάτων του.

### 7.2.1 Αποτελέσματα πρώτου επιπέδου

Στον Πίνακα 7 δίνονται συνοπτικά τα αποτελέσματα του πρώτου επιπέδου, όπου οι συμμετέχοντες σε αυτό είναι 29 παιδιά.

**Πίνακας 7:** Συνοπτικά αποτελέσματα πρώτου επιπέδου

Ηλικία	1 <sup>ο</sup> πείραμα			2 <sup>ο</sup> πείραμα			3 <sup>ο</sup> πείραμα		
	1 <sup>η</sup> δοκιμή	2 <sup>η</sup> δοκιμή	Με οδηγίες	1 <sup>η</sup> δοκιμή	2 <sup>η</sup> δοκιμή	Με οδηγίες	1 <sup>η</sup> δοκιμή	2 <sup>η</sup> δοκιμή	Με οδηγίες
<b>Νήπια</b>	7	1	1	8	0	1	5	3	1
<b>Προνήπια</b>	14	5	1	5	8	7	5	12	3
<b>Σύνολο</b>	21	6	2	13	8	8	10	15	4

Στη συνέχεια, δίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των τριών πειραμάτων του πρώτου επιπέδου:

Στο 1<sup>ο</sup> πείραμα, 27 από τα 29 παιδιά, που συμμετείχαν στην έρευνα μας, σχεδίασαν έγκυρο πείραμα. Συγκεκριμένα, 21 (7 νήπια & 14 προνήπια) από αυτούς σχεδίασαν το πείραμα με την πρώτη δοκιμή και οι υπόλοιποι 6 (1 νήπιο & 5 προνήπια) σχεδίασαν το πείραμα με τη δεύτερη δοκιμή. Τα υπόλοιπα 2 (1 νήπιο & 1 προνήπιο) παιδιά δεν κατάφεραν να προτείνουν έγκυρο πείραμα και έτσι το εκτέλεσαν με οδηγίες.

Στο 2<sup>ο</sup> πείραμα, 21 από τα 29 παιδιά, που συμμετείχαν στην έρευνα μας, σχεδίασαν έγκυρο πείραμα. Συγκεκριμένα, 13 (8 νήπια & 5 προνήπια) από αυτούς σχεδίασαν το πείραμα με την πρώτη δοκιμή και οι υπόλοιποι 8 (8 προνήπια) σχεδίασαν το πείραμα με τη δεύτερη δοκιμή. Τα υπόλοιπα 8 (1 νήπιο & 7 προνήπια) παιδιά δεν κατάφεραν να προτείνουν έγκυρο πείραμα και έτσι το εκτέλεσαν με οδηγίες.

Στο 3<sup>ο</sup> πείραμα, 25 από τα 29 παιδιά, που συμμετείχαν στην έρευνα μας, σχεδίασαν έγκυρο πείραμα. Συγκεκριμένα, 10 (5 νήπια & 5 προνήπια) από αυτούς σχεδίασαν το πείραμα με την πρώτη δοκιμή και οι υπόλοιποι 15 (3 νήπια & 12 προνήπια) σχεδίασαν το πείραμα με τη δεύτερη δοκιμή. Τα υπόλοιπα 4 (1 νήπιο & 3

προνήπια) παιδιά δεν κατάφεραν να προτείνουν έγκυρο πείραμα και έτσι το εκτέλεσαν με οδηγίες.

Το κριτήριο με το οποίο ένας μαθητής είχε το δικαίωμα να συμμετέχει στο δεύτερο επίπεδο ήταν να προτείνει έγκυρο πείραμα με την πρώτη δοκιμή τουλάχιστον σε ένα από τα τρία πειράματα του πρώτου επιπέδου. Με βάση αυτό το κριτήριο οι μαθητές που πέρασαν στο δεύτερο επίπεδο ήταν 23. Να τονίσουμε όμως ότι και οι υπόλοιποι 6 μαθητές που δεν προχώρησαν στο δεύτερο επίπεδο πρότειναν έγκυρο πείραμα με τη δεύτερη δοκιμή τους τουλάχιστον σε ένα από τα τρία πειράματα αυτού του επιπέδου. Δηλαδή, και οι 29 μαθητές πρότειναν έγκυρο πείραμα, τουλάχιστον σε ένα από τα τρία πειράματα, είτε με την πρώτη δοκιμή είτε με τη δεύτερη. Αυτό το αποτέλεσμα είναι σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της έρευνας των Graaf et al. (2015).

### 7.2.2 Αποτελέσματα δεύτερου επιπέδου

Στον Πίνακα 8 δίνονται συνοπτικά τα αποτελέσματα του δεύτερου επιπέδου, στο οποίο πέρασαν 23 από τα 29 παιδιά, που συμμετείχαν στην έρευνα μας.

**Πίνακας 8:** Συνοπτικά αποτελέσματα δεύτερου επιπέδου

Ηλικία	1 <sup>ο</sup> πείραμα			2 <sup>ο</sup> πείραμα			3 <sup>ο</sup> πείραμα		
	1 <sup>η</sup> δοκιμή	2 <sup>η</sup> δοκιμή	Με οδηγίες	1 <sup>η</sup> δοκιμή	2 <sup>η</sup> δοκιμή	Με οδηγίες	1 <sup>η</sup> δοκιμή	2 <sup>η</sup> δοκιμή	Με οδηγίες
<b>Νήπια</b>	1	4	4	1	2	6	3	1	5
<b>Προνήπια</b>	6	3	5	1	7	6	3	2	9
<b>Σύνολο</b>	7	7	9	2	9	12	6	3	14

Στη συνέχεια, δίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα του δεύτερου επιπέδου:

Στο 1<sup>ο</sup> πείραμα, 14 από τα 23 παιδιά σχεδίασαν έγκυρο πείραμα. Συγκεκριμένα, 7 (1 νήπιο & 6 προνήπια) από αυτούς σχεδίασαν το πείραμα με την πρώτη δοκιμή και οι υπόλοιποι 7 (4 νήπια & 3 προνήπια) σχεδίασαν το πείραμα με τη δεύτερη δοκιμή. Τα υπόλοιπα 9 (4 νήπια & 5 προνήπια) παιδιά δεν κατάφεραν να προτείνουν έγκυρο πείραμα και έτσι το εκτέλεσαν με οδηγίες.

Στο 2<sup>ο</sup> πείραμα, 11 από τα 23 παιδιά σχεδίασαν έγκυρο πείραμα. Συγκεκριμένα, 2 (1 νήπιο & 1 προνήπιο) από αυτούς σχεδίασαν το πείραμα με την



πρώτη δοκιμή και οι υπόλοιποι 9 (2 νήπια & 7 προνήπια) σχεδίασαν το πείραμα με τη δεύτερη δοκιμή. Τα υπόλοιπα 12 (6 νήπια & 6 προνήπια) παιδιά δεν κατάφεραν να προτείνουν έγκυρο πείραμα και έτσι το εκτέλεσαν με οδηγίες.

Στο 3<sup>ο</sup> πείραμα, 9 από τα 23 παιδιά σχεδίασαν έγκυρο πείραμα. Συγκεκριμένα, 6 (3 νήπια & 3 προνήπια) από αυτούς σχεδίασαν το πείραμα με την πρώτη δοκιμή και οι υπόλοιποι 3 (1 νήπιο & 2 προνήπια) σχεδίασαν το πείραμα με τη δεύτερη δοκιμή. Τα υπόλοιπα 14 (5 νήπια & 9 προνήπια) παιδιά δεν κατάφεραν να προτείνουν έγκυρο πείραμα και έτσι το εκτέλεσαν με οδηγίες.

Το κριτήριο με το οποίο ένας μαθητής είχε το δικαίωμα να συμμετέχει στο τρίτο επίπεδο ήταν να προτείνει έγκυρο πείραμα με την πρώτη δοκιμή τουλάχιστον σε ένα από τα τρία πειράματα του δεύτερου επιπέδου. Με βάση αυτό το κριτήριο οι μαθητές που πέρασαν στο τρίτο επίπεδο ήταν 13. Να τονίσουμε όμως ότι 6 μαθητές από αυτούς που δεν προχώρησαν στο τρίτο επίπεδο πρότειναν έγκυρο πείραμα με τη δεύτερη δοκιμή τους τουλάχιστον σε ένα από τα τρία πειράματα αυτού του επιπέδου. Δηλαδή, 19 μαθητές πρότειναν έγκυρο πείραμα, τουλάχιστον σε ένα από τα τρία πειράματα, είτε με την πρώτη δοκιμή είτε με τη δεύτερη. Αυτό το αποτέλεσμα είναι σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της έρευνας των Graaf et al. (2015).

### 7.2.3 Αποτελέσματα τρίτου επιπέδου

Στον Πίνακα 9 δίνονται συνοπτικά τα αποτελέσματα του τρίτου επιπέδου, στο οποίο πέρασαν 13 από τα 29 παιδιά, που συμμετείχαν στην έρευνα μας.

**Πίνακας 9:** Συνοπτικά αποτελέσματα τρίτου επιπέδου

Ηλικία	1 <sup>ο</sup> πείραμα			2 <sup>ο</sup> πείραμα			3 <sup>ο</sup> πείραμα		
	1 <sup>η</sup> δοκιμή	2 <sup>η</sup> δοκιμή	Με οδηγίες	1 <sup>η</sup> δοκιμή	2 <sup>η</sup> δοκιμή	Με οδηγίες	1 <sup>η</sup> δοκιμή	2 <sup>η</sup> δοκιμή	Με οδηγίες
<b>Νήπια</b>	0	1	4	1	3	1	0	2	3
<b>Προνήπια</b>	0	3	5	1	2	5	1	2	5
<b>Σύνολο</b>	0	4	9	2	5	6	1	4	8

Στη συνέχεια δίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα του τρίτου επιπέδου:

Στο 1<sup>ο</sup> πείραμα, 4 από τα 13 παιδιά σχεδίασαν έγκυρο πείραμα. Συγκεκριμένα, κανένας από αυτούς δε σχεδίασε το πείραμα με την πρώτη δοκιμή, αλλά και οι 4 (1

νήπιο & 3 προνήπια) σχεδίασαν το πείραμα με τη δεύτερη δοκιμή. Τα υπόλοιπα 9 (4 νήπια & 5 προνήπια) παιδιά δεν κατάφεραν να προτείνουν έγκυρο πείραμα και έτσι το εκτέλεσαν με οδηγίες.

Στο 2<sup>ο</sup> πείραμα, 7 από τα 13 παιδιά σχεδίασαν έγκυρο πείραμα. Συγκεκριμένα, 2 (1 νήπιο & 1 προνήπιο) από αυτούς σχεδίασαν το πείραμα με την πρώτη δοκιμή και οι υπόλοιποι 5 (3 νήπια & 2 προνήπια) σχεδίασαν το πείραμα με τη δεύτερη δοκιμή. Τα υπόλοιπα 6 (1 νήπιο & 5 προνήπια) παιδιά δεν κατάφεραν να προτείνουν έγκυρο πείραμα και έτσι το εκτέλεσαν με οδηγίες.

Στο 3<sup>ο</sup> πείραμα, 5 από τα 13 παιδιά σχεδίασαν έγκυρο πείραμα. Συγκεκριμένα, 1 (1 προνήπιο) από αυτούς σχεδίασε το πείραμα με την πρώτη δοκιμή και οι υπόλοιποι 4 (2 νήπια & 2 προνήπια) σχεδίασαν το πείραμα με τη δεύτερη δοκιμή. Τα υπόλοιπα 8 (3 νήπια & 5 προνήπια) παιδιά δεν κατάφεραν να προτείνουν έγκυρο πείραμα και έτσι το εκτέλεσαν με οδηγίες.

Το κριτήριο με το οποίο ένας μαθητής είχε το δικαίωμα να συμμετέχει και στο επόμενο επίπεδο, εάν υπήρχε, ήταν να προτείνει έγκυρο πείραμα με την πρώτη δοκιμή τουλάχιστον σε ένα από τα τρία πειράματα του τρίτου επιπέδου. Με βάση αυτό το κριτήριο οι μαθητές που θα περνούσαν στο επόμενο επίπεδο θα ήταν 3. Να τονίσουμε όμως ότι 8 μαθητές από αυτούς, που δεν θα προχωρούσαν στο επόμενο επίπεδο, πρότειναν έγκυρο πείραμα με τη δεύτερη δοκιμή τους τουλάχιστον σε ένα από τα τρία πειράματα αυτού του επιπέδου. Δηλαδή, 11 μαθητές πρότειναν έγκυρο πείραμα, τουλάχιστον σε ένα από τα τρία πειράματα, είτε με την πρώτη δοκιμή είτε με τη δεύτερη. Αυτό το αποτέλεσμα είναι σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της έρευνας των Graaf et al. (2015).

## 8 Συμπεράσματα και συζήτηση

Στην παρούσα εργασία θέλαμε να ελέγξουμε αν τα παιδιά προσχολικής ηλικίας μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη μέθοδο ελέγχου μεταβλητών με επιτυχία ώστε να διερευνήσουν φαινόμενα τριβής, αλλά και μέχρι ποιο βαθμό δυσκολίας. Επίσης, θέλαμε να εξετάσουμε αν η χρήση της μεθόδου ελέγχου μεταβλητών, με βαθμιαία αύξηση δυσκολίας, μπορεί να βελτιώσει τις εξηγήσεις των παιδιών σε φαινόμενα τριβής. Χρησιμοποιήσαμε το διδακτικό πείραμα, διότι με τη βοήθεια αυτού λαμβάνονται υπόψη οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και γίνεται ο κατάλληλος διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου που διαπραγματεύονται οι δραστηριότητες. Το εργαλείο που χρησιμοποιήσαμε είναι οι ημιδομημένες συνεντεύξεις.

Στην Α' φάση του διδακτικού μας πειράματος βρέθηκε ότι από τα 29 παιδιά, που συμμετείχαν στην έρευνα μας, τα 24 παιδιά (10 νήπια και 14 προνήπια) αναγνώρισαν ότι η μεταβολή του παράγοντα του βάρους προκάλεσε τη διαφορά στις διανυόμενες αποστάσεις των δυο κινούμενων σωμάτων, ενώ 17 παιδιά (8 νήπια και 9 προνήπια) συσχέτισαν τη διαφορά στις διανυόμενες αποστάσεις με τη διαφορετική φύση των επιφανειών. Έτσι, βλέπουμε ότι το εύρημα αυτό συμφωνεί με τα αποτελέσματα της έρευνας των Ravanis et al. (2004), διότι παρατηρήθηκε και από εμάς ότι τα παιδιά προσχολικής ηλικίας αναγνωρίζουν πιο εύκολα ότι το βάρος είναι μια μεταβλητή που επηρεάζει την τριβή σε αντίθεση με το είδος της επιφάνειας, όπου ο συγκεκριμένος παράγοντας είναι δυσκολότερο να γίνει κατανοητός από τα παιδιά.

Επίσης, ένα άλλο εύρημα της Α' φάσης είναι ότι τα παιδιά αναφέρουν ότι οι μεταβολές των διανυόμενων αποστάσεων που καλύπτουν τα δυο αμαξάκια οφείλονται στις διαφορές της αρχικής ώθησης κι όχι στη διαφορετική φύση του υλικού των επιφανειών. Παρακάτω, δίνουμε συγκεκριμένα τρία παραδείγματα: N16-νήπιο «Το κούρδισα πιο πολύ», N25-προνήπιο «Το τράβηξα πιο πολύ», N29-προνήπιο «Το κούνησα πιο πολύ». Έτσι, βλέπουμε ότι το συμπέρασμα αυτό έρχεται σε συμφωνία με τον Ραβάνης (2003), ο οποίος αναφέρει ότι τα παιδιά πιστεύουν πως οι μεταβολές στις διανυόμενες αποστάσεις οφείλονται στις διαφορές της αρχικής ώθησης που δίνουμε στα σώματα.

Στο 1<sup>ο</sup> επίπεδο της Β' φάσης του διδακτικού πειράματος, όπου κάθε φορά ο μαθητής καλείται να ελέγξει μόνο μια μεταβλητή από τις τρεις, παρατηρούμε ότι το

πρώτο πείραμα σχεδιάστηκε με την 1<sup>η</sup> δοκιμή από 21 παιδιά (7 νήπια και 14 προνήπια). Αντίστοιχα, το δεύτερο πείραμα σχεδιάστηκε με την 1<sup>η</sup> δοκιμή από 13 παιδιά (8 νήπια και 5 προνήπια) και το τρίτο πείραμα από 10 παιδιά (5 νήπια και 5 προνήπια). Βάσει των αποτελεσμάτων αυτών παρατηρούμε ότι ένα μεγάλο ποσοστό των παιδιών κατανοούν ότι η μεταβλητή που ελέγχεται θα πρέπει να αλλάξει από τη μια δοκιμή στην επόμενη και ότι οι υπόλοιπες δυο, δηλαδή οι ανεξάρτητες μεταβλητές, θα πρέπει να παραμείνουν σταθερές.

Στο 2<sup>ο</sup> επίπεδο, όπου κάθε φορά ο μαθητής καλείται να ελέγξει δυο από τις τρεις μεταβλητές, βλέπουμε ότι 7 παιδιά (1 νήπιο και 6 προνήπια) από τα 23 σχεδίασαν με την 1<sup>η</sup> δοκιμή το πρώτο πείραμα. Αντίστοιχα, 2 παιδιά (1 νήπιο και 1 προνήπιο) από τα 23 σχεδίασαν με την 1<sup>η</sup> δοκιμή το δεύτερο πείραμα και 6 παιδιά (3 νήπια και 3 προνήπια) σχεδίασαν με τη 1<sup>η</sup> δοκιμή το τρίτο πείραμα. Εδώ, παρατηρούμε ότι τα παιδιά κατανοούν ότι πρέπει να μεταβάλλουν τη μεταβλητή υπό έλεγχο, όμως δεν μπορούν να κατανοήσουν ότι οι υπόλοιπες δυο μεταβλητές πρέπει να μείνουν σταθερές και στις δυο δοκιμές. Για αυτό το λόγο, το αποτέλεσμα αυτό έρχεται σε συμφωνία με τον Ζουπίδης (2012), σύμφωνα με τον οποίον οι φοιτητές αλλά και τα παιδιά δεν αντιλαμβάνονται ότι μόνο η μεταβλητή που είναι υπό έλεγχο επιτρέπεται να αλλάξει.

Στο 3<sup>ο</sup> επίπεδο, όπου κάθε φορά ο μαθητής καλείται να ελέγξει και τις τρεις μεταβλητές, βλέπουμε ότι κανένα παιδί, από τους 13 που έφτασαν σε αυτό το επίπεδο, δε σχεδίασε με την 1<sup>η</sup> δοκιμή το πρώτο πείραμα. Προχωρώντας, βλέπουμε ότι 2 παιδιά (1 νήπιο και 1 προνήπιο) σχεδίασαν με την 1<sup>η</sup> δοκιμή το δεύτερο πείραμα και τέλος, 1 παιδί (1 προνήπιο) κατάφερε και σχεδίασε με την 1<sup>η</sup> δοκιμή το τρίτο πείραμα. Μελετώντας τα αποτελέσματα αυτά, συμπεραίνουμε ότι είναι δύσκολο για τα παιδιά προσχολικής ηλικίας να ελέγχουν και τις τρεις μεταβλητές, ώστε να σχεδιάζουν ένα πείραμα με στόχο να παρατηρήσουν την επίδραση μιας συγκεκριμένης μεταβλητής στη συμπεριφορά του συστήματος (Boudreaux et al. 2008 όπως αναφ. στο Ζουπίδης, 2012 ).

Από τη μελέτη των τριών επιπέδων της Β' φάσης του διδακτικού μας πειράματος, προέκυψε το παρακάτω αποτέλεσμα σε σχέση με το πρώτο ερευνητικό μας ερώτημα. Παρατηρήσαμε ότι τα παιδιά προσχολικής ηλικίας μπορούν εύκολα να ελέγχουν μια μεταβλητή, όμως συναντούν δυσκολίες όταν καλούνται να ελέγχουν

δυο από τις τρεις μεταβλητές. Και τέλος, δυσκολεύονται σε μεγάλο επίπεδο όταν καλούνται να ελέγξουν και τις τρεις μεταβλητές.

Από τη μελέτη της Γ' φάσης του διδακτικού πειράματος, βλέπουμε ότι 25 παιδιά (8 νήπια και 17 προνήπια) αναγνωρίζουν ότι ο παράγοντας του βάρους προκαλεί τη διαφορά στις αποστάσεις που διανύουν τα σώματα και ότι 24 παιδιά (9 νήπια και 15 προνήπια) αναγνωρίζουν ότι ο παράγοντας της διαφορετικής φύσης των επιφανειών προκαλεί τη διαφορά στις αποστάσεις που διανύουν τα σώματα. Επομένως, παρατηρούμε ότι μετά από τη διδακτική μας παρέμβαση, τα παιδιά που αναγνώρισαν τον παράγοντα του βάρους αυξήθηκαν κατά 1 άτομο, ενώ τα παιδιά που αναγνώρισαν τον παράγοντα της διαφορετικής φύσης των επιφανειών αυξήθηκαν κατά 7 άτομα. Έτσι, μέσα από αυτά τα αποτελέσματα διαπιστώνουμε ότι η χρήση της μεθόδου ελέγχου μεταβλητών μπορεί να συντελέσει στη βελτίωση των εξηγήσεων των παιδιών για το φαινόμενο της τριβής, καθώς κατά τη διάρκεια της Β' φάσης άλλαξαν οι ιδέες των παιδιών, γεγονός που φάνηκε στη Γ' φάση. Με αυτόν τον τρόπο απαντήσαμε και το δεύτερο ερευνητικό μας ερώτημα.

## 9 Περιορισμοί και προτάσεις για βελτίωση της έρευνας

Παρακάτω, παρουσιάζουμε κάποιους περιορισμούς και προτάσεις βελτίωσης της έρευνας. Οι προτάσεις αυτές είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη στην περίπτωση που κάποιος φοιτητής ή ερευνητής θα θελήσει να πραγματοποιήσει αυτήν ή άλλη παρόμοια έρευνα.

Οι συμμετέχοντες της έρευνας μας ήταν 29 παιδιά τα οποία φοιτούν στο 7<sup>ο</sup> Νηπιαγωγείο Φλώρινας. Αυτός ο αριθμός των συμμετεχόντων δημιουργεί περιορισμούς στην έρευνα μας, καθώς τα παιδιά έχουν σχεδόν τις ίδιες εμπειρίες και γνώσεις σχετικά με τα πειράματα και τις έννοιες της φυσικής. Έτσι, προτείνεται η παρούσα έρευνα να πραγματοποιηθεί σε μεγαλύτερο αριθμό παιδιών, ο οποίος θα αποτελείται από παιδιά τα οποία φοιτούν σε νηπιαγωγεία διαφορετικών περιοχών (π.χ. παιδιά από ένα Νηπιαγωγείο της Θεσσαλονίκης-αστικό κέντρο, της Φλώρινας-επαρχιακή πόλη, του Αμμοχωρίου-χωριό). Με αυτόν τον τρόπο, θα μπορεί να γίνει καλύτερη ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας καθώς τα παιδιά από διαφορετικές περιοχές θα έχουν και διαφορετικές γνώσεις και εμπειρίες.

Μια πρόταση που γίνεται αφορά τη φάση κατανόησης της Στρατηγικής Ελέγχου Μεταβλητών (ΣΕΜ), η οποία θα έπρεπε να γίνεται με φωτογραφίες παπουτσιών ίδιου είδους (π.χ. και τα δυο να είναι αθλητικά ή και τα δυο να είναι μποτάκια). Η πρόταση αυτή γίνεται, διότι στην έρευνά μας παρατηρήσαμε ότι σχεδόν όλα τα παιδιά διάλεξαν αυθόρμητα τα αθλητικά παπούτσια και απέρριπταν χωρίς δεύτερη σκέψη τα μποτάκια υποστηρίζοντας ότι με τα αθλητικά μπορούν να τρέξουν πιο γρήγορα. Έτσι, προτείνουμε να χρησιμοποιούνται παπούτσια ίδιου είδους, ώστε τα παιδιά να μπορούν να οδηγηθούν πιο εύκολα και από μόνα τους στη διαδικασία του ελέγχου των μεταβλητών.

Ακόμα, στην Α' φάση (ανάδειξη ιδεών των μαθητών) παρατηρήσαμε ότι με τη διεξαγωγή του πειράματος οι απαντήσεις των περισσότερων παιδιών στηρίζονται στις παρατηρήσεις των αποτελεσμάτων του πειράματος. Συγκεκριμένα, το λάθος που κάναμε ήταν ότι δε ζητήσαμε από τα παιδιά να προβλέψουν το τι θα συμβεί με τα αμαξάκια, δηλαδή ποιο θα πάει πιο μακριά και γιατί, αλλά τους είπαμε να ολοκληρώσουν το πείραμα και να μας πουν τι παρατήρησαν. Έτσι, οι απαντήσεις τους στηρίζονταν στις παρατηρήσεις που έκαναν κατά τη διεξαγωγή του πειράματος. Με αυτόν τον τρόπο, δεν ανιχνεύσαμε τις ήδη προϋπάρχουσες αντιλήψεις των

παιδιών, γεγονός που είχε επιπτώσεις και στη Γ' φάση (αξιολόγηση της μάθησης και της παρέμβασης) όπου δεν μπορέσαμε να συγκρίνουμε με ακρίβεια τις ιδέες που είχαν τα παιδιά πριν τη διδακτική παρέμβαση με αυτές που είχαν μετά από τη διδακτική παρέμβαση. Για αυτό το λόγο, προτείνουμε η φάση αυτή να γίνεται με τις θεωρητικές προβλέψεις των παιδιών και όχι με την παρατήρηση που ακολουθεί την επίδειξη του πειράματος. Συγκεκριμένα, για την ανακάλυψη του παράγοντα του βάρους να έχουμε τους δυο ίδιους διαδρόμους και τα δυο αμάξια με το διαφορετικό βάρος και να ζητάμε από τα παιδιά να προβλέψουν ποιο αμάξι θα πάει πιο μακριά και να αιτιολογούν την άποψη τους. Αντίστοιχα, για την ανακάλυψη του παράγοντα της επιφάνειας να έχουμε τους δυο διαφορετικούς διαδρόμους και τα δυο αμάξια με το ίδιο βάρος και να ζητάμε από τα παιδιά να προβλέψουν ποιο αμάξι θα πάει πιο μακριά και να αιτιολογούν την άποψη τους. Με αυτόν τον τρόπο, θα μπορούμε να ανιχνεύσουμε τις ήδη υπάρχουσες αντιλήψεις των παιδιών.

Επίσης, προτείνεται η χρήση περισσότερων ερωτήσεων στα παιδιά, ώστε να δούμε αν μπορούν να στηρίξουν επαρκώς τις απαντήσεις τους σύμφωνα με τις παρατηρήσεις που έχουν κάνει. Δίνονται παρακάτω δυο παραδείγματα:

1. **Εγώ:** ποια μπάλα πήγε πιο μακριά;

**Φαίδωνας:** η ελαφριά. \*

**Εγώ:** άρα, τελικά το βάρος επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**Φαίδωνας:** ναι.

\* **Προτεινόμενες επιπλέον ερωτήσεις:**

1) γιατί η ελαφριά μπάλα πήγε πιο μακριά σε σχέση με τη βαριά;

2) μπορείς να μου εξηγήσεις τι συνέβηκε και γιατί;

3) πώς έβγαλες αυτό το συμπέρασμα;

2. **Εγώ:** πως θα βάλουμε τις μπάλες;

**Ζωή:** τη μια εδώ (δείχνει τη βαριά μπάλα στη μια ράμπα) και την άλλη εδώ (δείχνει την ελαφριά μπάλα στην άλλη ράμπα). \*

**Εγώ:** ωραία, βάλτες να δούμε. Άρα, το πείραμα που ετοίμασες μας βοηθάει να δούμε αν το βάρος της μπάλας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα.

\* **Προτεινόμενες επιπλέον ερωτήσεις:**

1) γιατί σχεδίασες έτσι το πείραμα;

2) για ποιο λόγο έβαλες στη μια ράμπα την ελαφριά μπάλα και στην άλλη ράμπα τη βαριά μπάλα;



## Βιβλιογραφία

### Ξένη

Ravanis, K., Koliopoulos, D., Hadzigeorgiou, Y. (2004). What factors does friction depend on? A socio-cognitive teaching intervention with young children. *International Journal of Science Education.*, 26(8), 997-1007. DOI: 10.1080/0950069032000138851

Ravanis, K., Koliopoulos, D. & Boilevin, J. - M. (2008). Construction of a Precursor Model for the Concept of Rolling Friction in the Thought of Preschool Age Children: A Socio-cognitive Teaching Intervention. *Res Sci Educ.*, 38: 421-434. DOI: 10.1007/s11165-007-9056-7

Graaf, J., Segers, E. & Verhoeven, L. (2015). Scientific reasoning abilities in kindergarten: dynamic assessment of the control of variables strategy. *Instr. Sci.*, 43:381-400. DOI: 10.1007/s11251-015-9344-y

### Ελληνική

Θεοδωρόπουλος, Ε., Κανδεράκης, Ν., Καριώτογλου, Π., Κολιόπουλος, Δ., Μπαγάκης, Γ. & Φασουλόπουλος, Γ. (1997). *Τριβή, Διδακτική διερεύνηση, Μια έρευνα μέσα από τη διαδικασία αυτομόρφωσης ομάδας εκπαιδευτικών*. ISBN 960-7258-23-1. Αθήνα: Γ.Α. Πνευματικού

Ζουπίδης, Α. (2012). *Διδασκαλία και μάθηση με χρήση μοντέλων φυσικών επιστημών και τεχνολογίας: εφαρμογή στα φαινόμενα της πλεύσης και της βύθισης*. (Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή), Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα

Ζουπίδης, Α., Στράγγας, Α. & Καριώτογλου, Π. (2018). *Η επίδραση της ρητής διδασκαλίας της Στρατηγικής Ελέγχου Μεταβλητών στην κατανόηση της μεθόδου από φοιτήτριες Νηπιαγωγούς*. Στο Μ. Καλογιαννάκης «Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση: Προκλήσεις και προοπτικές», σελ. 197-214, Αθήνα: Gutenberg

Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ», *Φυσικά Ε΄ Δημοτικού, Ερευνώ και Ανακαλύπτω*, Αθήνα.

Καλλέρη, Μ. (2016). *Έννοιες και φαινόμενα από τον φυσικό κόσμο για μικρά παιδιά*. Ostracon Publishing

Κωνσταντίνου, Κ.Π., Φερωνόμου, Γ., Κυριακίδου, Ε., Νικολάου, Χρ. (2002). *Οι Φυσικές Επιστήμες στο Νηπιαγωγείο: Βοήθημα για τη Νηπιαγωγό*. Εκδόσεις Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού Κύπρου, Λευκωσία.

Ραβάνης, Κ. (2005). *Οι Φυσικές Επιστήμες στην προσχολική εκπαίδευση. Διδακτική και γνωστική προσέγγιση*. Αθήνα: ΤΥΠΟΘΗΤΩ

Ραβάνης, Κ. (2003). *Δραστηριότητες για το Νηπιαγωγείο από τον κόσμο της Φυσικής*. Αθήνα: ΔΙΠΤΥΧΟ

Hewitt, P. (2002). *Οι έννοιες της Φυσικής*. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης

## Παράρτημα

Στο παράρτημα της παρούσας εργασίας παραθέτουμε μόνο δυο απομαγνητοφωνημένες συνεντεύξεις από τις είκοσι εννιά που πραγματοποιήθηκαν εξαιτίας του περιορισμού χώρου.

Την πρώτη συνέντευξη N24 (προνήπιο) την επιλέξαμε, καθώς είναι το μοναδικό παιδί το οποίο κατάφερε να φτάσει μέχρι το τελευταίο επίπεδο, όπου σχεδίασε με τη δεύτερη δοκιμή το πρώτο πείραμα του παρόντος επιπέδου, δεν κατάφερε να σχεδιάσει το δεύτερο πείραμα και έτσι το εκτέλεσε με οδηγίες, όμως σχεδίασε με την πρώτη δοκιμή το τελευταίο πείραμα. Έτσι, φάνηκε ότι το παιδί αυτό κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, αντιλήφθηκε το πώς γίνεται ο έλεγχος των μεταβλητών. Την δεύτερη συνέντευξη N9 (προνήπιο) την επιλέξαμε, διότι είναι το μοναδικό προνήπιο, το οποίο σχεδίασε και τα τρία πειράματα του πρώτου επιπέδου με την 1<sup>η</sup> δοκιμή.

### N24 (προνήπιο)

#### **Φάση κατανόησης της ΣΕΜ:**

**Εγώ:** ξέρεις τι κάνουν οι επιστήμονες;

**N24:** παίρνουν αμάξια και οδηγάνε.

**Εγώ:** κάνουν πολλά πειράματα. Έτσι, θα γίνουμε κι εμείς σήμερα επιστήμονες και θα κάνουμε πολλά πειράματα. Λοιπόν, αν εγώ σου έδινα αυτά τα δυο παπούτσια και σου έλεγα να φορέσεις αυτά που θα σε βοηθήσουν να τρέξεις πιο καλά, τι θα έκανες για να μου απαντήσεις;

**N24:** αυτά (δείχνει τα αθλητικά παπούτσια) και μετά αυτά (δείχνει τα μποτάκια).

**Εγώ:** άρα, θα έβαζες πρώτα το ένα και μετά το άλλο, για να μπορέσεις να τα συγκρίνεις και να δεις με ποιο θα τρέξεις πιο καλά.

**Α' φάση (ανάδειξη ιδεών των μαθητών):**

**Εγώ:** Έχουμε δυο αμαξάκια. Κράτησε τα. Είναι ίδια;

**N24:** ναι.

**Εγώ:** έχουμε δυο διαδρόμους. Ο κάθε διάδρομος έχει δυο μεριές, από τη μία είναι ίσιος, λείος δηλαδή, και από την άλλη είναι τραχύς, δηλαδή έχει εξογκώματα. Πιάσε να δεις (πιάνει πρώτα τη μια μεριά και μετά την άλλη). Το ίδιο και αυτός ο διάδρομος (δείχνω το διάδρομο της διπλανής ράμπας). Τώρα, σε αυτό το αμάξι (A2) θα βάλουμε κάποιους επιβάτες (προσθέτω τα βαρίδια). Για πιάσε τώρα τα δυο αμάξια και πες μου αν είναι ίδια. Τι διαφορετικό έχουν;

**N24:** βαρύ (δείχνει το A2) και (δείχνει το A1) ελαφρύ.

**Εγώ:** Τα αμαξάκια αυτά μπορούν να κινηθούν μόνο αν τα τραβήξουμε από εδώ μπροστά (δείχνω την μπροστινή εγκοπή) μέχρι πίσω (δείχνω την πίσω εγκοπή). Μόνο έτσι μπορεί να κινηθεί το αμάξι μας. (βάζω και στις δυο ράμπες το διάδρομο από τη λεία επιφάνεια) τώρα, θέλω να κινήσεις τα δυο αμάξια. Πρώτα το ένα και μετά το άλλο.

**N24:** (κινεί πρώτα το ένα και μετά το άλλο)

**Εγώ:** γιατί πήγε αυτό (A1) πιο μακριά;

**N24:** γιατί αυτό (δείχνει το A1) είναι ελαφρύ.

**Εγώ:** μπράβο. Τώρα, θα βγάλουμε το βάρος που είχε το αμάξι και θα αλλάξουμε τη μια επιφάνεια. Θα βάλουμε στη μια ράμπα την τραχιά επιφάνεια και την άλλη θα την αφήσουμε λεία. Θέλω να κάνεις το ίδιο με τα αμαξάκια, πρώτα στη μια ράμπα και μετά στην άλλη.

**N24:** (κινεί πρώτα το ένα αμάξι στην τραχιά επιφάνεια και μετά το άλλο αμάξι στη λεία επιφάνεια)

**Εγώ:** ποιο πήγε πιο μακριά;

**N24:** αυτό, γιατί (δείχνει τη λεία επιφάνεια) είναι ίσιος ο δρόμος.

**Β' φάση (εισαγωγή και ανακάλυψη της νέας γνώσης):**

**Εγώ:** Τώρα, θα σου πω για αυτές τις ράμπες. Αυτές οι δυο ράμπες είναι ειδικές, γιατί μπορούμε να τις αλλάξουμε με πολλούς τρόπους. Μπορούμε να αλλάξουμε το διάδρομο τους, είτε από τη λεία μεριά είτε από την τραχιά. Μπορούμε να αλλάξουμε την κλίση τους, τη γωνία δηλαδή, μπορούμε να τη βάλουμε ψηλά (*βάζω τη μια κλίση ψηλά*) και χαμηλά (*βάζω την άλλη κλίση χαμηλά*). Επίσης, κάθε ράμπα έχει από δυο μπάλες. Κράτησε τες. Είναι ίδιες μεταξύ τους;

**N24:** αυτή (*σηκώνει τη βαριά μπάλα*) είναι βαριά και αυτή (*σηκώνει την ελαφριά μπάλα*) ελαφριά.

**Εγώ:** ωραία. Δώσε μου πρώτα την ελαφριά μπάλα και μετά τη βαριά.

**1<sup>ο</sup> επίπεδο:**

1. **Εγώ:** λοιπόν, και στις δυο ράμπες θα βάλω την κλίση χαμηλά και τη λεία επιφάνεια. Ξέχασα να σου πω, αυτές (*δείχνω την πόρτα της κάθε ράμπας*) είναι οι πόρτες και μόλις τις τραβήξουμε πολύ δυνατά η μπάλα φεύγει. Θέλω να μου πεις οι μπάλες που έχει η κάθε ράμπα είναι ίδιες μεταξύ τους;

**N24:** όχι, διαφορετικές. Η μια ήταν βαριά και η άλλη ελαφριά.

**Εγώ:** Τώρα θέλω να μου πεις αν νομίζεις ότι το βάρος της μπάλας θα επηρεάσει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N24:** ναι.

**Εγώ:** τι λες να κάνουμε για να δούμε αν τελικά το βάρος της μπάλας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει;

**N24:** (*βάζει τη βαριά μπάλα στη μια ράμπα και την ελαφριά μπάλα στην άλλη ράμπα*)

**Εγώ:** Άρα, εσύ έκανες δυο δοκιμές, για τη μια ράμπα πήρες τη βαριά μπάλα και για την άλλη ράμπα πήρες την ελαφριά μπάλα. Το πείραμα που ετοιμάσαμε μας βοηθάει να δούμε αν το βάρος της μπάλας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα, γιατί το μόνο διαφορετικό που έχουν οι ράμπες είναι οι μπάλες και όλα τα άλλα είναι ίδια.

**N24:** *(κάνει το πείραμα)*

**Εγώ:** ποια μπάλα πήγε πιο μακριά;

**N24:** η ελαφριά.

**Εγώ:** άρα, τελικά το βάρος επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N24:** ναι.

2. **Εγώ:** λοιπόν, εσύ θα κρατήσεις τις δυο ελαφριές μπάλες και θα αφήσουμε την κλίση και στις δυο ράμπες όπως είναι, δηλαδή χαμηλά. Και θέλω να μου πεις αν νομίζεις ότι το είδος της επιφάνειας, δηλαδή αν θα είναι τραχιά ή λεία, επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα. Τι λες;

**N24:** ναι.

**Εγώ:** τι λες να κάνουμε για να το δούμε; Πώς να βάλουμε την επιφάνεια σε κάθε ράμπα;

**N24:** σκληρό και μαλακό.

**Εγώ:** άρα, η μόνη διαφορά που υπάρχει στις δυο ράμπες είναι η επιφάνεια τους. Έτσι, μπορούμε να δούμε αν η επιφάνεια, δηλαδή αν θα είναι τραχιά ή λεία, επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα.

**N24:** *(κάνει το πείραμα)*

**Εγώ:** ποια μπάλα πήγε πιο μακριά;

**N24:** αυτή *(δείχνει τη μπάλα της λείας επιφάνειας)*, ήταν στο μαλακό δρόμο.

**Εγώ:** Άρα, η επιφάνεια επηρεάζει τελικά στο πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N24:** ναι.

3. **Εγώ:** Τώρα θα βάλουμε και στις δυο επιφάνειες τη λεία επιφάνεια και εσύ θα κρατήσεις πάλι τις δυο ελαφριές μπάλες. Για θύμισε μου με ποιους τρόπους είπαμε μπορούμε να βάλουμε την κλίση σε κάθε ράμπα;

**N24:** χαμηλά και ψηλά.

**Εγώ:** για πες μου η κλίση της ράμπας, δηλαδή αν η μπάλα πέσει από πιο ψηλά ή από πιο χαμηλά, θα επηρεάσει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα. Τι λες;

**N24:** ναι.

**Εγώ:** πως θα βάλουμε την κλίση σε κάθε ράμπα για να είμαστε σίγουροι ότι η κλίση επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N24:** *(βάζει και τις δυο κλίσεις ψηλά).*

**Εγώ:** όμως, οι ράμπες τώρα τα έχουν όλα ίδια, έχουν ίδια κλίση, ίδια επιφάνεια και ίδιες μπάλες. Έτσι, δεν μπορούμε να καταλάβουμε αν η κλίση επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα. Τι λες να αλλάξουμε;

**N24:** *(βάζει τη μια κλίση ψηλά και την άλλη χαμηλά και κάνει το πείραμα)*

**Εγώ:** ποια μπάλα πήγε πιο μακριά;

**N24:** αυτή *(δείχνει τη μπάλα που έπεσε από πιο ψηλά)* γιατί ήταν από πιο ψηλά.

**Εγώ:** άρα, τελικά η κλίση της ράμπας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N24:** ναι.

**2<sup>ο</sup> επίπεδο:**

1. **Εγώ:** τώρα, θα κάνουμε κάτι πιο δύσκολο. Εσύ θα κρατήσεις τις δυο ελαφριές μπάλες και θέλω να μου αν η επιφάνεια είναι λεία ή τραχιά θα επηρεάσει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N24:** όχι.

**Εγώ:** Θέλω να μου πεις πώς θα βάλεις την επιφάνεια της κάθε ράμπας και πως την κλίση της, για να δούμε αν τελικά η επιφάνεια επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα. Να τα πάρουμε ένα- ένα; Πως θα βάλουμε την κλίση;

**N24:** και τα δυο ψηλά.

**Εγώ:** το δρόμο πως θα το βάλουμε;

**N24:** σκληρό και μαλακό.

**Εγώ:** οι ράμπες μας το μόνο διαφορετικό που έχουν είναι οι επιφάνειες. Η μια ράμπα έχει την τραχιά επιφάνεια και η άλλη τη λεία. Έτσι, μπορούμε να βγάλουμε συμπέρασμα για το αν η επιφάνεια επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα. Κάνε το πείραμα.

**N24:** ( *κάνει το πείραμα* )

**Εγώ:** ποια μπάλα πήγε πιο μακριά;

**N24:** αυτή (*δείχνει την μπάλα που έπεσε από τη λεία επιφάνεια*) γιατί ήταν στο μαλακό δρόμο.

**Εγώ:** Άρα, τελικά η επιφάνεια επηρεάζει στο πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N24:** ναι.

2. **Εγώ:** Τώρα, θα κρατήσεις πάλι τις δυο ελαφριές μπάλες και θέλω να μου πεις αν η μπάλα πέσει από πιο ψηλά ή από πιο χαμηλά θα επηρεάσει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N24:** ναι.



**Εγώ:** ωραία, θέλω να μου πεις πως θα βάλεις την επιφάνεια της κάθε ράμπας, και πως θα βάλεις την κλίση της. Εμείς θέλουμε να δούμε αν η κλίση επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα μας. Τι λες να κάνουμε; Να τα πάρουμε ένα- ένα; Πως θα βάλουμε το δρόμο σε κάθε ράμπα μας;

**N24:** *(βάζει στη μια ράμπα τη λεία επιφάνεια και στην άλλη την τραχιά)*

**Εγώ:** την κλίση πως θα τη βάλουμε;

**N24:** *(βάζει τη μια ράμπα ψηλά και την άλλη χαμηλά).*

**Εγώ:** τώρα, και στις δυο ράμπες έχουμε διαφορετική επιφάνεια, διαφορετική κλίση και ίδιες μπάλες. Έτσι, δεν μπορούμε να καταλάβουμε αν η κλίση της ράμπας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα. Τι θα αλλάξουμε;

**N24:** το δρόμο *(βάζει και τις δυο επιφάνειες λείες και κάνει το πείραμα)*

**Εγώ:** ποια μπάλα πήγε πιο μακριά;

**N24:** εκείνη *(δείχνει την μπάλα που έπεσε από τη ράμπα με την ψηλή κλίση)* γιατί ήταν από πιο μεγάλη.

**Εγώ:** άρα, η κλίση επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N24:** ναι.

3. **Εγώ:** τώρα, και στις δυο ράμπες έβαλα τις κλίσεις χαμηλά και εσύ θέλω να μου πεις αν μια μπάλα είναι βαριά ή ελαφριά θα επηρεάσει το πόσο μακριά θα πάει;

**N24:** ναι.

**Εγώ:** θέλω να μου πεις ποιες μπάλες θα πάρουμε και πώς θα βάλουμε την επιφάνεια σε κάθε ράμπα για να δούμε αν τελικά το βάρος της μπάλας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα. Τι λες να κάνουμε;

**N24:** μαλακό δρόμο *(βάζει και στις δυο ράμπες τη λεία επιφάνεια).*

**Εγώ:** ποιες μπάλες θα πάρουμε;

**N24:** μια βαριά και μια ελαφριά.

**Εγώ:** το μόνο διαφορετικό που έχουν οι ράμπες μας είναι οι μπάλες. Άρα, τώρα μπορούμε να καταλάβουμε αν τελικά το βάρος της μπάλας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα.

**N24:** *(κάνει το πείραμα).*

**Εγώ:** ποια μπάλα πήγε πιο μακριά;

**N24:** η ελαφριά.

**Εγώ:** Τελικά, το βάρος της μπάλας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N24:** ναι.

### **3<sup>ο</sup> επίπεδο:**

- 1. Εγώ:** πιστεύεις ότι αν η μπάλα πέσει από πιο ψηλά ή από πιο χαμηλά θα επηρεάσει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα μας;

**N24:** ναι.

**Εγώ:** πολύ ωραία. Θέλω τώρα να μου πεις πως θα βάλουμε την επιφάνεια σε κάθε ράμπα, την κλίση της και ποιες μπάλες θα πάρουμε, για να δούμε αν η κλίση της ράμπας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα.

**N24:** *(βάζει τη μια επιφάνεια λεία και την άλλη τραχιά, τη μια κλίση ψηλά και την άλλη χαμηλά, παίρνει τις δυο ελαφριές μπάλες).*

**Εγώ:** εσύ έβαλες και για τις δυο ράμπες διαφορετική κλίση, διαφορετική επιφάνεια και πήρες τις δυο ίδιες μπάλες. Έτσι, δεν μπορούμε να καταλάβουμε αν τελικά η κλίση της ράμπας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα μας. Τι λες να αλλάξουμε;

**N24:** το δρόμο *(βάζει και τις δυο επιφάνειες λείες και κάνει το πείραμα).*

**Εγώ:** ποια μπάλα πήγε πιο μακριά;

**N24:** αυτή, γιατί ήταν πιο σηκωμένη.

**Εγώ:** άρα, τελικά η κλίση επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N24:** ναι.

2. **Εγώ:** τώρα, θέλω να μου πεις αν νομίζεις ότι το βάρος της μπάλας, δηλαδή αν θα είναι βαριά ή ελαφριά, θα επηρεάσει το πόσο μακριά θα πάει αυτή;

**N24:** ναι.

**Εγώ:** θέλω να μου πεις ποιες μπάλες θα πάρεις και πως θα βάλουμε την κλίση της κάθε ράμπας και την επιφάνεια της.

**Εγώ:** με την επιφάνεια και την κλίση τι θα κάνουμε;

**N24:** *(βάζει και τις δυο κλίσεις ψηλά, τις δυο επιφάνειες τραχιές και παίρνει τις δυο βαριές μπάλες)*

**Εγώ:** όμως, τώρα οι δυο ράμπες μας έχουν ίδιες μπάλες, ίδια επιφάνεια και ίδια κλίση. Έτσι, δεν μπορούμε να δούμε αν το βάρος της μπάλας θα επηρεάσει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα. Τι θα αλλάξουμε;

**N24:** *την επιφάνεια.*

**Εγώ:** θα αλλάξουμε τίποτα άλλο;

**N24:** όχι.

**Εγώ:** για να μπορέσουμε να δούμε αν το βάρος της μπάλας θα επηρεάσει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα, οι δυο ράμπες μας πρέπει να έχουν μόνο διαφορετικές μπάλες και όλα τα άλλα να είναι ίδια. Δηλαδή, στη μια ράμπα πρέπει να έχουμε τη βαριά μπάλα και στην άλλη την ελαφριά. Κάνε αυτό που είπαμε.

**N24:** *(βάζει τα υλικά όπως είπαμε και κάνει το πείραμα)*

**Εγώ:** ποια μπάλα πήγε πιο μακριά;

**N24:** η ελαφριά.

**Εγώ:** άρα, επηρεάζει το βάρος το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N24:** ναι.

3. **Εγώ:** θέλω να μου πεις η επιφάνεια της ράμπας, δηλαδή αν θα μπει από την τραχιά μεριά ή από τη λεία, θα επηρεάσει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N24:** ναι.

**Εγώ:** ωραία, θέλω να μου πεις πως θα βάλουμε την κλίση, την επιφάνεια και ποιες μπάλες θα πάρουμε, για να δούμε ότι τελικά η επιφάνεια επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα.

**Εγώ:** την επιφάνεια πως θα τη βάλουμε;

**N24:** ένα σκληρό και ένα μαλακό.

**Εγώ:** ποιες μπάλες θα πάρεις;

**N24:** δυο ελαφριές.

**Εγώ:** και την κλίση;

**N24:** χαμηλά.

**Εγώ:** άρα, το μόνο διαφορετικό που έχουν οι ράμπες μας είναι η επιφάνεια και όλα τα άλλα είναι ίδια. Έτσι, μπορούμε να καταλάβουμε αν η επιφάνεια επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα. Κάνε το πείραμα.

**N24:** *(κάνει το πείραμα)*

**Εγώ:** ποια πήγε τώρα πιο μακριά;

**N24:** αυτή *(δείχνει τη λεία επιφάνεια)*, γιατί είναι ίσια.

**Εγώ:** Άρα, τελικά επηρεάζει η επιφάνεια το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N24:** ναι.

**Γ' φάση (αξιολόγηση της μάθησης και της παρέμβασης):**

**Εγώ:** θα κάνουμε πάλι κάτι με τα αμαξάκια μας. Κίνησε τα αμαξάκια όπως είπαμε. Ποιο πήγε πιο μακριά;

**N24:** (κινεί τα αμάξια που έχουν διαφορετικό βάρος πάνω σε ίδια επιφάνεια) αυτό, γιατί ήταν ελαφρύ.

**Εγώ:** Τώρα θα βάλουμε τη μια επιφάνεια λεία και την άλλη τραχιά και θα βγάλουμε τους επιβάτες από το αμαξάκι. Κίνησε τα αμαξάκια. Ποιο πήγε πιο μακριά τώρα;

**N24:** (κινεί τα αμάξια που έχουν ίδιο βάρος πάνω σε διαφορετική επιφάνεια) αυτό (δείχνει τη λεία επιφάνεια), γιατί ο δρόμος αυτός είναι μαλακός, ενώ ο άλλος είναι σκληρός.

**N9 (προνήπιο)**

**Φάση κατανόησης της ΣΕΜ:**

**Εγώ:** ξέρεις τι κάνουν οι επιστήμονες;

**N9:** όχι.

**Εγώ:** οι επιστήμονες κάνουν πάρα πολλά πειράματα. Έτσι, θα κάνουμε και εμείς σήμερα πολλά πειράματα. Λοιπόν, αν εγώ σου έδινα αυτά τα δυο παπούτσια και σου έλεγα να φορέσεις αυτά που θα σε βοηθήσουν να τρέξεις πιο καλά, τι θα έκανες για να μου απαντήσεις; Πως θα δούμε με ποια μπορούμε να τρέξουμε πιο καλά;

**N9:** με αυτά (δείχνει τα αθλητικά παπούτσια).

**Εγώ:** ναι, αλλά μπορεί και με αυτά (δείχνω τα μπουτάκια) να μπορούμε να τρέξουμε πιο γρήγορα. Εγώ ξέρεις τι θα έκανα; Θα δοκίμαζα και τα δυο, πρώτα το ένα και μετά το άλλο, γιατί μπορεί και με αυτό να μπορώ να τρέξω καλά και έτσι να μπορώ να τα συγκρίνω.

**A' φάση (ανάδειξη ιδεών των μαθητών):**

**Εγώ:** Έχουμε δυο αμαξάκια. Κράτησε τα. Είναι ίδια;

**N9:** ναι.

**Εγώ:** τα αμαξάκια αυτά μπορούν να κινηθούν μόνο αν τα τραβήξουμε από εδώ μπροστά (δείχνω την μπροστινή εγκοπή) μέχρι πίσω (δείχνω την πίσω εγκοπή). Μόνο έτσι μπορεί να κινηθεί το αμάξι μας. (το δοκιμάζει και αυτή)

**Εγώ:** επίσης, έχουμε και δυο διαδρόμους. Ο κάθε διάδρομος έχει δυο μεριές, από τη μία έχει εξογκώματα, για αυτό είναι τραχύς και από την άλλη είναι ίσιος, λείος δηλαδή. Πιάσε να δεις (πιάνει πρώτα τη μια μεριά και μετά την άλλη). Το ίδιο και αυτός ο διάδρομος (δείχνω το διάδρομο της διπλανής ράμπας). Τώρα θα βάλω τη μια επιφάνεια τραχιά και την άλλη λεία. Θέλω να κουνήσεις τα αμαξάκια, πρώτα το ένα και μετά το άλλο.

**N9:** (κινεί πρώτα το ένα αμάξι στην τραχιά επιφάνεια και μετά το άλλο αμάξι στη λεία επιφάνεια)

**Εγώ:** ποιο πήγε πιο μακριά;

**N9:** γιατί αυτή είναι ίσια (δείχνει τη λεία επιφάνεια) και αυτή δεν είναι (δείχνει την τραχιά επιφάνεια).

**Εγώ:** Τώρα, θα βάλω και τις δυο επιφάνειες λείες και σε αυτό το αμάξι (A2) θα βάλουμε κάποιους επιβάτες (προσθέτω τα βαρίδια). Για πιάσε τώρα τα δυο αμάξια και πες μου αν είναι ίδια. Τι διαφορετικό έχουν;

**N9:** αυτό (δείχνει το A2) είναι πιο βαρύ.

**Εγώ:** τώρα, θέλω να κινήσεις τα δυο αμάξια όπως είπαμε. Πρώτα το ένα και μετά το άλλο.

**N9:** (κινεί πρώτα το ένα και μετά το άλλο)

**Εγώ:** ποιο πήγε πιο μακριά. Γιατί;

**N9:** αυτό (δείχνει το A1) γιατί δεν είναι βαρύ.

**B' φάση (εισαγωγή και ανακάλυψη της νέας γνώσης):**

**Εγώ:** Αυτές οι δυο ράμπες είναι ειδικές, γιατί μπορούμε να τις αλλάξουμε με πολλούς τρόπους. Μπορούμε να αλλάξουμε το διάδρομο τους, ο οποίος από τη μια μεριά είναι ίσιος και από την άλλη τραχύς. Επίσης, σε κάθε ράμπα μπορούμε να βάλουμε την κλίση της, δηλαδή τη γωνία της, ψηλά (*βάζω τη μια κλίση ψηλά*) και χαμηλά (*βάζω την άλλη κλίση χαμηλά*). Επίσης, κάθε ράμπα έχει από δυο μπάλες. Κράτησε τες. Είναι ίδιες μεταξύ τους;

**N9:** όχι.

**Εγώ:** τι διαφορετικό έχουν;

**N9:** αυτή (*σηκώνει τη βαριά μπάλα*) είναι από βαριά και αυτή (*σηκώνει την ελαφριά μπάλα*) όχι.

**Εγώ:** ωραία. Δώσε μου πρώτα την ελαφριά μπάλα και μετά τη βαριά.

**1<sup>ο</sup> επίπεδο:**

1. **Εγώ:** λοιπόν, και στους δυο διαδρόμους θα βάλω τη λεία επιφάνεια και την κλίση ψηλά. Ξέχασα να σου πω, αυτές (*δείχνω την πόρτα της κάθε ράμπας*) είναι οι πόρτες και μόλις τις τραβήξουμε απότομα η μπάλα φεύγει. Θέλω να μου πεις οι μπάλες που έχει η κάθε ράμπα είναι ίδιες μεταξύ τους;

**N9:** όχι, η μια είναι βαριά και η άλλη ελαφριά.

**Εγώ:** θέλω να μου πεις αν νομίζεις ότι το βάρος της μπάλας θα επηρεάσει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N9:** ναι.

**Εγώ:** τι λες να κάνουμε για να δούμε αν τελικά το βάρος της μπάλας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει αυτή;

**N9:** να το κάνουμε.

**Εγώ:** πως θα βάλουμε τις μπάλες μας;

**N9:** (*βάζει τη βαριά μπάλα στη μια ράμπα και την ελαφριά μπάλα στην άλλη ράμπα*)

**Εγώ:** Άρα, εσύ έκανες δυο δοκιμές, για τη μια ράμπα πήρες τη βαριά μπάλα και για την άλλη ράμπα πήρες την ελαφριά μπάλα. Το μόνο διαφορετικό που έχουν οι ράμπες μας είναι οι μπάλες. Όλα τα άλλα είναι ίδια. Άρα, το πείραμα που ετοιμάσαμες μας βοηθάει να καταλάβουμε αν το βάρος της μπάλας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα. Άνοιξε τώρα τις πόρτες.

**N9:** *(κάνει το πείραμα).*

**Εγώ:** ποια μπάλα πήγε πιο μακριά;

**N9:** αυτή *(δείχνει την ελαφριά)* γιατί είναι η ελαφριά.

**Εγώ:** άρα, τελικά επηρεάζει αν η μπάλα είναι βαριά ή ελαφριά στο πόσο μακριά θα πάει;

**N9:** ναι.

2. **Εγώ:** λοιπόν, τώρα θα αφήσουμε την κλίση και στις δυο ράμπες όπως είναι, δηλαδή ψηλά και εσύ θα κρατήσεις τις δυο ελαφριές μπάλες. Κράτησε τες. Πόσες μεριές είπαμε ότι έχει ο διάδρομος της κάθε ράμπας;

**N9:** δυο.

**Εγώ:** δυο, μια τραχιά και μια λεία. Πιστεύεις ότι το πώς θα μπει η επιφάνεια, δηλαδή αν θα μπει από την τραχιά επιφάνεια ή από τη λεία, επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα. Τι λες;

**N9:** ναι.

**Εγώ:** τι θα κάνουμε για να το δούμε; Πώς να βάλουμε την επιφάνεια σε κάθε ράμπα;

**N9:** ανάποδα *(βάζει στη μια ράμπα τη λεία επιφάνεια και στην άλλη την τραχιά).*



**Εγώ:** άρα, το μόνο διαφορετικό που έχουν οι ράμπες μας είναι η επιφάνεια, γιατί εμείς θέλουμε να ελέγξουμε αν η επιφάνεια επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα. Σωστά;

**N9:** ναι *(κάνει το πείραμα)*.

**Εγώ:** ποια μπάλα πήγε πιο μακριά;

**N9:** αυτή *(δείχνει τη μπάλα της λείας επιφάνειας)*, γιατί εκείνη η μεριά *(δείχνει την τραχιά επιφάνεια)* είναι σκληρή.

**Εγώ:** Άρα, η επιφάνεια επηρεάζει τελικά στο πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N9:** ναι.

3. **Εγώ:** Τώρα θα βάλουμε και στις δυο επιφάνειες τη λεία μεριά και εσύ θα κρατήσεις πάλι τις δυο ελαφριές μπάλες. Για θύμισε μου με ποιους τρόπους είπαμε μπορούμε να βάλουμε την κλίση σε κάθε ράμπα;

**N9:** χαμηλά και ψηλά.

**Εγώ:** εσύ πιστεύεις ότι η κλίση της ράμπας, δηλαδή αν η μπάλα πέσει από πιο ψηλά ή από πιο χαμηλά, θα επηρεάσει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα. Τι λες;

**N9:** όχι.

**Εγώ:** πως θα βάλουμε την κλίση σε κάθε ράμπα για να είμαστε σίγουροι ότι η κλίση επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N9:** *(βάζει τη μια κλίση ψηλά και την άλλη χαμηλά)*.

**Εγώ:** άρα, το μόνο διαφορετικό που έχουν οι ράμπες μας είναι η κλίση, γιατί εμείς θέλουμε να ελέγξουμε αν η κλίση επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα.

**N9:** *(κάνει το πείραμα)*

**Εγώ:** ποια μπάλα πήγε πιο μακριά;

**N9:** αυτή (δείχνει τη μπάλα που έπεσε από πιο ψηλά) γιατί ήταν από ψηλά και η άλλη από χαμηλά.

**Εγώ:** άρα, τελικά η κλίση της ράμπας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N9:** ναι.

## 2<sup>ο</sup> επίπεδο:

1. **Εγώ:** Εσύ θα κρατήσεις τις δυο ελαφριές μπάλες και θέλω να μου πεις αν νομίζεις ότι η επιφάνεια, δηλαδή αν είναι λεία ή τραχιά, θα επηρεάσει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N9:** ναι.

**Εγώ:** Θέλω να μου πεις πώς θα βάλεις την επιφάνεια της κάθε ράμπας και πως την κλίση της, για να δούμε αν τελικά η επιφάνεια επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα.

**N9:** δεν ξέρω.

**Εγώ:** σκέψου και θα μου πεις. Τι είπαμε με τα παπούτσια; Θα τα δοκιμάζαμε και θα τα συγκρίναμε.

**N9:** θα βάλουμε αυτή (στη μια ράμπα βάζει την τραχιά επιφάνεια) και την άλλη θα την αφήσουμε ίδια (στην άλλη ράμπα αφήνει τη λεία επιφάνεια).

**Εγώ:** ωραία, την κλίση πως θα τη βάλουμε σε κάθε ράμπα;

**N9:** ψηλά (βάζει και τις δυο ράμπες ψηλά).

**Εγώ:** άρα, επειδή μας ενδιαφέρει να δούμε η επιφάνεια επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα μας κρατάμε σταθερά όλα τα υπόλοιπα στις δυο ράμπες και αλλάζουμε μόνο την επιφάνεια. Σωστά; Έλα να κάνουμε το πείραμα μας.

**N9:** (κάνει το πείραμα)

**Εγώ:** ποια μπάλα πήγε πιο μακριά;

**N9:** αυτή *(δείχνει την μπάλα που έπεσε από τη λεία επιφάνεια)* γιατί η άλλη *(δείχνει την μπάλα που έπεσε από την τραχιά επιφάνεια)* ήταν από την σκληρή μεριά.

**Εγώ:** Άρα, τελικά η επιφάνεια επηρεάζει στο πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N9:** ναι.

2. **Εγώ:** Τώρα, θα κρατήσεις πάλι τις δυο ελαφριές μπάλες και θέλω να μου πεις αν νομίζεις ότι η κλίση, δηλαδή η γωνία της ράμπας, επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N9:** θα το δοκιμάσουμε.

**Εγώ:** ωραία, τι θα κάνουμε για να το δούμε; Θέλω να μου σχεδιάσεις ένα πείραμα και να μου πεις πως θα βάλουμε την επιφάνεια της κάθε ράμπας, δηλαδή από ποια μεριά, και πως θα βάλουμε την κλίση της. Εμείς θέλουμε να δούμε αν η κλίση επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα μας.

**N9:** χαμηλά *(βάζει και τις δυο ράμπες χαμηλά)*.

**Εγώ:** την επιφάνεια πως θα τη βάλουμε;

**N9:** έτσι *(βάζει και στις δυο ράμπες τη λεία επιφάνεια)*.

**Εγώ:** τώρα, εσύ έβαλες και στις δυο ράμπες την κλίση ίδια, έχεις πάρει τις δυο ίδιες μπάλες και έβαλες την ίδια επιφάνεια. Έτσι, δεν μπορούμε να καταλάβουμε αν η κλίση της ράμπας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα. Θέλεις να προσπαθήσεις με άλλο τρόπο;

**N9:** την επιφάνεια *(βάζει και τις δυο τραχιές)*.

**Εγώ:** την κλίση;

**N9:** *(βάζει τη μια κλίση ψηλά και την άλλη χαμηλά)*

**Εγώ:** έτοιμο το πείραμα μας;

**N9:** ναι *(κάνει το πείραμα)*.

**Εγώ:** ποια μπάλα πήγε πιο μακριά τώρα;

**N9:** αυτή (δείχνει την μπάλα που έπεσε από τη ράμπα με την ψηλή κλίση) γιατί είναι πιο ψηλά.

**Εγώ:** άρα, η κλίση επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N9:** ναι.

3. **Εγώ:** τώρα, και στις δυο ράμπες θα βάλω τις κλίσεις ψηλά και εσύ θέλω να μου πεις αν πιστεύεις ότι το βάρος της μπάλας θα επηρεάσει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N9:** δεν ξέρω.

**Εγώ:** θέλω να μου πεις ποιες μπάλες θα πάρουμε και πώς θα βάλουμε την επιφάνεια σε κάθε ράμπα για να δούμε αν τελικά το βάρος της μπάλας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα. Τι λες να κάνουμε;

**N9:** τις δυο βαριές.

**Εγώ:** ωραία. Και την επιφάνεια πώς θα τη βάλουμε σε κάθε ράμπα;

**N9:** (βάζει στη μια ράμπα την τραχιά επιφάνεια και στην άλλη ράμπα τη λεία).

**Εγώ:** οι δυο ράμπες μας έχουν διαφορετική επιφάνεια και ίδιες μπάλες. Έτσι, δεν μπορούμε να βγάλουμε κάποιο συμπέρασμα για το αν το βάρος της μπάλας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα. Τι να αλλάξουμε;

**N9:** τραχιά (βάζει τις δυο τραχιές επιφάνειες).

**Εγώ:** με τις μπάλες τι θα κάνουμε;

**N9:** έτσι.

**Εγώ:** για να ελέγξουμε αν το βάρος της μπάλας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα μας, πρέπει οι δυο ράμπες να έχουν διαφορετικές μπάλες και όλα τα υπόλοιπα να είναι ίδια.

**N9:** *(βάζει τα υλικά όπως είπαμε και κάνει το πείραμα).*

**Εγώ:** ποια μπάλα πήγε πιο μακριά;

**N9:** αυτή *(δείχνει την ελαφριά μπάλα).*

**Εγώ:** Τελικά, το βάρος της μπάλας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N9:** ναι.

### **3<sup>ο</sup> επίπεδο:**

- 1. Εγώ:** πιστεύεις ότι η κλίση της ράμπας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα μας;

**N9:** δεν ξέρουμε. Να το δοκιμάσουμε.

**Εγώ:** Τι λες να κάνουμε για να δούμε αν η κλίση της ράμπας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα μας; Θέλω τώρα να μου πεις πως θα βάλουμε την επιφάνεια σε κάθε ράμπα, την κλίση της και ποιες μπάλες θα πάρουμε.

**N9:** τραχιά *(βάζει τη μια τραχιά και την άλλη λεία).*

**Εγώ:** και πως θα βάλουμε την κλίση σε κάθε ράμπα;

**N9:** ψηλά και χαμηλά *(βάζει τη μια ράμπα ψηλά και την άλλη χαμηλά).*

**Εγώ:** και ποιες μπάλες θα πάρεις;

**N9:** βαριά και ελαφριά.

**Εγώ:** εσύ έχεις πάρει μια βαριά μπάλα και μια ελαφριά, δυο διαφορετικές επιφάνειες και διαφορετική κλίση. Έτσι, δεν μπορούμε να βγάλουμε κάποιο συμπέρασμα για το αν τελικά η κλίση της ράμπας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα μας. Τι θα αλλάξουμε;

**N9:** την κλίση *(βάζει και τις δυο κλίσεις ψηλά).*

**Εγώ:** την επιφάνεια θα την αλλάξουμε;

**N9:** όχι.

**Εγώ:** τις μπάλες;

**N9:** όχι.

**Εγώ:** εμείς για να μπορέσουμε να δούμε αν η κλίση της ράμπας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα μας, πρέπει και για τις δυο ράμπες να έχουμε διαφορετική μόνο την κλίση τους και όλα τα υπόλοιπα ίδια. Άρα, η επιφάνεια και οι μπάλες πρέπει να είναι ίδια και στις δυο ράμπες. Κάνε τώρα αυτά που είπαμε.

**N9:** *(βάζει τα υλικά όπως είπαμε και κάνει το πείραμα).*

**Εγώ:** ποια μπάλα πήγε πιο μακριά;

**N9:** αυτή *(δείχνει την μπάλα που έπεσε από την ψηλή κλίση)* γιατί ήταν πιο ψηλά.

**Εγώ:** άρα, τελικά η κλίση επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N9:** ναι.

2. **Εγώ:** τώρα, θέλω να μου πεις το βάρος της μπάλας, δηλαδή αν θα είναι βαριά ή ελαφριά, θα επηρεάσει το πόσο πολύ θα κατρακυλήσει αυτή;

**N9:** ναι.

**Εγώ:** ωραία, για να κάνουμε το πείραμα μας, θέλω να μου πεις πως θα βάλουμε την κλίση της κάθε ράμπας, την επιφάνεια και ποιες μπάλες θα πάρουμε.

**N9:** *(βάζει τη μια επιφάνεια τραχιά και την άλλη λεία)*

**Εγώ:** πως θα βάλουμε την κλίση σε κάθε ράμπα;

**N9:** *(βάζει τη μια ράμπα χαμηλά και την άλλη ψηλά)*

**Εγώ:** ποιες μπάλες θα πάρουμε;

**N9:** *(παίρνει μια βαριά και μια ελαφριά μπάλα)*

**Εγώ:** εμείς θέλουμε να δούμε αν το βάρος της μπάλας το πόσο μακριά θα πάει αυτή. Τώρα όμως έχουμε και για τις δυο ράμπες διαφορετική κλίση, διαφορετικές μπάλες και διαφορετική επιφάνεια. Έτσι, δεν μπορούμε να βγάλουμε κάποιο συμπέρασμα. Τι λες να αλλάξουμε;

**N9:** ψηλά *(βάζει και τις δυο ράμπες ψηλά)*.

**Εγώ:** τις επιφάνειες;

**N9:** έτσι.

**Εγώ:** για να μπορέσουμε να ελέγξουμε αν το βάρος της μπάλας επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα, πρέπει για τις δυο ράμπες το μόνο διαφορετικό που θα έχουν να είναι οι μπάλες και όλα τα άλλα να είναι ίδια. Δηλαδή, σε κάθε ράμπα πρέπει να έχουμε ίδια επιφάνεια και ίδια κλίση. Κάνε αυτό που είπαμε.

**N9:** *(βάζει τα υλικά όπως είπαμε και κάνει το πείραμα)*.

**Εγώ:** ποια μπάλα πήγε πιο μακριά;

**N9:** αυτή *(δείχνει την ελαφριά )* γιατί είναι πιο ελαφριά.

**Εγώ:** άρα, επηρεάζει το βάρος το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N9:** ναι.

- 3. Εγώ:** θέλω να μου πεις η επιφάνεια της ράμπας, δηλαδή αν θα είναι τραχιά ή λεία, επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N9:** ναι.

**Εγώ:** ωραία, πως θα βάλουμε την κλίση, την επιφάνεια και ποιες μπάλες θα πάρουμε, για να δούμε ότι τελικά η επιφάνεια επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N9:** *( βάζει τη μια τραχιά και την άλλη λεία)*

**Εγώ:** ποιες μπάλες θα πάρεις;

**N9:** δυο βαριές.

**Εγώ:** και την κλίση πως θα τη βάλουμε;

**N9:** ψηλά και χαμηλά.

**Εγώ:** έχεις πάρει τις ίδιες μπάλες και έχεις βάλει και στις δυο ράμπες διαφορετική κλίση και διαφορετική επιφάνεια. Έτσι, όμως δεν μπορούμε να καταλάβουμε αν η επιφάνεια επηρεάζει το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα μας. Τι λες να αλλάξουμε;

**N9:** την κλίση (*βάζει και τις δυο ράμπες ψηλά και κάνει το πείραμα*).

**Εγώ:** ποια μπάλα πήγε πιο μακριά;

**N9:** αυτή, γιατί πήγε από τη λεία.

**Εγώ:** Άρα, τελικά επηρεάζει η επιφάνεια το πόσο μακριά θα πάει η μπάλα;

**N9:** ναι.

### **Γ' φάση (αξιολόγηση της μάθησης και της παρέμβασης):**

**Εγώ:** θα κάνουμε πάλι κάτι με τα αμαξάκια μας. Κίνησε τα αμαξάκια όπως είπαμε. Ποιο πήγε πιο μακριά;

**N9:** (*κινεί τα αμάξια που έχουν διαφορετικό βάρος πάνω σε ίδια επιφάνεια*) αυτό γιατί δεν έχει τούβλα.

**Εγώ:** δηλαδή, είναι πιο ελαφρύ. Τώρα θα βάλουμε τη μια επιφάνεια λεία και την άλλη τραχιά και θα βγάλουμε τους επιβάτες από το αμαξάκι. Κίνησε τα αμαξάκια. Ποιο πήγε πιο μακριά τώρα;

**N9:** (*κινεί τα αμάξια που έχουν ίδιο βάρος πάνω σε διαφορετική επιφάνεια*) αυτό, γιατί είναι λεία.