



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΣΙΑΦΑΚΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ
Α.Μ.: 411/2013161

ΤΙΤΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:
«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΗΣ ΣΤ' ΤΑΞΗΣ
ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ»

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

Σκουμιός Μιχάλης, Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Αιγαίου

ΡΟΔΟΣ, *Ιούνιος 2017*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των σπουδών μου στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Ωστόσο, δεν θα υλοποιούταν ποτέ χωρίς την πολύτιμη βοήθεια του κ. Μιχαήλ Σκουμιού, Επίκουρο Καθηγητή του Πανεπιστημίου Αιγαίου, όχι μόνο για την καθοδήγηση που μου παρείχε για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, αλλά και για την βοήθεια που παρείχε από την αρχή των σπουδών μου.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες επίσης οφείλω να εκφράσω στους εκπαιδευτικούς και τους διευθυντές των σχολικών μονάδων που με δέχτηκαν και παρείχαν εξαιρετική ανατροφοδότηση για την ποιότητα και την πρόοδο της έρευνας, όπως επίσης και στους μαθητές οι οποίοι συμμετείχαν στην έρευνα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της οικογένειάς μου για την στήριξή τους σε όλη τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΑΓΓΛΙΚΑ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1 ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	9
1.2 ΣΚΟΠΟΣ-ΣΤΟΧΟΙ-ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ	10
1.3 ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	11
1.4 ΔΟΜΗ	11
1.5 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ	
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	14
2.2 ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	14
2.3 ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΕΩΝ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	15
2.4 ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ	21
2.5 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	22
3.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	22
3.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	
3.3.1 Η επιλογή του ερωτηματολογίου	22
3.3.2 Διαδικασία σύνταξης του ερωτηματολογίου	23
3.3.4 Δομή του ερωτηματολογίου	24
3.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	28
3.5 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	30
4.2 ΚΥΡΙΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ	30
4.3 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	42

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	45
5.2 ΚΥΡΙΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥΣ	45
5.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ	56
5.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	56
5.5 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	56
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	58
ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	61
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	61

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1: κατηγοριοποίηση των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου

Πίνακας 4.1: Οι απαντήσεις των μαθητών στην 1^η ερώτηση, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Πίνακας 4.2: Οι απαντήσεις των μαθητών στην 2^η ερώτηση, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Πίνακας 4.3: Οι απαντήσεις των μαθητών στην 3^η ερώτηση, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Πίνακας 4.4: Οι απαντήσεις των μαθητών στην 4^η ερώτηση, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Πίνακας 4.5: Οι απαντήσεις των μαθητών στην 5^η ερώτηση, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Πίνακας 4.6(α): Οι απαντήσεις των μαθητών στην 6^η ερώτηση (συχνότητες επιλογής των εκάστοτε ταχυτήτων).

Πίνακας 4.6(β): Οι απαντήσεις των μαθητών στην 6^η ερώτηση (τρόπος δικαιολόγησης).

Πίνακας 4.7: Οι απαντήσεις των μαθητών στην 7^η ερώτηση, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Πίνακας 4.8: Οι απαντήσεις των μαθητών στην 8^η ερώτηση, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Πίνακας 4.9: Οι απαντήσεις των μαθητών στην 9^η ερώτηση, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Πίνακας 4.10(αι): Οι απαντήσεις των μαθητών στο α' σκέλος της 10^{ης} ερώτησης (συχνότητες επιλογής των τιμών του χρόνου).

Πίνακας 4.10(αii): Οι απαντήσεις των μαθητών στο α' σκέλος της 10^{ης} ερώτησης (δικαιολογήσεις), μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Πίνακας 4.10(β): Οι απαντήσεις των μαθητών στο β' σκέλος της 10^{ης} ερώτησης, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Πίνακας 4.11(αι): Οι απαντήσεις των μαθητών στο α' σκέλος της 11^{ης} ερώτησης (συχνότητες επιλογής των τιμών της ταχύτητας).

Πίνακας 4.11(αii): Οι απαντήσεις των μαθητών στο α' σκέλος της 11^{ης} ερώτησης (δικαιολογήσεις), μετά από ανάλυση περιεχομένου.

Πίνακας 4.11(β): Οι απαντήσεις των μαθητών στο β' σκέλος της 11^{ης} ερώτησης, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πολλές αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών έχουν ήδη εντοπιστεί, χωρίς ωστόσο αυτό να καλύπτει και την μελέτη της έννοιας της ταχύτητας, αφού η έρευνα γύρω από την έννοια της μέσης ταχύτητας είναι αρκετά περιορισμένη, με την επικέντρωση των ερευνών να γίνεται κατά κύριο λόγο να αφορά τις μεγαλύτερες βαθμίδες εκπαίδευσης (δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια). Η εργασία αυτή αποσκοπεί στην διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου γύρω από την έννοια της μέσης ταχύτητας. Για την συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο το οποίο σχεδιάστηκε ώστε να αναδειχθούν τις αντιλήψεις των μαθητών, σχετικά με: (α) τη σχέση ανάμεσα στην απόσταση, τον χρόνο και την ταχύτητα, (β) τη σχέση μεταξύ μάζας και ταχύτητας, (γ) την έννοια της ταχύτητας, (δ) τη σχέση μέσης και στιγμιαίας ταχύτητας και, (ε) την διαδικασία υπολογισμού της ταχύτητας, της απόστασης και του χρόνου. Το ερωτηματολόγιο δόθηκε σε 120 μαθητές της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου στην πόλη της Ρόδου, ενώ από την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών επιτράπηκε ο εντοπισμός και η καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών. Από την ανάλυση, διαπιστώθηκαν σημαντικές αποκλίσεις στις αντιλήψεις των μαθητών από την επιστημονική γνώση.

ABSTRACT

Many of the student's misconceptions regarding concepts and phenomena that Natural Sciences study, have been already traced, without this being the case regarding the concept of speed, since the research about misconceptions on speed usually studies students of the secondary and higher education. This paper studies misconceptions regarding the concept of speed that students attending on the sixth grade of Greek primary school present. For the collection of the data, a questionnaire was used, which was developed, so as to bring out the students' misconception about: (a) the relation between distance, time and speed, (b) the relation between mass and speed, (c) the definition of speed, (d) the relation between instant speed and average speed and, (e) the processes used to calculate speed, distance and time. The questionnaire was issued to 120 students, who attended the sixth grade of primary school in the city of Rhodes, and through the analysis of their answers, it was made possible to trace and record their misconceptions. After the analysis, significant differences between the answers of the students and the scientific knowledge were uncovered.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1: ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Εντασσόμενη στο χώρο μελέτης των αντιλήψεων των μαθητών, καθώς αυτός συγκεντρώνει όλο και περισσότερο το ενδιαφέρον των ερευνητών της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Driver & Oldham, 1986), η παρούσα μελέτη επιχειρεί να ιχνηλατήσει τις αντιλήψεις των παιδιών γύρω από την έννοια της ταχύτητας.

Η αναγκαιότητα τέτοιων ερευνών προκύπτει από 3 βασικές παραδοχές, οι οποίες σε μεγάλο βαθμό βασίζονται στις θέσεις του εποικοδομητισμού για τη μάθηση:

- Η γνώση εν λαμβάνεται παθητικά, αλλά οικοδομείται ενεργητικά από το μαθητή (Driver 1983; Osborne & Freyberg 1985; Scott 1987),
- Οι μαθητές πριν ξεκινήσουν την εκπαίδευσή τους έχουν ήδη διαμορφώσει τις δικές του αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (Driver et al. 1993; Driver et al. 1998), οι οποίες συχνά διαφέρουν από τις επιστημονικές αντιλήψεις (Driver et al., 1994; Kang, Scharmann & Noh, 2004) και τέλος,
- Η γνώση των αντιλήψεων των μαθητών επιτρέπει την οργάνωση μιας πιο αποτελεσματικής διδασκαλίας (Driver & Oldham, 1986). Έρευνες έχουν αποδείξει πως, αγνόηση των αντιλήψεων αυτών οδηγούν σε αποτυχία της διδασκαλίας, αποτυγχάνοντας να προκαλέσουν τις επιθυμητές αλλαγές προς τα επιστημονικά μοντέλα σκέψης και γνώσης (Duit, 1993; von Glaserfeld, 1993).

Μελετώντας ειδικότερα τις αντιλήψεις των μαθητών γύρω από έννοιες και φαινόμενα των φυσικών επιστημών, αναδύονται από τις έρευνες ποικίλων ερευνητών κάποια γενικά συμπεράσματα. Συγκεκριμένα, όπως διατυπώθηκε πρωτύτερα, οι μαθητές εισέρχονται στην τάξη με ήδη διαμορφωμένες αντιλήψεις για τις έννοιες και τα φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (Driver et al., 1994), ενώ αυτές οι αντιλήψεις αποκλίνουν από τα μοντέλα της επιστημονικής γνώσης. Ένα ακόμα σημαντικό εύρημα είναι το γεγονός πως οι αντιλήψεις εμφανίζουν αντοχές και αντιστέκονται στις προσπάθειες αλλαγής τους, καθώς πολλές φορές ακολουθούν τους μαθητές μέχρι και την ενηλικίωσή τους (Chi et al., 1994; Chi et al., 2012; Graham, Berry & Rowlands, 2011; Wilkening, 1981; Viennot, 1979). Επίσης, ορισμένες από αυτές τις αντιλήψεις εμφανίζονται αρκετά διαδεδομένες μεταξύ των μαθητών, ενώ πολλές φορές οι

αντιλήψεις αυτές συνυπάρχουν παράλληλα με την επίσημη επιστημονική γνώση την οποία διδάσκει ο εκπαιδευτικός (Driver et al., 1994).

Η επιλογή της μελέτης των αντιλήψεων γύρω από την έννοια της ταχύτητας και του κλάδου της κινηματικής γενικότερα αποτελεί μία αναγκαιότητα: οι κινήσεις και η κινηματική μελετώνται με βάση το ισχύον ΔΕΠΠΣ (2003) τόσο στην πρωτοβάθμια, όσο και στην δευτεροβάθμια, ενώ μελέτες έχουν αποδείξει πως η κινηματική αποτελεί βασικό τομέα των φυσικών επιστημών, του οποίου η μελέτη πρέπει να προηγηθεί έναντι άλλων τομέων, κατά την ενασχόληση ενός μαθητή με τις Φυσικές Επιστήμες, καθότι νόμοι και έννοιες που μελετώνται από την κινηματική αποτελούν θεμέλιους λίθους άλλων τομέων των Φυσικών Επιστημών (Carson, 2005), ενώ ο συγκεκριμένος κλάδος αναγνωρίζεται ως πρόσφορος όχι μόνο για την μελέτη άλλων τομέων των Φυσικών Επιστημών, αλλά και για την ανάπτυξη διεπιστημονικών διδασκαλιών (NRC, 2012). Τέλος, η έννοια της ταχύτητας είναι άμεσα συσχετισμένη με την καθημερινότητα των παιδιών, πράγμα που σημαίνει ότι οι μαθητές έχουν ήδη μια σχετική οικειότητα με τις υπό μελέτη έννοιες, και κατ' επέκτασιν, η καλλιέργεια και μελέτη της έννοιας της ταχύτητας μπορεί να αποτελέσει μία ασφαλή πλατφόρμα ανάπτυξης τόσο για τις απαραίτητες στάσεις που απαιτείται από τους μαθητές να κατέχουν, όσο και για πληθώρα επιστημονικών πρακτικών, οι οποίες βρίσκουν πρακτική εφαρμογή στην καθημερινότητα των παιδιών.

Γίνεται, λοιπόν, κατανοητή η ανάγκη για την μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών γύρω από την έννοια της μέσης ταχύτητας, καθώς μέσω ακριβώς αυτών των ερευνών γίνεται κατανοητή η σκέψη των μαθητών, το γνωστικό κεφάλαιο με το οποίο εισέρχονται στην τάξη, αλλά και ο τρόπος σκέψης που χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο από τους μαθητές, επιτρέποντας τον στοχευμένο σχεδιασμό δράσεων που θα επιδρούν ακριβώς στους τομείς στους οποίους η σκέψη των μαθητών χρειάζεται την απαραίτητη φροντίδα, ώστε να εναρμονιστεί με τα τρέχοντα επιστημονικά μοντέλα.

1.2 ΣΚΟΠΟΣ-ΣΤΟΧΟΙ-ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Έχοντας ορίσει το πλαίσιο μέσα στα οποίο κινείται η παρούσα εργασία, γίνεται κατανοητό πως σκοπός της είναι η διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου, αναφορικά με την έννοια της ταχύτητας.

Κατ' επέκτασιν, αναδύονται τα εξής ερευνητικά ερωτήματα, ώστε να επιτευχθεί ο συγκεκριμένος σκοπός:

- Ποιες είναι οι αντιλήψεις των μαθητών της Στ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου για:
 - Τη σχέση ανάμεσα στην ταχύτητα και τη μάζα;
 - Τη σχέση ανάμεσα στην απόσταση, τον χρόνο και την ταχύτητα;
 - Την έννοια της ταχύτητας;
 - Τη σχέση μέσης και στιγμιαίας ταχύτητας;
 - Τη διαδικασία υπολογισμού της ταχύτητας, της απόστασης και του χρόνου;

1.3 ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Είναι σημαντικό να γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο οι μαθητές αντιλαμβάνονται τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, έτσι ώστε να γίνει εφικτή η εφαρμογή επικοδομητικών διδασκαλιών. Με την παρούσα εργασία επιχειρείται η ανάδειξη αντιλήψεων για έναν τομέα των Φυσικών Επιστημών που θεωρείται κεντρικής σημασίας, αλλά ωστόσο δεν έχει μελετηθεί επαρκώς (Matsuda, 2001). Συγκεκριμένα, η παρούσα εργασία συμβάλει στην:

- (α) Αποσαφήνιση του τρόπου που οι μαθητές αντιλαμβάνονται την έννοια της ταχύτητας, και μαζί με αυτήν, και τις έννοιες της απόστασης και του χρόνου, παράγοντες που επηρεάζουν την έκβαση ενός πειράματος που μελετά κάποια από τις τρεις αυτές έννοιες, αλλά και τις στρατηγικές που χρησιμοποιούν για να υπολογίσουν κάποια από αυτές τις έννοιες,
- (β) Στην σχεδίαση διδακτικών ενεργειών, οι οποίες στοχευμένα θα μπορούν να αντιμετωπίσουν τις αντιλήψεις και τα ζητήματα τα οποία αναδείχθηκαν μέσα από την έρευνα.

1.4 ΔΟΜΗ

Η εργασία αυτή δομείται γύρω από 5 κεφάλαια:

- Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται η οριοθέτηση του προβλήματος της παρούσας εργασίας, ο σκοπός της και η δομή που ακολουθήθηκε.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο της παρούσας εργασίας, όπως και συμπεράσματα ερευνών που μελέτησαν τις αντιλήψεις των μαθητών, τόσο αναφορικά με τα γενικότερα χαρακτηριστικά των αντιλήψεων, όσο και ειδικότερα τις αντιλήψεις γύρω από την έννοια της ταχύτητας.

- Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογία της έρευνας, και ειδικότερα η διαδικασία κατασκευής του ερευνητικού εργαλείου, το δείγμα που συμμετείχε και η μέθοδος ανάλυσης.
- Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας.
- Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η εξαγωγή των συμπερασμάτων της εργασίας και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Στο τέλος της εργασίας παρατίθεται η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε.

1.5 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό έγινε η οριοθέτηση του προβλήματος της εργασίας, διατυπώθηκε ο γενικός σκοπός της εργασίας και τα ερωτήματα τα οποία θα διερευνηθούν, αλλά και η σημασία της παρούσας εργασίας. Τέλος, παρουσιάστηκε η δομή της εργασίας.

2° ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παρόν κεφάλαιο αποτελείται από δύο ενότητες, όπου στην με πρώτη παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ερευνών γύρω από τις αντιλήψεις των μαθητών και τα γενικά και ειδικά χαρακτηριστικά του φαινομένου των αντιλήψεων. Στη δεύτερη ενότητα θα παρουσιαστούν οι κυριότερες αντιλήψεις των μαθητών για την ταχύτητα οι οποίες προκύπτουν από την μελέτη της βιβλιογραφίας.

2.2.: ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Οι πρώτες έρευνες γύρω από τις αντιλήψεις των μαθητών τοποθετούνται χρονικά στη δεκαετία του 1970 (Driver et al., 1993; Pfundt & Duit, 1994), αν και στην περίπτωση της μελέτης της έννοιας της ταχύτητας, οι πρώτες μελέτες αποδίδονται στον Piaget (1946) το 1946, στις πρώτες του μελέτες για τον τρόπο σκέψης των παιδιών. Έκτοτε, το ζήτημα των αντιλήψεων των μαθητών έχει μελετηθεί διεξοδικά από πληθώρα ερευνητών, οι οποίοι μελέτησαν αρκετές διαφορετικές πτυχές του φαινομένου αυτού. Ωστόσο, οι περισσότεροι εξ' αυτών συνέκλιναν προς συγκεκριμένα συμπεράσματα αναφορικά με τις αντιλήψεις των μαθητών. Φερ' ειπείν, κοινή παραδοχή αποτελεί πως, οι μαθητές, ήδη πριν ξεκινήσουν την σχολική τους ζωή, έχουν διαμορφώσει αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (Driver et al., 1994), ενώ συχνά παρατηρείτε πως οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών διαφέρουν από τις απόψεις της επιστημονικής γνώσης, όπως τεκμηριώνεται από ερευνητικά δεδομένα (Driver et al., 1994; Kang, Scharmann & Noh, 2004). Ενδιαφέρον επίσης εμφανίζει το γεγονός πως οι αρχικές αντιλήψεις εμφανίζουν σημαντικές «αντιστάσεις» στις προσπάθειες τροποποίησής τους, με αποτέλεσμα πολλές από αυτές να τους ακολουθούν μέχρι την ενηλικίωσή τους (Chi, Kristensen & Roscoe, 2012; Hartel, 1982; Viennot, 1979), ενώ άλλες φορές παρατηρείται το εξής φαινόμενο: οι μαθητές διατηρούν ταυτόχρονα τόσο το μοντέλο-εξήγηση του δασκάλου που προέρχεται από την διδασκαλία και την

επίσημη σχολική γνώση, όσο και τις δικές τους προϋπάρχουσες γνώσεις, εμφανίζοντας ανάλογα το πλαίσιο και την εκάστοτε ανάγνωση του φαινομένου (Driver et al., 1994). Επίσης, μη αμελητέο εύρημα αποτελεί και το γεγονός πως ορισμένες από τις αντιλήψεις αυτές είναι αρκετά διαδεδομένες μεταξύ των μαθητών (Driver et al., 1994), αλλά και το γεγονός πως τα διάφορα πολιτισμικά στοιχεία (π.χ. η γλώσσα) και το πολιτιστικό πλαίσιο μέσα στο οποίο ζει ο εκάστοτε μαθητής, διαδραματίζουν ένα εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση των αντιλήψεων γύρω από έννοιες και φαινόμενα των φυσικών επιστημών (Joung, 2009).

Μελετώντας ειδικότερα τα χαρακτηριστικά των αντιλήψεων αυτών, αναδύονται κάποια γνωρίσματα που είναι κοινά για τις αντιλήψεις, σύμφωνα με τα σχετικά ερευνητικά δεδομένα (Driver et al., 1985):

- Οι μαθητές βασίζονται σε πολύ μεγάλο βαθμό στα αντιληπτικά δεδομένα τα οποία προσλαμβάνουν από τις αισθήσεις τους, έτσι ώστε να αντιμετωπίσουν σε πρώτη φάση ένα πρόβλημα που τους δίνεται.
- Υπάρχει μία σαφής τάση οι μαθητές να εστιάζουν συγκεκριμένα σε μία μονάχα πτυχή ενός ζητήματος, αγνοώντας παντελώς άλλες πτυχές του φαινομένου ή του ζητήματος, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται αντιλήψεις.
- Συχνά, διαφορετικές αντιλήψεις επιστρατεύονται, ώστε να ερμηνευτούν καταστάσεις, οι οποίες ωστόσο καταστάσεις και φαινόμενα θεωρούνται ισοδύναμα από την επίσημη επιστημονική γνώση
- Οι μαθητές συνηθίζουν να χρησιμοποιούν επιστημονικές έννοιες αδιακρίτως, οι οποίες ωστόσο έννοιες έχουν διαφορετικό νόημα και περιεχόμενο για την επιστημονική γνώση
- Οι μαθητές, εξαιτίας της εφαρμογής μιας τοπικής και όχι ολικής θεώρησης των εξεταζόμενων συστημάτων, τείνουν να περιγράφουν και να ερμηνεύουν τις αλλαγές των συστημάτων με τη βοήθεια γραμμικών, χρονικών ή και τοπικών, αιτιακών αλυσίδων κάθε τμήμα των οποίων αναφέρεται σε ένα απλό φαινόμενο.

Συνεπώς, γίνεται κατανοητό πως οι αντιλήψεις των μαθητών δεν είναι άτακτα ερμηνευτικά σχήματα, τα οποία δεν έχουν κοινές συνιστώσες μεταξύ τους – τουναντίον, εμφανίζουν αρκετές συγκλίσεις μεταξύ τους, ακόμα κι αν αφορούν διαφορετικές έννοιες ή φαινόμενα των φυσικών επιστημών. Βέβαια, ακριβώς επειδή διαφορετικές έννοιες και φαινόμενα απαιτούν διαφορετικά ερμηνευτικά σχήματα από

τους μαθητές, γεννιάται η ανάγκη να μελετηθούν πιο διεξοδικά οι αντιλήψεις ανάλογα με το φαινόμενο ή την έννοια κάθε φορά, με αποτέλεσμα να γεννιέται πληθώρα ερευνητικών ζητημάτων και ερωτημάτων προς απάντηση και επίλυση.

2.3 ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΕΩΝ ΤΩΝ ΜΑΗΤΩΝ ΓΥΩ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Ο Χατζηγεωργίου (1998) ανιχνεύει ως μία από τις κυρίαρχες πηγές δημιουργίας αντιλήψεων γύρω από την έννοια της ταχύτητας τις ίδιες τις πράξεις του μικρού παιδιού: για να κινηθεί ένα σώμα πρέπει το παιδί να του ασκήσει μια κάποια δύναμη σε κάποια από τις πλευρές του σώματος, και κατ' επέκτασιν, η έννοια της ταχύτητας ήδη από πολύ νεαρή ηλικία (συγκεκριμένα, ήδη από την προσχολική ηλικία), ενώ η συγκεκριμένη ανάγνωση έχει περαιτέρω επεκτάσεις και σε άλλες περιπτώσεις κίνησης ενός σώματος, καθ' ότι τα παιδιά εμφάνιζαν τα ίδια ερμηνευτικά σχήματα και στην περίπτωση επίτευξης της ισορροπίας, αλλά και κατά την περίπτωση της κίνησης του υπό μελέτη σώματος μονάχου του, πάνω σε ένα άλλο σώμα, ή και μαζί με ένα άλλο σώμα.

Ωστόσο, υπάρχει μία σαφής σύνδεση μεταξύ της ηλικίας των μαθητών και των νοητικών μοντέλων που χρησιμοποιούν στις προβλέψεις τους για την κίνηση ενός σώματος, καθώς οι μαθητές, καθώς μεγαλώνουν και εκτίθενται σε νέες προσλαμβάνουσες και ερεθίσματα, παρατηρήθηκε πως, όταν ερωτήθηκαν εάν μια ελαφριά ή μια βαριά μπάλα θα κυλήσει ταχύτερα σε ένα οριζόντιο δάπεδο, απαντούσαν σε μεγαλύτερη συχνότητα πως η ελαφριά μπάλα θα κυλήσει μακρύτερα από την αντίστοιχη βαριά, σε σχέση με τους μικρότερους σε ηλικία μαθητές (Hast, 2014). Ωστόσο, σε αντίστοιχες έρευνες παρατηρήθηκε μια πολύ στενή συσχέτιση της ταχύτητας που θα αποκτήσει το σώμα, με την στρογγυλότητα και την ομαλότητα του (Hast & Howe, 2012). Στην περίπτωση μάλιστα της κατακόρυφης κίνησης, η αύξηση της μάζας ταυτόχρονα σημαίνει και την αύξηση της ταχύτητας με την οποία το σώμα θα φτάσει στο πάτωμα στις μεγαλύτερες ηλικίες, ενώ οι μικρότεροι μαθητές συχνά παρατηρήθηκε πως συσχετίζουν την μεγαλύτερη τελική ταχύτητα με τον μεγαλύτερο όγκο (Hast & Howe, 2012).

Την εξελικτική πορεία της σκέψης των παιδιών αναφορικά με την έννοια της ταχύτητας μελέτησε και ο Piaget στις σχετικές του έρευνες (1970). Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον Piaget, ο οποίος υποστήριξε πως, για να υπερκεραστεί η σύγχυση των εννοιών της ταχύτητας, της απόστασης και του χρόνου, πρέπει πρώτα το παιδί να φτάσει στο στάδιο

της συγκεκριμένης λογικής σκέψης (concrete operations). Στα πειράματά του, ο Piaget χρησιμοποίησε πειραματικές διατάξεις, στις οποίες τα παιδιά παρατηρούσαν τα σημεία εκκίνησης και σημεία τερματισμού του εκάστοτε κινούμενου σώματος. Παρατηρώντας τις απαντήσεις των παιδιών, ο Piaget ανέλυσε την κατανόηση της σκέψης των μαθητών σε 3 διακριτά επίπεδα. Το πρώτο και το δεύτερο επίπεδο χαρακτηρίζονται από την έλλειψη σχετικότητας της ταχύτητας: η χωρική αλληλουχία της διαδρομής δεν έχει διαχωριστεί ακόμη από τον χρόνο, με αποτέλεσμα να λείπει παντελώς η έννοια της σχετικότητας της ταχύτητας. Οι έννοιες, δηλαδή, του χρόνου και της ταχύτητας εξαρτώνται απολύτως από το διάστημα το οποίο έχει διανύσει το σώμα (Siegler & Richards, 1979). Παρ' όλα αυτά, στο 2^ο στάδιο ανάπτυξης της έννοιας της ταχύτητας, οι μαθητές αρχίζουν να συνυπολογίζουν κι άλλες παραμέτρους, όσο το σώμα το οποίο κινείται είναι μονάχα ένα: όταν από τους μαθητές το πείραμα απαιτούσε να απαντήσουν στην περίπτωση που το σώμα που κινούταν ήταν μονάχα ένα, τότε οι απαντήσεις ήταν σωστές, ακολουθώντας ένα σχεδόν διαισθητικό τρόπο σκέψης, ο οποίος ωστόσο συνυπολόγιζε κι άλλες παραμέτρους, όπως το σημείο εκκίνησης και το σημείο τερματισμού. Ωστόσο, όταν το ίδιο πείραμα επαναλήφθηκε και πλέον απαιτούσε την ταυτόχρονη παρατήρηση δύο σωμάτων (σώμα-στόχος και παρατηρητής κινούνται ταυτόχρονα, είτε προς την ίδια, είτε προς αντίθετες κατευθύνσεις), οι μαθητές απέτυχαν να κατανοήσουν πως απαιτείται είτε η πρόσθεση είτε η αφαίρεση των ταχυτήτων για να γίνει δοθεί η σωστή απάντηση. Ιδίως όταν τα προβλήματα απαιτούν αντί για τον υπολογισμό του χρόνου τον υπολογισμό της ταχύτητας, οι μαθητές που βρίσκονται στο στάδιο 2 αδυνατούν να ανταποκριθούν, καταφεύγοντας στις δικαιολογήσεις τους κατά κύριο λόγο στο διάστημα που διανύει το σώμα. Αν και το στάδιο/επίπεδο σκέψης 3 επέρχεται κατά κύριο λόγο σε ηλικίες 8 έως 10 ετών, από μόνο του δεν σημαίνει πως έχουν ξεπεραστεί πλήρως οι δυσκολίες που επιφέρει το προηγούμενο επίπεδο σκέψης, αλλά παρ' όλα αυτά, πλέον οι μαθητές καθίστανται ικανοί να εκτελέσουν τους σχετικούς υπολογισμούς και να προβλέψουν την εξέλιξη του πειράματος με αρκετά μεγαλύτερη επιτυχία και ακρίβεια σε σχέση με το προηγούμενο στάδιο.

Κινούμενοι στα ίδια πλαίσια και με τους ίδιους προβληματισμούς, οι Siegler και Richards μελέτησαν τις απαντήσεις των παιδιών αναφορικά με την ταχύτητα, τον χρόνο και το διάστημα που το σώμα διένυσε. Όντας προβληματισμένοι από το γεγονός ότι στα πειράματα του Piaget κάθε φορά το αντικείμενο μελέτης ήταν μονάχα μία έννοια, πρακτικά αποκομμένη από τις άλλες δύο -πράγμα που σύμφωνα με τον

Wilkening (1981) αποσιωπά τον τρόπο σκέψης των παιδιών και αποκρύπτει τα αλγεβρικά εργαλεία που χρησιμοποιούν- επανασχεδίασαν την πειραματική διαδικασία, ώστε να ανταποκρίνεται ακριβώς στους προβληματισμούς αυτούς και μελέτησαν συνολικά την κατανόηση των απαντήσεων των μαθητών. Για τις ανάγκες του πειράματος, συγκρίθηκαν δύο κινούμενα τρένα, τα οποία κινούνταν με διαφορετική ταχύτητα. Οι απαντήσεις των μαθητών κατηγοριοποιήθηκαν σε 3 μοντέλα: στο πρώτο, οι απαντήσεις είχαν ως μοναδικό κριτήριο το σημείο στο οποίο το τραίνο στόχος σταματά, στο δεύτερο μοντέλο οι απαντήσεις συνυπολόγιζαν και το σημείο εκκίνησης του τραίνου, στο τρίτο μοντέλο εντάσσονται όλες οι επιστημονικά ορθές απαντήσεις. Οι μαθητές ηλικίας 5 ετών κατά κύριο λόγο έδωσαν απαντήσεις που ευθυγραμμίζονταν με τα μοντέλα 1 & 2, τόσο κατά την μελέτη του διαστήματος, όσο και κατά τη μελέτη της ταχύτητας, αλλά και του χρόνου, ενώ οι αντίστοιχοι μαθητές ηλικίας 8 ετών χρησιμοποίησαν είτε το μοντέλο 1 είτε το μοντέλο 3, ενώ για την εύρεση του χρόνου χρησιμοποίησαν μοντέλα τα οποία ήταν μη κατηγοριοποιήσιμα. Οι 11-χρονοι μαθητές χρησιμοποιούσαν κατά κύριο λόγο το μοντέλο 3 για την εύρεση της ταχύτητας και της απόστασης, αλλά για την εύρεση του χρόνου είτε χρησιμοποιούσαν τον κανόνα της απόστασης (μεγαλύτερη απόσταση σημαίνει μεγαλύτερο χρόνο κίνησης), είτε χρησιμοποίησαν μη κατηγοριοποιήσιμα μοντέλα. Κατ' επέκτασιν, σύμφωνα με τους ερευνητές οι έννοιες της ταχύτητας και της απόστασης αναπτύσσονται πριν από την αντίστοιχη του χρόνου.

Αφορμώμενος από τους ίδιους προβληματισμούς, ο Wilkening (1981) στην έρευνά του μελέτησε το ίδιο ακριβώς ερευνητικό ζήτημα, ακολουθώντας τις ίδιες βασικές πειραματικές αρχές. Τα δεδομένα του Wilkening ήταν αποκαλυπτικά, καθότι αποδείχτηκε πως τα παιδιά, ήδη από την ηλικία των 5 ετών είναι ικανά να διαχωρίζουν τις τιμές της μίας διάστασης σε σχέση με τα δεδομένα για τις άλλες δύο έννοιες που είναι αναγκαίες για τον ορισμό της ταχύτητας, ενώ ήταν εντυπωσιακή η γνώση του δείγματος αυτού αναφορικά με τον τρόπο που εμπλέκονται όλες μαζί αυτές οι διαστάσεις, δεδομένου ότι κατανοούν ότι η ταχύτητα, η απόσταση και ο χρόνος είναι διαφορετικές έννοιες, έστω και αν η κατανόηση αυτή είναι ελλιπής. Εξίσου εντυπωσιακό ήταν το γεγονός ότι όλες οι ομάδες χρησιμοποίησαν με επάρκεια πολλαπλασιασμό για να υπολογίσουν την απόσταση, αλλά η ομάδα των μαθητών ηλικίας 5 ετών χρησιμοποίησε μία τεχνική αφαίρεσης για να υπολογίσει τον απαιτούμενο χρόνο κίνησης ενός σώματος, ενώ για τον υπολογισμό της ταχύτητας με ακρίβεια εμφανίστηκε μία ποικιλότητα μεταξύ του δείγματος: ήταν το μοναδικό

σενάριο στο οποίο οι μικρότεροι μαθητές δεν συσχέτισαν τις μεταβλητές μεταξύ τους, αλλά αντ' αυτού θεώρησαν ταύτιση την απόσταση με την ταχύτητα, ενώ οι μεγαλύτερες ηλικίες (10 και 20 ετών) χρησιμοποίησαν κανονικά την εξίσωση της ταχύτητας και διαίρεσαν για να βρουν την τιμή. Στο γιατί οι μικρότεροι μαθητές να μην ενέπλεξαν σωστά απόσταση και ταχύτητα, αλλά όχι τον χρόνο έγκειται, σύμφωνα με τον Wilkening, στο γεγονός ότι ο χρόνος δεν είναι οπτικά αντιληπτός, και στο γεγονός αυτό σε συνδυασμό με ζητήματα μικρής μνήμης που εμφανίζουν τα παιδιά στην ηλικία αυτή. Το ίδιο ζήτημα έχει επεκτάσεις και σε μεγαλύτερες ηλικίες: οι Siegler και Richards να μην βρήκαν πως οι μαθητές στην ηλικία των 11 συνέκριναν πιο εύκολα απαντούσαν σωστά για τις ταχύτητες των τραίνων σε σχέση με τον χρόνο κίνησης, αλλά αυτό ίσως αποδίδεται στο γεγονός ότι οι μαθητές όφειλαν να θυμούνται τις χρονικές στιγμές εκκίνησης, την ώρα που οι πληροφορίες για την ταχύτητα ήταν πιο πρόσφατες, και κατ' επέκτασιν πιο εύκολα προσβάσιμες από τους μαθητές. Συνεπώς, σύμφωνα με τα ευρήματα του Wilkening, είναι μάλλον αδύνατον να βρεθεί μία καθολικά αποδεκτή απάντηση που θα μπορεί να απαντήσει με σαφήνεια αναφορικά με την σειρά με την οποία γίνονται αντιληπτές οι έννοιες από τους μαθητές.

Μελετώντας και αυτός τον τρόπο σκέψης και τις αντιλήψεις των μαθητών γύρω από την έννοια της μέσης ταχύτητας, ο Thompson (1994) εργάστηκε με μία 10-χρονη μαθήτρια, αναλύοντας διεξοδικά τις απαντήσεις της. Το πείραμα, σε αντίθεση με τις προηγούμενες έρευνες που αναλύθηκαν, δεν ήταν μία φυσική διάταξη, αλλά ένα πρόγραμμα προσομοίωσης σε υπολογιστικό περιβάλλον. Για να αναδείξει ακριβώς τον τρόπο σκέψης της μαθήτριας, ο Thompson προσπάθησε να κατανοήσει τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόταν η μαθήτρια το κλάσμα της ταχύτητας ($v = d/t$), εάν δηλαδή αντιλαμβανόταν την ταχύτητα ως σταθερό λόγο ακεραίων κομματιών απόστασης προς ακεραία κομμάτια χρόνου, ή αν αντιλαμβανόταν την ταχύτητα ως αναλογία μεταξύ των δύο εννοιών. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει, η μαθήτρια αδυνατούσε να ορίσει την ταχύτητα, έτσι ώστε να διανυθεί δεδομένη απόσταση σε δεδομένο χρόνο, λόγω της επικέντρωσής της στην μέτρηση της απόστασης: ο χρόνος υπολογιζόταν ως αθροίσματα «κομματιών» μήκους, τα οποία χωρούσαν n -φορές στο διανυόμενο διάστημα. Με άλλα λόγια, ο χρόνος έχανε την ροή του ως έννοια και γινόταν δέσμιος του πόσες φορές χωρούσε η αριθμητική τιμή της ταχύτητας στην αριθμητική τιμή της απόστασης. Σημαντικό επίσης θεωρείται και το γεγονός ότι, στην αρχή της πειραματικής διαδικασίας η μαθήτρια θεωρούσε πως η ταχύτητα ήταν το διάστημα που διένυε το σώμα, ενώ ο χρόνος ήταν ένας λόγος, και όχι μία διάσταση στο πείραμα.

Όπως γίνεται κατανοητό, η σύνδεση αυτή ακριβώς δύο εννοιών, οι οποίες φαινομενικά δεν έχουν σχέση, αποτελούν μία πραγματική πρόκληση για τους μαθητές του Δημοτικού. Σύμφωνα με τον Gravemeijer και τους συνεργάτες του (Gravemeijer et al., 2007), ακριβώς αυτή η σύνδεση είναι εκείνη η οποία γεννά και τις περισσότερες δυσκολίες στη σκέψη των μαθητών. Η «συνθετικότητα» της ταχύτητας σύμφωνα με τους ίδιους προξενεί δυσκολίες στην κατανόηση της έννοιας από τους μαθητές, ενισχύοντας τις θέσεις που υποστήριξε ο Thompson (1992) περί αδυναμίας εύρεσης ταχύτητας για δεδομένη απόσταση και χρόνο. Καυτηριάζεται, μάλιστα, ο τρόπος με τον οποίο τα βιβλία χρησιμοποιούν την έννοια της μέσης ταχύτητας, καθώς αυτός ευνοεί την ανάπτυξη λανθασμένων αντιλήψεων και την σύγχυση μέσης και στιγμιαίας ταχύτητας.

Οι αντιλήψεις αυτές, παρά ταύτα, συχνά επιμένουν, προξενώντας δυσκολίες ακόμα και σε μαθητές Λυκείου (Yildiz, 2016). Η εισαγωγή της έννοιας της διανυσματικής ταχύτητας γεννά έναν καινούργιο κύκλο αντιλήψεων, οι οποίες σε μεγάλο βαθμό οφείλονται στην γλωσσική χρήση. Η χρήση μίας λέξης για την περιγραφή της ταχύτητας, σε αντίθεση παραδείγματος χάρη με τα αγγλικά, που η διανυσματική ταχύτητα περιγράφεται με τον όρο “velocity” και η μέση ταχύτητα με τον όρο “speed”. Αντίστοιχους ερευνητικούς προβληματισμούς μελέτησε και ο Chiu (2008) για την περίπτωση της Ταϊβάν: εκεί, ο κυρίαρχος όρος για την περιγραφή της έννοιας της ταχύτητας αντιστοιχεί στην έννοια της διανυσματικής ταχύτητας, με αποτέλεσμα η αναντιστοιχία μεταξύ καθημερινής γλώσσας και επιστημονικής ορολογίας να δημιουργεί ζητήματα κατανόησης στους μαθητές.

Την ισχυρή επιρροή της γλώσσας στην κατανόηση της έννοιας της ταχύτητας αποδεικνύει και η έρευνα των Métioui και MacWillie (2013), καθώς εμφανίστηκαν σημαντικές συγκλίσεις στις απαντήσεις γαλλόφωνων μαθητών από 3 διαφορετικές χώρες (Γαλλία, Καναδάς, Μαρόκο), όπου και στα τρία δείγματα οι μαθητές έδειξαν μη ικανοποιητική κατανόηση των εννοιών, συνδέοντας το ποιο αυτοκίνητο θα τερματίσει πρώτο κατά κύριο λόγο με το διάστημα που απαιτείται να διανύσει και με τα χαρακτηριστικά του σώματος που κινείται. Προξένησε, μάλιστα, εντύπωση στους ερευνητές ότι, παρά την ύπαρξη σημαντικών κοινωνικοπολιτισμικών παραγόντων που de facto επηρεάζουν τα νοητικά σχήματα των μαθητών (όπως η τηλεόραση), οι ερμηνείες που έδωσαν οι μαθητές είναι παρόμοιες με αυτές που δόθηκαν στα αντίστοιχα πειράματα που διεξήγαγε ο Piaget.

Συνεπώς, παρ' όλες τις αποκλίσεις και τα προβλήματα που ίσως παρουσιάζουν οι ερευνητικές μέθοδοι που οι εκάστοτε ομάδες επιλέγουν να ακολουθήσουν, αποτελεί κοινή παραδοχή πως η έννοια της ταχύτητας, ακριβώς επειδή ενυπάρχει τόσο έντονα στην καθημερινότητα των παιδιών και επειδή εμπεριέχει μία διάσταση η οποία δεν είναι παρατηρήσιμη, αυτή του χρόνου, η έννοια της ταχύτητας καταλήγει να αποτελεί μία από τις πλέον δυσνόητες. Μελετώντας το ποια έννοια αναπτύσσεται πλήρως πρώτη και πότε ξεκινάει η ανάπτυξη της εκάστοτε έννοιας κάθε φορά, ποια είναι η μεθοδολογική σκέψη των μαθητών πίσω από τις απαντήσεις τους και αναλύοντάς τες αναφορικά με το μοντέλο που χρησιμοποιούν, αλλά και κατανοώντας τον τρόπο με τον οποίο η καθημερινότητα επιδρά στις αντιλήψεις των παιδιών γίνονται κατανοητοί οι τρόποι με τους οποίους οι μαθητές σκέφτονται, και κατ' επέκτασιν μπορεί να βελτιωθεί η σχεδίαση της διδακτικής πορείας, με σκοπό βεβαίως το μέγιστο δυνατό όφελος των μαθητών.

2.4 ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

Οι έρευνες γύρω από την έννοια της ταχύτητας είναι περιορισμένες: οι περισσότερες βασίζονται πάνω στα ευρήματα του Piaget (1970) και του Wilkening (1981), τα οποία ωστόσο κι αυτά έχουν τους δικούς τους περιορισμούς, ενώ πρέπει να συνυπολογιστεί ότι διεξήχθησαν κάτω από εντελώς διαφορετικές συνθήκες, περισσότερο από 30 χρόνια πίσω. Δεν έχουν διερευνηθεί λοιπόν συστηματικά οι αντιλήψεις των μαθητών για τη σχέση της απόστασης, του χρόνου και της ταχύτητας. Επιπλέον, απουσιάζουν εργασίες που να διερευνούν τις αντιλήψεις των μαθητών του δημοτικού για τη σχέση μέσης και στιγμιαίας ταχύτητας, καθώς επίσης και για τον υπολογισμό της ταχύτητας, της απόστασης ή του χρόνου

2.5 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν τόσο τα συμπεράσματα, τα οποία αφορούν την μελέτη και τα γενικά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των μαθητών, όσο και τα ερευνητικά ευρήματα μιας σειράς από έρευνες που είχαν ως αντικείμενο μελέτης τις αντιλήψεις γύρω από την έννοια των φυσικών επιστημών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η μεθοδολογία που προτιμήθηκε για την πραγματοποίηση της παρούσας έρευνας. Συγκεκριμένα, αναλύονται ο τρόπος διεξαγωγής της έρευνας, το δείγμα της έρευνας, η διαδικασία συλλογής των δεδομένων, αλλά και η μέθοδος ανάλυσής τους.

3.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση μελετήθηκε η βιβλιογραφία, οι μέθοδοι και το περιεχόμενο των μεθόδων που προτείνονται από την βιβλιογραφία και συγκροτήθηκε το ερωτηματολόγιο, με σκοπό την ανάδειξη όσο το δυνατόν περισσότερων αντιλήψεων των μαθητών γύρω από την έννοια της μέσης ταχύτητας. Κατά τη δεύτερη φάση της έρευνας, το ερωτηματολόγιο μοιράστηκε σε 120 μαθητές της Στ΄ τάξης δημοτικού της ευρύτερης περιοχής της πόλεως Ρόδου. Το δείγμα ήταν τυχαίο, ενώ δόθηκε ειδική μέριμνα για να προστατευτούν όσο το δυνατό γίνεται τα προσωπικά δεδομένα των μαθητών. Προτού γίνει η εφαρμογή του ερωτηματολογίου στους μαθητές, ζητήθηκε άδεια από όλους τους αρμόδιους φορείς, ενώ ζητήθηκε και η άποψη των εκπαιδευτικών, οι οποίοι θεώρησαν πως το ερωτηματολόγιο ήταν εντός των δυνατοτήτων των μαθητών τους και πως ήταν παραπάνω από ικανοί να ανταπεξέλθουν. Τα ερωτηματολόγια μοιράστηκαν σε 2 ημέρες, τα οποία χρησιμοποίησαν οι εκπαιδευτικοί οι ίδιοι στις τάξεις τους, με τον χρόνο συμπλήρωσής τους να ανέρχεται στη μία διδακτική ώρα. Τα ερωτηματολόγια χορηγήθηκαν τον Μάιο του 2017, καθώς κρίθηκε σκόπιμο οι μαθητές να έχουν προχωρήσει επαρκώς στην ύλη των Μαθηματικών, ώστε να έχουν καλύψει το κεφάλαιο των εξισώσεων επαρκώς. Τέλος, επισημάνθηκε πως τα ερωτηματολόγια δεν αποτελούν αντικείμενο αξιολόγησης, και πως οι μαθητές θα έπρεπε να περιγράψουν την σκέψη τους όσο πιο αναλυτικά γίνεται, ώστε να γίνουν στον μέγιστο δυνατό βαθμό κατανοητοί οι μηχανισμοί σκέψης τους.

3.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.3.1 Η επιλογή του ερωτηματολογίου

Η επιλογή των ερωτηματολογίων δεν έγινε τυχαία: τα ερωτηματολόγια επιτρέπουν την γρήγορη συλλογή δεδομένων από μεγάλο πλήθος συμμετεχόντων, ενώ επίσης επιτρέπει και μια σχετική ανωνυμία, που προστατεύει τα προσωπικά δεδομένα των μαθητών. Αν και είναι αδύνατον πρακτικά τα ερευνητικά ζητήματα να διερευνηθούν στο ίδιο βάθος που θα είχαν διερευνηθεί, εάν αντί για ερωτηματολόγιο επιλεγόταν η μέθοδος της συνέντευξης, εντούτοις η συνέντευξη εμπεριέχει περισσότερα υποκειμενικά στοιχεία, τα οποία ενδεχομένως να αλλοιώσουν την εγκυρότητα της έρευνας και να επηρεάσουν τα αποτελέσματά της (Cohen & Manion, 1994). Έχοντας όλα αυτά υπόψιν, το ερωτηματολόγιο θεωρήθηκε καλύτερη εναλλακτική, εξ' ου και η επιλογή του έναντι άλλων μεθόδων έρευνας.

3.3.2 Διαδικασία σύνταξης του ερωτηματολογίου

Έχοντας επικαθορίσει τον ερευνητικό σκοπό και τα επιμέρους ερευνητικά ζητήματα που μελετά η παρούσα έρευνα, αναζητήθηκε η αναγκαία βιβλιογραφία, ώστε να υπάρξει μια σαφής εικόνα αναφορικά με τις μεθόδους που επέλεξαν προηγούμενοι ερευνητές, αλλά και ποια ήταν τα ευρήματα και τα κενά τους, ώστε η έρευνα αυτή να παρουσιάσει κάτι καινούργιο και ουσιαστικό. Αφού καθορίστηκαν όλα αυτά τα στοιχεία, προχώρησε η σύνταξη του ερωτηματολογίου, υπό την επίβλεψη του επιβλέποντος καθηγητή κ. Σκουμιού. Το ερωτηματολόγιο στη συνέχεια μελετήθηκε από δύο εκπαιδευτικούς, που και οι δύο δίδασκαν εκείνη την περίοδο σε τμήματα της Στ' δημοτικού και που είχαν και οι δύο εκπαιδευτικοί εμπειρία πάνω από 15 χρόνια στην εκπαίδευση. Αφού και οι δύο θεώρησαν ότι ανταποκρίνεται στο αναμενόμενο επίπεδο γνώσεων και ικανοτήτων των παιδιών, και πως το περιβάλλον και η γλώσσα του ερωτηματολογίου ήταν αρκούντως προσιτό για τους μαθητές, τα ερωτηματολόγια παραδόθηκαν στους εκπαιδευτικούς των τάξεων, οι οποίοι με τη σειρά τους τα μοίρασαν στην τάξη τους.

Πέντε βασικά ζητήματα ερευνήθηκαν από το παρόν ερωτηματολόγιο:

1. Η σχέση μεταξύ απόστασης, χρόνου και ταχύτητας
2. Η σχέση μεταξύ μάζας και ταχύτητας
3. Η έννοια της ταχύτητας
4. Η σχέση μέσης και στιγμιαίας ταχύτητας

5. Ο υπολογισμός ταχύτητας, απόστασης ή χρόνου

Οι ερωτήσεις ήταν έντεκα στον αριθμό, ενώ σε κάποιες υπήρχε αλληλοεπικάλυψη, καθώς κρίθηκε σκόπιμο να μελετηθούν οι απαντήσεις των μαθητών σε διαφορετικά πλαίσια. Δόθηκε ιδιαίτερη μέριμνα, ώστε το ερωτηματολόγιο να είναι φιλικό για τους μαθητές και η γλώσσα προσιτή σε αυτούς, χωρίς ωστόσο να γίνονται εκπτώσεις στο επίπεδο της χρησιμοποιούμενης επιστημονικής ορολογίας.

Είναι γεγονός ότι κάποια από τα ερωτήματα της παρούσας έρευνας έχουν ήδη απαντηθεί από άλλες έρευνες. Ωστόσο, όπως αναλύθηκε στο θεωρητικό μέρος της παρούσας εργασίας, οι αντιλήψεις των μαθητών εμφανίζουν αποκλίσεις οι οποίες εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το πολιτιστικό και κοινωνικό πλαίσιο μέσα στο οποίο ζουν, αλλά και από τα ιδιαίτερα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής τους. Για την καλύτερη κατανόηση του ερωτηματολογίου συγκροτήθηκε ένας πίνακας, όπου αναλύει ακριβώς ποιες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου αναφέρονται στα αντίστοιχα ερευνητικά ζητήματα.

Πίνακας 3.1: κατηγοριοποίηση των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου

Ερωτήσεις	Ζητήματα
1,2, 5 και 7	Σχέση απόστασης, χρόνου και ταχύτητας
3	Σχέση μάζας και ταχύτητας
4	Έννοια της ταχύτητας
8	Σχέση μέσης και στιγμιαίας ταχύτητας
6, 7, 9, 10 και 11	Υπολογισμός ταχύτητας, απόστασης ή χρόνου

3.3.4 Δομή το ερωτηματολογίου

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από 11 ερωτήσεις, οι οποίες θα αναλυθούν αναφορικά με τους στόχους τους οποίους διερευνούν στην παρούσα ενότητα

- Ερώτηση 1: Στην 1^η ερώτηση διερευνάται η σύνδεση της ταχύτητας με την απόσταση από τον τερματισμό. Ζητούμενο σε αυτή την ανοιχτή ερώτηση είναι να φανερωθούν τα στοιχεία εκείνα με βάση τα οποία οι μαθητές υπολογίζουν ποιο από τα σώματα θα τερματίσει τη διαδρομή του πρώτο.
- Ερώτηση 2: Στην 2^η ερώτηση οι μαθητές διερωτώνται ποιο σώμα θα τερματίσει πρώτο, αυτό που κινείται στην μικρότερη κυκλική διαδρομή ή αυτό που κινείται

στη μεγαλύτερη κυκλική διαδρομή. Σκοπός είναι να διερευνηθεί η σχέση μεταξύ απόστασης, ταχύτητας και χρόνου. Επίσης, σε σχέση με την προηγούμενη ερώτηση, μελετάται το κατά πόσο η αλλαγή της διαδρομής από ευθεία σε κυκλική μεταβάλλει τις απαντήσεις μαθητών, και κατά ποιο τρόπο συντελείται κάτι τέτοιο.

- Ερώτηση 3: Στην 3^η ερώτηση, μελετώνται οι συνδέσεις μεταξύ μάζας και ταχύτητας. Η ερώτηση είναι ανοιχτή και οι μαθητές ερωτώνται ποιο από δύο παρόμοια σώματα θα κινηθεί ταχύτερα σε οριζόντια διαδρομή ίδιου μήκους, αυτό που είναι φορτωμένο, ή αυτό που είναι άδειο. Η ερώτηση είναι ανοιχτή, ώστε οι μαθητές να δώσουν απαντήσεις συνυπολογίζοντας όλους εκείνους τους παράγοντες που θεωρούν πως επηρεάζουν την έκβαση του πειράματος. Η επιλογή της περιγραφής τους σώματος ως αυτοκινήτου έναντι ενός σφαιρικού σώματος εξυπηρετεί την ανίχνευση τυχόν διαφοροποιήσεων από τα ευρήματα αντίστοιχων ερευνών (Hast, 2014; Hast & Howe, 2012).
- Ερώτηση 4: Στην 4^η ερώτηση οι μαθητές καλούνται να ορίσουν με τρόπο απλό και κατανοητό την έννοια της ταχύτητας σε έναν μικρότερο συμμαθητή τους. Με την ερώτηση αυτή επιδιώκεται να αναδυθούν όλες εκείνες οι αντιλήψεις γύρω από τον ορισμό της ταχύτητας και το πως οι μαθητές αντιλαμβάνονται την έννοια της ταχύτητας.
- Ερώτηση 5: Στην 5^η ερώτηση οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν ποιο ζώο κινήθηκε ταχύτερα στο μύθο του λαγού και της χελώνας, δεδομένου ότι η χελώνα τερμάτισε πρώτη. Σκοπός της ερώτησης αυτής είναι να φανερώσεις τις σχέσεις μεταξύ ταχύτητας, απόστασης και χρόνου που έχουν οι μαθητές, και συγκεκριμένα, σκοπός είναι να γίνει κατανοητό ο βαθμός στον οποίο η κρίση των μαθητών αναφορικά με το αν η κρίση των μαθητών, αναφορικά με το πότε ένα σώμα κινείται ταχύτερα από ένα άλλο, επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά του σώματος.
- Ερώτηση 6: Στην 6^η ερώτηση οι μαθητές καλούνται να υπολογίσουν την μέση ταχύτητα με την οποία κινείται ένα μονοθέσιο της formula 1, δικαιολογώντας την απάντησή τους. Οι τιμές που δίνονται ταιριάζουν σε διάφορες στρατηγικές που ενδεχομένως να χρησιμοποιήσουν για την εύρεση της ταχύτητας (Thompson, 1994), ενώ η απαιτούμενη δικαιολόγηση τοποθετήθηκε με σκοπό

την ανάδυση των μαθηματικών μοντέλων που χρησιμοποιούν οι μαθητές για την εύρεση της ταχύτητας.

- Ερώτηση 7: Στην 7^η ερώτηση οι μαθητές καλούνται να υπολογίσουν την ταχύτητα του λαγού και την ταχύτητα της χελώνας στον αγώνα, αυτή τη φορά αλγεβρικά. Στην συγκεκριμένη ερώτηση σκοπός είναι να γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο οι μαθητές ορίζουν το χρονικό διάστημα κατά τη μελέτη μίας κίνησης ενός σώματος, καθώς ο χρόνος κίνησης του σώματος είναι σύμφωνα με την βιβλιογραφία η πλέον δύσκολη στην κατάκτηση έννοια από τις τρεις που μελετώνται στην παρούσα εργασία (Wilkening, 1981; Siegler & Richards, 1979).
- Ερώτηση 8: Στην 8^η ερώτηση διερευνάται το κατά πόσο οι μαθητές διαχωρίζουν την έννοια της στιγμιαίας ταχύτητας από την έννοια της μέσης ταχύτητας. Η ερώτηση είναι ανοιχτή και οι μαθητές πρέπει να δικαιολογήσουν την άποψή τους με βάση μία φωτογραφία από ένα κοντέρ αυτοκινήτου που δείχνει μία συγκεκριμένη τιμή ταχύτητας, κατάσταση με την οποία οι μαθητές έρχονται καθημερινά σε επαφή (Gravemeijer et al., 2007).
- Ερώτηση 9: Στην 9^η ερώτηση οι μαθητές καλούνται να υπολογίσουν αλγεβρικά την απόσταση που θα διανύσουν ένας ελέφαντας κι ένα τσιτάχ, με βάση δεδομένα που τους δίνονται. Σκοπός της συγκεκριμένης ερώτησης είναι η ανάδυση του τρόπου υπολογισμού της απόστασης που χρησιμοποιούν οι μαθητές, να αναδειχθούν οι σχέσεις μεταξύ ταχύτητας, χρόνου και απόστασης στα νοητικά σχήματα που έχουν οι μαθητές, αλλά και το κατά πόσο τα χαρακτηριστικά των ζώων επηρεάζουν τις απαντήσεις τους.
- Ερώτηση 10: Στην 10^η ερώτηση οι μαθητές καλούνται να υπολογίσουν αλγεβρικά στο πρώτο μέρος τον χρόνο που θα χρειαστεί ένας ποδηλάτης για να διανύσει μία διαδρομή. Στο δεύτερο μέρος, ο ποδηλάτης ακολουθεί την αντίστροφη διαδρομή, όπου πλέον οι ταχύτητες είναι διαφορετικές για δύο σκέλη της διαδρομής, και οι μαθητές καλούνται ξανά να υπολογίσουν τον απαιτούμενο χρόνο της διαδρομής. Καθώς οι διαδρομές είναι ίσες σε μήκος, αλλά ελαφρώς διαφορετικές σε μορφολογία, μελετάται το κατά πόσο οι μαθητές θα συνυπολογίσουν τα στοιχεία αυτά στις απαντήσεις τους ή θα απαντήσουν μονάχα με βάση τα δεδομένα για την απόσταση και τον χρόνο που τους δίνονται.

- Ερώτηση 11: Στην 11^η ερώτηση οι μαθητές καλούνται στο πρώτο σκέλος να επιλέξουν την σωστή ταχύτητα που αντιστοιχεί σε ένα αεροπλάνο και να δικαιολογήσουν την απάντησή τους, με βάση τα δεδομένα του προβλήματος που τους δίνονται (συνολική απόσταση μέχρι τον προορισμό και απαιτούμενος χρόνος). Στο δεύτερο σκέλος της ερώτησης οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν ποιο αεροπλάνο θα φτάσει πρώτο στον προορισμό, αυτό του πρώτου σκέλους της ερώτησης ή εκείνο μίας νέας γραμμής, για την οποία δίνονται τα αντίστοιχα δεδομένα. Σκοπός της ερώτησης αυτής είναι η κατανόηση του τρόπου σκέψης των μαθητών, αναφορικά με τον τρόπο υπολογισμού της ταχύτητας των σωματιδίων.

3.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για την ανάλυση δεδομένων πραγματοποιήθηκε ανάλυση περιεχομένου και ομαδοποίηση των απαντήσεων των μαθητών, καθώς οι περισσότερες ερωτήσεις ήταν ανοιχτού τύπου και κάτι τέτοιο κρίθηκε αναγκαίο να γίνει. Μονάδα μέτρησης για την συλλογή των δεδομένων και την εξαγωγή των συμπερασμάτων θεωρήθηκε η κάθε απάντηση των μαθητών ξεχωριστά. Από τις απαντήσεις των μαθητών οργανώθηκαν οι αντίστοιχοι πίνακες συχνοτήτων και ποσοστών.

3.5 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναλύθηκε η μεθοδολογία της συγκεκριμένης έρευνας, και ειδικότερα η διαδικασία διεξαγωγής της έρευνας, ο σχεδιασμός του ερωτηματολογίου και ο τρόπος συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν και θα αναλυθούν τα ευρήματα της έρευνας αυτής, ενώ στο τέλος του κεφαλαίου θα αναλυθούν οι περιορισμοί της παρούσας έρευνας και θα διατυπωθούν προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και επεκτάσεις.

4.2 ΚΥΡΙΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ

Τα ευρήματα της έρευνας οργανώθηκαν με βάση τις απαντήσεις των μαθητών, οι οποίες αναλύθηκαν πρώτα βάσει του περιεχομένου τους και οργανώθηκαν σε αντίστοιχους πίνακες.

Ερώτηση 1^η

Στον πίνακα 4.1 αναλύονται οι απαντήσεις των μαθητών στην πρώτη ερώτηση, η οποία ήταν ανοιχτού τύπου.

Πίνακας 4.1: Οι απαντήσεις των μαθητών στην 1^η ερώτηση, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Κατηγορίες απαντήσεων (ερώτηση 1)	Συχνότητες	%
Η απόσταση καθορίζει το ποιο αυτοκίνητο θα φτάσει πρώτο στον προορισμό του	102	85
Η ταχύτητα καθορίζει το ποιο αυτοκίνητο θα φτάσει πρώτο στον προορισμό του	12	10
Απουσία απάντησης ή ασαφής απάντηση	6	5

Στην ερώτηση 1, δύο ίδια κινούμενα σώματα κινούνται σε διαφορετικές διαδρομές, με την μία να είναι μικρότερη, χωρίς στοιχεία για την ταχύτητα των σωμάτων. Το 85% των μαθητών απάντησε πως το σώμα που κινείται στην μικρότερη διαδρομή θα είναι εκείνο που θα τερματίσει πρώτο. Το 10% των μαθητών θεώρησε πως πρώτο θα τερματίσει το σώμα που κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα. Το 5 % των μαθητών είτε δεν έδωσε απάντηση, είτε η απάντηση που έδωσε ήταν ασαφής και δεν μπορούσε να κατηγοριοποιηθεί.

Ερώτηση 2^η

Στον πίνακα 4.2 αναλύονται οι απαντήσεις των μαθητών στην δεύτερη ερώτηση, η οποία ήταν ανοιχτού τύπου.

Πίνακας 4.2: Οι απαντήσεις των μαθητών στην 2^η ερώτηση, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Κατηγορίες απαντήσεων (ερώτηση 2)	Συχνότητες	%
Η απόσταση καθορίζει το ποιο αυτοκίνητο θα φτάσει πρώτο στον προορισμό του	110	91,66
Η ταχύτητα καθορίζει το ποιο αυτοκίνητο θα φτάσει πρώτο στον προορισμό του	2	1,66
Απουσία απάντησης ή ασαφής απάντηση	8	6,68

Στην ερώτηση 2, δύο σώματα κινούνται σε ομόκεντρους κύκλους, χωρίς στοιχεία για την ταχύτητά τους. Το 91.66% των μαθητών απάντησε πως θα τερματίσει πρώτο το αυτοκίνητο το οποίο θα κινηθεί στην μικρότερη διαδρομή. Το 1.66% των μαθητών απάντησε πως πρώτο θα τερματίσει το όχημα το οποίο κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα, ενώ το 6.68% των μαθητών έδωσε ασαφή απάντηση ή δεν απάντησε.

Ερώτηση 3^η

Στον πίνακα 5.3 αναλύονται οι απαντήσεις των μαθητών στην τρίτη ερώτηση, η οποία ήταν ανοιχτού τύπου.

Πίνακας 4.3: Οι απαντήσεις των μαθητών στην 3^η ερώτηση, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Κατηγορίες απαντήσεων (ερώτηση 3)	Συχνότητες	%
Το βάρος του αυτοκινήτου καθορίζει το ποιο θα φτάσει πρώτο στον προορισμό του	100	83,33
Η απόσταση καθορίζει το ποιο αυτοκίνητο θα φτάσει πρώτο στον προορισμό του	8	6,66
Η ταχύτητα καθορίζει το ποιο αυτοκίνητο θα φτάσει πρώτο στον προορισμό του	6	4,99
Απουσία απάντησης ή ασαφής απάντηση	6	4,99

Στην ερώτηση 3, δύο ίδια σώματα κινούνται σε διαδρομή ίσου μήκους, με το δεύτερο σώμα να είναι φορτωμένο. Το 80% των μαθητών απαντά στο ποιο σώμα θα τερματίσει πρώτο κρίνοντας από το βάρος των σωμάτων, το 8.33% των μαθητών με βάση την απόσταση της διαδρομής, ενώ το 5% των μαθητών απαντάει στο ποιο σώμα θα τερματίσει πρώτο κρίνοντας από την ταχύτητα των σωμάτων. Το 6.66% των μαθητών είτε δεν απάντησε είτε έδωσε ασαφή απάντηση.

Ερώτηση 4^η

Στον πίνακα 4.4 αναλύονται οι απαντήσεις των μαθητών στην τέταρτη ερώτηση, η οποία ήταν ανοιχτού τύπου.

Πίνακας 4.4: Οι απαντήσεις των μαθητών στην 4^η ερώτηση, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Κατηγορίες απαντήσεων (ερώτηση 4)	Συχνότητες	%
Η ταχύτητα συνδέεται με τη «γρηγοράδα»	60	50
Η ταχύτητα συνδέεται με σώματα της καθημερινότητας	16	13,33

Η ταχύτητα συνδέεται με το πόσο γρήγορα ή αργά κινείται ένα σώμα	28	23,33
Η δύναμη με την οποία κινείται ένα σώμα	6	5
Απουσία απάντησης ή ασαφής απάντηση	10	8,34

Το 50% των μαθητών όρισε την έννοια της ταχύτητας με βάση την «γρηγοράδα» του σώματος, ενώ το 13.33% των μαθητών συνέδεσε την ταχύτητα με αντικείμενα της καθημερινότητάς τους. Το 23.33% των μαθητών όρισε την ταχύτητα με βάση το δίπολο «γρήγορα-αργά» και το 5% των μαθητών χρησιμοποίησε την έννοια της δύναμης για να ορίσει την ταχύτητα. Τέλος, το 8.34% των μαθητών έδωσε ασαφή απάντηση ή δεν απάντησε.

Ερώτηση 5^η

Στον πίνακα 4.5 αναλύονται οι απαντήσεις των μαθητών στην πέμπτη ερώτηση, η οποία ήταν ανοιχτή τύπου.

Πίνακας 4.5: Οι απαντήσεις των μαθητών στην 5^η ερώτηση, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Κατηγορίες απαντήσεων (ερώτηση 5)	Συχνότητες	%
Η ταχύτητα εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των ζώων.	52	43,33
Η ταχύτητα εξαρτάται από το ζώο που τερμάτισε πρώτο.	6	5
Απουσία απάντησης ή ασαφής απάντηση	62	51,66

Το 43.33% των μαθητών συνέδεσε την ταχύτητα με βάση τα χαρακτηριστικά των ζώων, ενώ το 5% των μαθητών απάντησε πως το ζώο που τερμάτισε πρώτο κινήθηκε με μεγαλύτερη ταχύτητα κατά τη διάρκεια του αγώνα. Το 51.66% των μαθητών έδωσε

ασαφή απάντηση ή δεν απάντησε γενικότερα. Εντύπωση προξένησε το γεγονός πως μεγάλο μέρος των απαντήσεων της τελευταίας κατηγορίας ήταν εκτός θέματος, καθώς ανέλυναν τον μύθο του παραμυθιού, αντί να απαντήσουν ποιο από τα δύο ζώα κινήθηκε ταχύτερα.

Ερώτηση 6^η

Στον πίνακα 4.6(α) και 4.6(β) αναλύονται οι απαντήσεις των μαθητών στην 6^η ερώτηση, η οποία απαιτούσε από τους μαθητές να επιλέξουν την κατάλληλη τιμή για την ταχύτητα ενός μονοθέσιου formula 1 και να δικαιολογήσουν την απάντησή τους.

Πίνακας 4.6(α): Οι απαντήσεις των μαθητών στην 6^η ερώτηση (συχνότητες επιλογής των εκάστοτε ταχυτήτων).

Κατηγορίες απαντήσεων (ερώτηση 6α)	Συχνότητες	%
200 km/h	22	18,33
102 km/h	4	3,33
98 km/h	6	4,99
50 km/h	68	56,66
100 km/h	0	0
Άλλη απάντηση	2	1,66
ΔΓ/Κενό	18	14,99

Το 18.33% των μαθητών επέλεξε ως ταχύτητα επέλεξε ως τιμή της ταχύτητας του σώματος τα 200 km/h, ενώ το 4.33% των μαθητών θεώρησε πως η ταχύτητα του

σώματος ήταν 102 km/h. Το 4.99% των μαθητών θεώρησε πως η ταχύτητα με την οποία κινήθηκε το σώμα ήταν 98 km/h, ενώ το 56.66% των μαθητών επέλεξε ως τιμή της ταχύτητας τα 50 km/h. Κανένας μαθητής δεν επέλεξε ως τιμή της ταχύτητας του σώματος τα 100 km/h, και το 1.66% του δείγματος έδωσε απάντηση διαφορετική από τις προτεινόμενες. Τέλος, το 14,99% των μαθητών είτε δεν απάντησε, είτε δήλωσε πως δεν γνωρίζει ποια είναι η τιμή της ταχύτητας.

Πίνακας 4.6(β): Οι απαντήσεις των μαθητών στην 6^η ερώτηση (τρόπος δικαιολόγησης).

Κατηγορίες απαντήσεων (ερώτηση 6β)	Συχνότητες	%
Η ταχύτητα ως πηλίκο της απόστασης δια του χρόνου	0	0
Η ταχύτητα ως γινόμενο της απόστασης με τον χρόνο	4	3,33
Η ταχύτητα ως άθροισμα της απόστασης και του χρόνου	4	3,33
Επιλογή ταχύτητας με βάση τα χαρακτηριστικά του κινητού	4	3,33
Η ταχύτητα ως διαφορά της απόστασης από το χρόνο	6	4,99
Η απόσταση ως άθροισμα ταχυτήτων ανά χρονική περίοδο	52	43,33
Απουσία απάντησης ή ασαφής απάντηση	50	41,66

Κανένας μαθητής δεν βρήκε την απάντηση με βάση τον τύπο της ταχύτητας (πηλίκο της απόστασης προς το απαιτούμενο χρονικό διάστημα). 3.33% των μαθητών για τον υπολογισμό της ταχύτητας άθροισε την αλγεβρική τιμή της απόστασης με τον χρόνο, το ίδιο ποσοστό (3.33%) υπολόγισε την ταχύτητα ως γινόμενο του χρόνου με την απόσταση

ενώ 4,99% των μαθητών για να βρει την ταχύτητα υπολόγισε τη διαφορά της απόστασης με τον απαιτούμενο χρόνο. Ακόμη, ένα ακόμα 3.33% των μαθητών υπολόγισε με βάση τα χαρακτηριστικά του σώματος. Το 56.66% των μαθητών υπολόγισε πόσες φορές χωρούσε η σωστή αλγεβρική απάντηση ανά χρονικό διάστημα και δικαιολόγησε κατ' αυτόν τον τρόπο την επιλογή του. Το 41.66% των μαθητών είτε απάντησε με ασαφή τρόπο, είτε δεν απάντησε στην ερώτηση.

Ερώτηση 7^η

Στον πίνακα 4.7 αναλύονται οι απαντήσεις των μαθητών στην 7^η ερώτηση, η οποία αποτελεί παραλλαγή της ερώτησης 5. Συγκεκριμένα, πλέον στους μαθητές δίνονται αλγεβρικές τιμές για την απόσταση που διένυσαν τα δύο σώματα, αλλά και για τον χρόνο που χρειάστηκε για να διανύσουν την απόσταση αυτή.

Πίνακας 4.7: Οι απαντήσεις των μαθητών στην 7^η ερώτηση, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Κατηγορίες απαντήσεων (ερώτηση 7)	Συχνότητες	%
Υπολογισμός ταχύτητας με βάση τον χρόνο κίνησης και όχι τον συνολικό χρόνο που απαιτήθηκε για τον τερματισμό	34	28,33
Σύνδεση ταχύτητας και απόστασης	8	6,66
Η ταχύτητα ως άθροισμα απόστασης και χρόνου κίνησης	2	1,66
Η ταχύτητα ως γινόμενο της απόστασης με τον απαιτούμενο χρόνο	4	3,33
Εύρεση της ταχύτητας με βάση τον συνολικό χρόνο που απαιτήθηκε για την κίνηση	6	4,99
Απουσία απάντησης ή ασαφής απάντηση	66	54,99

Στην ερώτηση αναφέρεται ρητά πως ο λαγός χρειάστηκε 8 ώρες για να τερματίσει, καθ' ότι κοιμήθηκε τις 4 από αυτές. Το 28.33% των μαθητών υπολόγισε την ταχύτητα του λαγού μη υπολογίζοντας τις ώρες τις οποίες κοιμόταν. Το 6,66% των μαθητών συνέδεσε την ταχύτητα των δύο σωμάτων με την απόσταση που αυτά διένυσαν, ενώ το 1.66% των μαθητών υπολόγισαν την ταχύτητα των σωμάτων ως αθροίσματα της απόστασης που διανύουν τα σώματα με τον χρόνο που απαιτείται για να διανύσουν τις αποστάσεις αυτές. Το 3,33% υπολόγισε τις ταχύτητες των σωμάτων ως αθροίσματα της απόστασης που διένυσαν με τον χρόνο που απαιτήθηκε για να τα διανύσουν συνολικά, ενώ ένα 4.99% των μαθητών υπολόγισαν την ταχύτητα με βάση το σύνολο του χρόνου που χρειάστηκε το κάθε σώμα για να φτάσει στον τερματισμό του πειράματος. Το 54.99% των μαθητών είτε έδωσε ασαφή απάντηση, είτε δεν απάντησε στην ερώτηση.

Ερώτηση 8^η

Στον πίνακα 4.8 αναλύονται οι ερωτήσεις των μαθητών στην 8^η ερώτηση, η οποία ήταν ερώτηση ανοιχτού τύπου.

Πίνακας 4.8: Οι απαντήσεις των μαθητών στην 8^η ερώτηση, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Κατηγορίες απαντήσεων (ερώτηση 8)	Συχνότητες	%
Η μέση ταχύτητα διακρίνεται από την στιγμιαία ταχύτητα	68	56,66
Η μέση ταχύτητα εξομοιώνεται με την στιγμιαία ταχύτητα	10	8,33
Απουσία απάντησης ή ασαφής απάντηση	42	35

Το 56.66% των μαθητών ήταν ικανό να διακρίνει πως το κοντέρ ενός αυτοκινήτου μία δεδομένη στιγμή δείχνει την στιγμιαία ταχύτητα, και όχι την μέση ταχύτητα. Το 8.33% των μαθητών εξομοίωσε την μέση ταχύτητα με την στιγμιαία ταχύτητα, ενώ το 35% των μαθητών έδωσε ασαφή απάντηση ή δεν απάντησε στην ερώτηση.

Ερώτηση 9^η

Στον πίνακα 4.9 αναλύονται οι ερωτήσεις των μαθητών στην 9^η ερώτηση, η οποία ήταν πρόβλημα εύρεσης απόστασης για δεδομένη ταχύτητα και χρόνο.

Πίνακας 4.9: Οι απαντήσεις των μαθητών στην 9^η ερώτηση, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Κατηγορίες απαντήσεων (ερώτηση 9)	Συχνότητες	%
Η απόσταση ως άθροισμα της αλγεβρικής τιμής της ταχύτητας με τον εαυτό της για όσες ώρες κινείται το σώμα	34	28,33
Η μεγαλύτερη απόσταση συνδέεται με τον μεγαλύτερο χρόνο κίνησης	12	10
Η μεγαλύτερη απόσταση συνδέεται με την μεγαλύτερη ταχύτητα	24	20
Η απόσταση συνδέεται με τη μάζα του σώματος	16	13,33
Απουσία απάντησης ή ασαφής απάντηση	34	28,33

Το 28.33% των μαθητών υπολόγισε το διάστημα που θα διανύσουν τα δύο σώματα αθροίζοντας τις τιμές της ταχύτητάς τους τόσες φορές, όσες και οι ώρες που τα σώματα κινήθηκαν. Το 10% των μαθητών συνέδεσε την μεγαλύτερη απόσταση με τον μεγαλύτερο χρόνο κίνησης, ενώ το 20% των μαθητών θεώρησε πως μεγαλύτερη απόσταση θα διανύσει το σώμα που κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα. Το 13.33% των μαθητών θεώρησε πως ο παράγοντας που θα καθορίσει ποιο σώμα θα κινηθεί για μεγαλύτερη απόσταση θα είναι η μάζα του σώματος, ενώ ένα 28.33% του δείγματος είτε δεν απάντησε, είτε έδωσε απάντηση που ήταν ασαφής.

Ερώτηση 10^η

Στους πίνακες 4.10(αι), 4.10(αii) και 4.10(β) αναλύονται οι απαντήσεις των μαθητών στο α' και β' σκέλος της ερώτησης αντίστοιχα.

Πίνακας 4.10(αι): Οι απαντήσεις των μαθητών στο α' σκέλος της 10^{ης} ερώτησης (συχνότητες επιλογής των τιμών του χρόνου).

Κατηγορίες απαντήσεων (ερώτηση 10αι)	Συχνότητες	%
25 ώρες	4	3,33
2.5 ώρες	24	19,99
120 λεπτά της ώρας	28	23,33
3 ώρες	10	8,33
Άλλη απάντηση	28	23,33
ΔΓ/Κενό	26	21,66

Το 3.33% απάντησε πως το κινούμενο σώμα θα χρειαστεί 25 ώρες για να φτάσει στον προορισμό του. Το 19.99% του δείγματος απάντησε πως θα χρειαστεί 2,5 ώρες για να φτάσει το σώμα στον προορισμό του, ενώ το 23.33% πως θα χρειαστεί 120 λεπτά της ώρας. 8.33% των μαθητών απάντησαν πως θα χρειαστούν 3 ώρες για να φτάσει το σώμα στον προορισμό του και 23.33% επέλεξε να δώσει άλλη απάντηση. Μεταξύ του ποσοστού αυτού, 16 μαθητές (13.33% επί του συνολικού δείγματος) απάντησαν θα απαιτηθούν 2 ώρες. Τέλος, ένα 21.66% των μαθητών δεν απάντησε στην ερώτηση.

Πίνακας 4.10(αii): Οι απαντήσεις των μαθητών στο α' σκέλος της 10^{ης} ερώτησης (δικαιολογήσεις), μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Κατηγορίες απαντήσεων (ερώτηση 10αii)	Συχνότητες	%
Ο χρόνος ως πολλαπλασιαστής της ταχύτητας για την εύρεση της απόστασης ως άθροισμα της τιμής των ταχυτήτων	26	21,66
Υπολογισμός της ταχύτητας με βάση των τύπο εύρεσης της απόστασης ($d=v \cdot t$)	10	8,33
Χωρίς δικαιολόγηση	44	36,66
Ασαφής απάντηση	40	33,33

Το 21.66% των μαθητών και πάλι χρησιμοποίησε ένα αθροιστικό μοντέλο σκέψης, αφού για να υπολογίσει τον χρόνο που απαιτείται για την κίνηση του σώματος, υπολόγισε πρώτα πόσες φορές πρέπει να προσθέσει την ταχύτητα για να προκύψει η απόσταση που κινήθηκε το σώμα. Από το πλήθος των φορών που προστέθηκε ακριβώς η ταχύτητα με τον εαυτό της προέκυψε και η αλγεβρική τιμή του χρόνου που απαιτήθηκε για την κίνηση. Το 8.33% των μαθητών χρησιμοποίησε παρόμοια στρατηγική, βρίσκοντας χρησιμοποιώντας τον τύπο για την εύρεση της απόστασης που κινείται ένα σώμα και επιλύοντας ως προς τον παράγοντα (t). Το 36.66% των μαθητών δεν δικαιολόγησε την απάντησή του, ενώ το 33.33% έδωσε ασαφή απάντηση.

Πίνακας 4.10(β): Οι απαντήσεις των μαθητών στο β' σκέλος της 10^{ης} ερώτησης, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Κατηγορίες απαντήσεων (ερώτηση 10β)	Συχνότητες	%
Εξάρτηση του απαιτούμενου χρόνου από τα χαρακτηριστικά της διαδρομής	20	21,66
Υπολογισμός χρόνου με χρήση ανάλογων ποσών	4	8,33
Εξάρτηση χρόνου μονάχα από την απόσταση	26	36,66
Εξάρτηση του χρόνου από τα χαρακτηριστικά της κίνησης (μεταβαλλόμενη ταχύτητα)	12	9,99
Απουσία απάντησης ή ασαφής απάντηση	58	48,33

Το 21.66% των μαθητών συνέδεσε τον απαιτούμενο χρόνο που θα χρειαστεί το σώμα για να επιστρέψει στην αρχική του θέση με χαρακτηριστικά της διαδρομής τα οποία ήταν διαφοροποιημένα, αν και η συνολική απόσταση παρέμεινε ίδια. Μόλις το 8.33% υπολόγισε σωστά τον απαιτούμενο χρόνο, κάνοντας χρήση ανάλογων ποσών ανά σκέλος της διαδρομής. Το 36.66% συνέδεσε το απαιτούμενο χρονικό διάστημα μονάχα με την απόσταση, μην συνυπολογίζοντας μεταβολές στην ταχύτητα. Ένα 9.99% του μαθητικού πληθυσμού έδωσε απάντηση με βάση τα διαφορετικά χαρακτηριστικά της κίνησης στις δύο διαδρομές, ενώ το 48.33% είτε δεν απάντησε στην ερώτηση, είτε έδωσε απάντηση η οποία ήταν ασαφής.

Ερώτηση 11^η

Στους πίνακες 4.11(αι), 4.11(αii) και 4.11(β) αναλύονται οι απαντήσεις των μαθητών στα δύο σκέλη της ερώτησης 11.

Πίνακας 4.11(αι): Οι απαντήσεις των μαθητών στο α' σκέλος της 11^{ης} ερώτησης (συχνότητες επιλογής των τιμών της ταχύτητας).

Κατηγορίες απαντήσεων (ερώτηση 11αι)	Συχνότητες	%
1200 km/h	54	44,99
100 km/h	8	6,66
400 km/h	30	24,99
Άλλη απάντηση	2	1,66
Κενό/ΔΓ	24	19,99

Το 44.99% των μαθητών απάντησε πως η ταχύτητα του σώματος θα είναι 1200 km/h. Ένα 3,33% του δείγματος απάντησε πως το σώμα θα κινηθεί με ταχύτητα 100 km/h, ενώ το 24.99% των μαθητών απάντησε πως θα κινηθεί με 400 km/h. 1.66% των μαθητών επέλεξε άλλη απάντηση από τις προτεινόμενες, ενώ το 19.99% των μαθητών είτε άφησε κενή την ερώτηση, είτε δήλωσε ότι δεν γνωρίζει.

Πίνακας 4.11(αii): Οι απαντήσεις των μαθητών στο α' σκέλος της 11^{ης} ερώτησης (δικαιολογήσεις), μετά από ανάλυση περιεχομένου.

Κατηγορίες απαντήσεων (ερώτηση 11αii)	Συχνότητες	%
Η ταχύτητα ως το άθροισμα των αποστάσεων που διένυσε το σώμα	38	31,66
Η ταχύτητα ως πηλίκο απόστασης προς τον χρόνο κίνησης	12	9,99
Εύρεση ταχύτητα με χρήση ανάλογων ποσών	4	3,33
Απουσία απάντηση ή ασαφής απάντηση	66	54,99

Το 31.66% των μαθητών θεώρησε πως για να υπολογιστεί η ταχύτητα με την οποία κινείται το σώμα ταυτίζεται με την απόσταση που θα διανύσει αυτό. Το 9.99% των

μαθητών υπολόγισε την ταχύτητα ως πηλίκο της απόστασης με τον χρόνο που απαιτήθηκε για να διανυθεί η απόσταση αυτή από το σώμα. Το 3.33% των μαθητών υπολόγισε την τιμή της ταχύτητας κάνοντας χρήση ανάλογων ποσών, ενώ το 54.99% των παιδιών είτε δεν δικαιολόγησε την απάντησή του, είτε η δικαιολόγηση ήταν ασαφής.

Πίνακας 4.11(β): Οι απαντήσεις των μαθητών στο β' σκέλος της 11^{ης} ερώτησης, μετά από ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων.

Κατηγορίες απαντήσεων (ερώτηση 11β)	Συχνότητες	%
Λιγότερο χρόνο απαιτεί η μικρότερη διαδρομή	24	19,99
Λιγότερο χρόνο απαιτεί το σώμα που κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα	2	1,66
Ίσο χρόνο λόγω ίδιου τελικού προορισμού	2	1,66
Σύγκριση χρονικής διάρκειας διαδρομών	16	13,33
Απουσία απάντησης ή ασαφής απάντηση	76	63,33

Το 19.99% των μαθητών θεώρησε πως το σώμα που θα φτάσει στον συντομότερο χρόνο στον τελικό προορισμό θα είναι αυτό που θα διανύσει λιγότερα χιλιόμετρα. 1.66% των μαθητών θεώρησε πως λιγότερο χρόνο θα χρειαστεί το σώμα που κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα, ενώ ένα ακόμα 1.33% του δείγματος θεώρησε πως εφ' όσον ο προορισμός είναι κοινός και για δύο σώματα, και τα δύο θα απαιτήσουν τον ίδιο χρόνο για να φτάσουν. 13.33% των μαθητών απάντησε αφού σύγκρινε τους χρόνους που κινήθηκαν τα δύο σώματα για να φτάσουν στον τελικό προορισμό τους, ενώ ένα εντυπωσιακό 63.33% των μαθητών είτε δεν απάντησε, είτε έδωσε απάντηση η οποία ήταν ασαφής.

4.3 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Στο 4^ο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν τα στατιστικά δεδομένα και οι απαντήσεις των μαθητών από τα ερωτηματολόγια που συλλέχθηκαν. Λόγω της ανοιχτής φύσης των περισσότερων ερωτημάτων κρίθηκε αναγκαία η ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων. Καθ' αυτόν τον τρόπο γίνεται δυνατή και η στατιστική τους ανάλυση,

αλλά και η εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά με τις αντιλήψεις που παρουσιάστηκαν, η οποία εξαγωγή θα αποτελέσει το αντικείμενο μελέτης του επόμενου κεφαλαίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, η έρευνα γύρω από τις αντιλήψεις των μαθητών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης αναφορικά με την έννοια της μέσης ταχύτητας και των εννοιών του διαστήματος και του χρόνου είναι περιορισμένη (Matsuda, 2001), ενώ λείπει και το στοιχείο της ανανέωσης στις έρευνες, αφού, όπως παρουσιάστηκε, η πλειονότητα των ερευνών βασίζεται ακόμα σε πειραματικά ευρήματα τουλάχιστον 20 ετών. Σε ένα κόσμο που συνεχώς αλλάζει και οι νέες τεχνολογίες προσφέρουν πληθώρα πληροφοριών πρακτικά και στην πλέον απομακρυσμένη γωνία του ανθρώπινου πολιτισμού, γεννάται de facto η ανάγκη για τον επαναπροσδιορισμό και την μελέτη πολλών πτυχών της ανθρώπινης σκέψης. Επίσης, η έλλειψη ερευνητικών δεδομένων για την περίπτωση των Ελλήνων μαθητών γεννά ακριβώς την ανάγκη για την διερεύνηση των αντιλήψεων στα ιδιαίτερα κοινωνικοπολιτισμικά περιβάλλοντα στα οποία ζουν οι μαθητές.

Σκοπός, λοιπόν, της εργασίας αυτής αποτελεί ακριβώς η διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών της ΣΤ' τάξης του δημοτικού σχολείου αναφορικά με την έννοια της ταχύτητας. Για να επιτευχθεί ο σκοπός αυτός διερευνώνται τα εξής ερωτήματα:

- Ποιες είναι οι αντιλήψεις των μαθητών της Στ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου για:
 - Τη σχέση ανάμεσα στην την ταχύτητα και τη μάζα;
 - Τη σχέση ανάμεσα στην απόσταση, το χρόνο και την ταχύτητα;
 - Την έννοια της ταχύτητας;
 - Τη σχέση μέσης και στιγμιαίας ταχύτητας;
 - Τη διαδικασία υπολογισμού της ταχύτητας, της απόστασης και του χρόνου;

5.2. ΚΥΡΙΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥΣ

Έχοντας πλέον μελετήσει τα όσα προηγούμενες έρευνες είχαν να προσφέρουν γύρω από την έννοια της ταχύτητας, αλλά και έχοντας παρουσιάσει τόσο τους βασικούς άξονες γύρω από τους οποίους κινείται η παρούσα έρευνα και τα ερευνητικά δεδομένα που συλλέχθηκαν από την όλη διαδικασία, καθίσταται δυνατή η έναρξη και ο σχολιασμός των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Τα εξαγόμενα συμπεράσματα θα

αναλυθούν ένα προς ένα με την σειρά που παρουσιάζονται τα ερευνητικά ερωτήματα. Παράλληλα, θα υπάρξουν συγκρίσεις και συνδέσεις με τα αντίστοιχα στοιχεία των προηγούμενων ερευνών που αναλύθηκαν στο κεφάλαιο της βιβλιογραφικής ανασκόπησης.

1. Σχέση ταχύτητας και μάζας

Το βάρος ενός σώματος φαίνεται πως επιδρά καταλυτικά στην διαμόρφωση αντιλήψεων στους μαθητές, όπως αυτό διαφαίνεται από τις απαντήσεις των παιδιών στις ερωτήσεις 3 και 9. Ο σχεδιασμός του ερωτηματολογίου προέβλεπε πως οι αντιλήψεις αυτές θα προκύψουν κατά κύριο λόγο από την ερώτηση 3 μονάχα – εν τούτοις, οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση 9 αποτελούν επιπρόσθετο κεφάλαιο για την απάντηση του εν λόγω ερωτήματος.

Στην ερώτηση 3 το 80% των μαθητών συνυπολόγισε τον παράγοντα του βάρους για να απαντήσει αναφορικά με το ποιο σώμα θα τερματίσει πρώτο. Συγκεκριμένα, 98 μαθητές απάντησαν πως το ελαφρύτερο σώμα θα φτάσει πρώτο, επιβεβαιώνοντας έτσι τα δεδομένα της έρευνας του Hast (2014), ενώ 2 μαθητές θεώρησαν πως το βαρύτερο σώμα θα κυλάει πιο εύκολα, σύμφωνα με τις απαντήσεις τους, και κατ' επέκτασιν εκείνο θα φτάσει ταχύτερα στον τερματισμό. Το 6.66% των μαθητών θεώρησε πως, εφόσον κινούνται σε διαδρομή ίσου μήκους και τα δύο κινούμενα σώματα είναι ίδιου τύπου (έστω κι αν το ένα είναι φορτωμένο), τότε θα τερματίσουν ταυτόχρονα, μη υπολογίζοντας πως δεν απαγορεύεται να κινούνται με διαφορετική ταχύτητα. Μόλις το 4.99% αναγνώρισε πως, ο μόνος παράγοντας που εν τέλει θα καθορίσει την σειρά με την οποία τα σώματα θα τερματίσουν θα είναι η ταχύτητα των σωμάτων. Η συγκεκριμένη ερώτηση αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα μη κατανόησης της έννοιας της μάζας, Βέβαια, μεγάλο μερίδιο ευθύνης για το φαινόμενο αυτό βαραίνει τα σχολικά εγχειρίδια: στο σχολικό εγχειρίδιο για το μάθημα της Φυσικής στην Ε' δημοτικού, η έννοια της μάζας ορίζεται ως η ποσότητα της ύλης από την οποία αποτελείται ένα σώμα, για πρώτη φορά στο κεφάλαιο 1 (*Υλικά Σώματα*), ενώ και στο τελευταίο κεφάλαιο του ίδιου εγχειριδίου, το οποίο αφορά έννοιες της μηχανικής, οι όποιες αναφορές στη μάζα γίνονται καθαρά για να διαχωριστεί από την έννοια του βάρους, χωρίς κάποια αναφορά στην μάζα ως μέτρο της αδράνειας ενός σώματος. Κατ' επέκτασιν, δεν προξενεί εντύπωση το συγκεκριμένο αποτέλεσμα.

Στην ερώτηση 9, 16 (13.33% του δείγματος) μαθητές απάντησαν στην ερώτηση όχι με βάση τα αλγεβρικά στοιχεία που τους δίνονταν, αλλά με βάση την μάζα των

κινούμενων σωμάτων. Εδώ, τα σώματα είναι διαφορετικά: το μεν ένα σώμα είναι ελέφαντας, το δε άλλο τσιτάχ. Δεν θα ήταν αδόκιμο να θεωρήσουμε πως οι μαθητές επηρεάζονται από τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους αναφορικά με τα δύο αυτά ζώα και επηρεάζονται και από την εικόνα που εμφανίζουν – κάτι τέτοιο είναι αναμενόμενο, αφού πρόκειται για εγγενές χαρακτηριστικό πληθώρας αντιλήψεων (Driver et al., 1985). Εν τούτοις, κάτι τέτοιο παραμένει εικασία, η οποία για να μελετηθεί εις βάθος και να διαπιστωθεί σε ποιο βαθμό δημιουργούνται αντιλήψεις ακριβώς από αυτό το φαινόμενο, απαιτεί τη χρήση συνέντευξης, η οποία ωστόσο δεν ήταν δυνατό να πραγματοποιηθεί.

2. Σχέση απόστασης, χρόνου και ταχύτητας

Εξαιρετικό ενδιαφέρον εμφανίζουν οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις που αφορούν τη σχέση απόστασης, χρόνου και ταχύτητας. Συγκεκριμένα, οι αντιλήψεις αυτές εμφανίζονται στις περισσότερες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου, αλλά η χρήση αλγεβρικών τιμών στις περισσότερες ερωτήσεις περιορίζει σημαντικά τον ανοικτό χαρακτήρα των ερωτήσεων. Κατ' επέκτασιν, για να μελετηθούν καλύτερα οι σχέσεις αυτές, θα μελετηθούν τα αποτελέσματα των ερωτήσεων 1, 2 και 5, καθώς αυτές οι ερωτήσεις δεν περιορίζουν τις απαντήσεις των μαθητών.

Αναφορικά με την ερώτηση 1, η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών (85% του δείγματος) έδωσε απάντηση κρίνοντας από το διάστημα που έπρεπε να διανύσει το σώμα, και συνέδεσε την σειρά τερματισμού μονάχα με την απόσταση που διένυσε το εκάστοτε σώμα. Το 10% των μαθητών απάντησε πως το σώμα που κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα θα είναι αυτό που θα τερματίσει πρώτο, χωρίς να συνυπολογίζουν κάποιο άλλο παράγοντα. Οι απαντήσεις αυτές δεν μπορούν να θεωρηθούν επαρκείς: δεν υπάρχει επαρκής τεκμηρίωση, καθ' ότι δεν συνυπολογίζεται ο χρόνος και στις δύο περιπτώσεις, αλλά και η ταχύτητα και η απόσταση αντίστοιχα στις απαντήσεις των μαθητών. Η περιορισμένη εστίαση αυτή αποτελεί ακόμα ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα των αντιλήψεων (Driver et al., 1985) και μπορεί να επιδοθεί έως ένα σημείο στην κακή κατάκτηση -ή έστω υποβάθμιση της σημαντικότητας- του χρόνου, επιβεβαιώνοντας τα δεδομένα των Siegler και Richard (1979). Αυτό εν μέρει μπορεί να αποδοθεί και σε κακή ενσωμάτωση της «τριάδας» των εννοιών υπό μελέτη, τακτική η οποία, όταν κατακτηθεί, βελτιώνει σημαντικά τις επιδόσεις των μαθητών (Matsuda, 2001; Halford, 1999, στο Matsuda, 2001). Η γνωστική ενσωμάτωση των εννοιών σε ένα νέο νοητικό σχήμα θα επέτρεπε στους μαθητές να μελετάνε κάθε

κίνηση, μελετώντας και τις τρεις παραμέτρους ταυτόχρονα σε κάθε νέο πείραμα ή κίνηση με την οποία θα έρθουν αντιμέτωποι στο εξής.

Αντίστοιχη περίπτωση αποτελούν και τα αποτελέσματα της ερώτησης 2. Συγκεκριμένα, το ποσοστό των μαθητών που έκρινε ποιο σώμα θα τερματίσει πρώτο με βάση την απόσταση αυξήθηκε κατά 6,66% σε σχέση με την ερώτηση 1, φτάνοντας το 91,66% του συνολικού δείγματος. Παρ' όλο που η διαδρομή άλλαξε μορφή (από ευθεία έγινε κυκλική), όχι μόνο δεν ανατράπηκε η τάση των μαθητών να απαντάνε βασιζόμενοι μονάχα στο διάστημα που θα διανύσει το κινητό, αλλά ενισχύθηκε. Το γεγονός ότι το ποσοστό των μαθητών που απάντησε κατ' αυτόν τον τρόπο ξεπέρασε το 90% του δείγματος, αποτελεί χαρακτηριστικό δείκτη του τρόπου σκέψης των μαθητών. Η ερώτηση 5 άλλαξε τελείως πλαίσιο, καθώς οι ερωτήσεις 1 και 2 έδιναν μια διαδρομή στους μαθητές, με αρχή και τέλος, οι οποίες ήταν συγκρίσιμες, ανέφεραν μεν ρητά πως τα σώματα ήταν ίδια, αλλά δεν έδιναν περισσότερα στοιχεία για την ταχύτητα των σωμάτων ή για τον χρόνο κίνησης.

Αντίθετα, η ερώτηση 5 δεν είχε κάποια προδιαγεγραμμένη πορεία που ενδεχομένως βοηθούσε τους μαθητές, τους έδινε ωστόσο στοιχεία για την διαδρομή και τον χρόνο κίνησης: η διαδρομή και για τον λαγό και για την χελώνα ήταν κοινή, ενώ η χελώνα τερμάτισε πρώτη, και κατ' επέκτασιν χρειάστηκε λιγότερο χρόνο για να διανύσει στην απόσταση. Μόλις το 5% ωστόσο σκέφτηκε κατ' αυτόν τον τρόπο, με το 43.33% να δίνει απαντήσεις οι οποίες καθόριζαν ποιο σώμα κινείται ταχύτερα με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ζώων. Μέσα στο 51.66% των μαθητών που έδωσαν ασαφείς απαντήσεις, σημαντικό μέρος αυτών δεν αφορούσε την ερώτηση, αλλά τα στοιχεία του μύθου και άλλα ηθικολογικά στοιχεία, τα οποία ωστόσο δεν μπορούσαν να γίνουν δεχτά ως απαντήσεις, κατ' ότι δεν δινόταν απάντηση στο ποιο σώμα κινούταν πιο γρήγορα, αλλά γιατί νίκησε η χελώνα τον λαγό.

3. Έννοια της ταχύτητας

Στην ερώτηση 4, οι μαθητές κλήθηκαν να ορίσουν την έννοια της ταχύτητας σε ένα μικρότερο συμμαθητή τους, χωρίς κανένα περιορισμό αναφορικά με το πλαίσιο που θα έπρεπε να χρησιμοποιήσουν.

Το 50% του δείγματος όρισε την ταχύτητα με βάση τον όρο «γρήγορα» ή «γρηγοράδα». Με άλλα λόγια, οι μαθητές αντιλαμβάνονται την ταχύτητα ως ένα μέτρο κίνησης, το οποίο παρ' όλα αυτά δεν μπορεί να οριστεί από μόνο του, καθώς η έννοια

«γρήγορα/γρηγοράδα» είναι σχετική και απαιτεί σύγκριση με δεύτερο σώμα. Κατ' επέκτασιν, ταχύτητα έχουν μόνο εκείνα τα σώματα τα οποία κινούνται με μεγάλη ταχύτητα και γίνονται εύκολα αντιληπτά από τους μαθητές, σύμφωνα με τον ορισμό αυτό. Η κυριαρχία των αντιληπτικών δεδομένων είναι εμφανής και εδώ (Driver et al., 1985) στις απαντήσεις των παιδιών.

Το 23.33% των μαθητών χρησιμοποίησε και την έννοια «αργά» («ταχύτητα είναι το πόσο γρήγορα ή αργά πηγαίνει κάτι»). Με αυτό τον τρόπο, αναγνωρίζουν πως ταχύτητα δεν έχουν μονάχα τα σώματα τα οποία έχουν αντιληπτά μεγαλύτερη ταχύτητα από εκείνα, αλλά και αυτά που κινούνται με οριακά αντιληπτή ταχύτητα. Παρ' όλα αυτά και αυτός ο ορισμός έχει σοβαρούς περιορισμούς, αφού και εδώ απαιτείται σύγκριση της κίνησης του σώματος με ένα άλλο σώμα.

Ένα 13.33% των μαθητών όρισε την ταχύτητα βάσει σωμάτων της καθημερινότητάς τους (ποδήλατα, αυτοκίνητα, η κίνηση που κάνουν οι ίδιοι κ.α.), συνδέοντας την ταχύτητα με την κίνηση. Ωστόσο, δεν υπήρχε κάπου κάποια έννοια μεταβολής της θέσης, αλλά η ταχύτητα αντιμετωπίστηκε ως ένα εγγενές χαρακτηριστικό των σωμάτων, μία ιδιότητα που τα σώματα είχαν ανέκαθεν και γινόταν αντιληπτή από τα αποτελέσματά της, τα οποία εκφραζόντουσαν ως κίνηση.

Τέλος, το 5% του δείγματος συνέδεσε την ταχύτητα με την δύναμη, και συγκεκριμένα η ταχύτητα αποτελεί μέτρο της δύναμης με την οποία κινείται ένα σώμα. Οι απαντήσεις αυτές μπορούν να αποδοθούν σε μεγάλο βαθμό στην μη κατανόηση τόσο της έννοιας της δύναμης (σ.σ. το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ δύο σωμάτων) και της ταχύτητας, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούν αδιακρίτως έννοιες που περιγράφουν την πρώτη έννοια για να περιγράψουν την δεύτερη. Αν και εν μέρει το φαινόμενο αυτό δεν είναι σπάνιο (Driver et al., 1985), εν τούτοις μένει να διερευνηθεί το κατά πόσο οι απαντήσεις αυτές οφείλονται σε ελλείψεις σε γλωσσικό επίπεδο (δεν είχαν άλλο τρόπο να περιγράψουν την έννοια του ρυθμού μεταβολής) ή όντως υπάρχουν ιδιαίτερες συνδέσεις μεταξύ των δύο εννοιών, ακόμα και σε αυτό το επίπεδο και ηλικία. Βέβαια, και αυτή η διαπίστωση είναι εν μέρει αναμενόμενη, αν αναλογιστούμε πως οι αντιλήψεις έχουν την τάση να αντιστέκονται στις αλλαγές (Chi, Kristensen & Roscoe, 2012; Hartel, 1982; Viennot, 1979), και πως ήδη από την προσχολική ηλικία ο Χατζηγεωργίου (1998) ανιχνεύει τις πρώτες αντιλήψεις που συνδέουν την κίνηση με έννοιες της δύναμης.

4. Σχέση της μέσης και της στιγμιαίας ταχύτητας

Η ερώτηση 8 σχεδιάστηκε έχοντας υπόψιν την κατανόηση του κατά πόσο οι μαθητές διαχωρίζουν τη μέση από τη στιγμιαία ταχύτητα. Στους μαθητές δόθηκε μια εικόνα από ένα ταχύμετρο αυτοκινήτου, το οποίο είχε την ένδειξη 40 km/h και τους ζητήθηκε να αναφέρουν εάν μπορούσε κάποιος να πει πως η ταχύτητα αυτή είναι σταθερή σε όλη τη διάρκεια του ταξιδιού ή όχι, και γιατί ισχύει η άποψή τους.

Το 56.66% των μαθητών δικαιολόγησε πως δεν μπορούσε να ειπωθεί κάτι τέτοιο, γιατί η ταχύτητα που δείχνει το κοντέρ του αυτοκινήτου αλλάζει συχνά, ανάλογα με τις συνθήκες κίνησης. Το 8,33% των μαθητών αντίθετα δεν μπόρεσε να κάνει αυτή τη διάκριση και εξομοίωσε την μέση ταχύτητα με την στιγμιαία. Ωστόσο, το 35% των μαθητών είτε δεν έδωσε απάντηση, είτε η απάντηση που έδωσε ήταν ασαφής. Κατ' επέκτασιν, μόλις λίγο πάνω από το 50% του δείγματος (56.66%) μπόρεσε να διακρίνει με επάρκεια το αν η υπό μελέτη περίπτωση αφορά στιγμιαία ή μέση ταχύτητα, επιβεβαιώνοντας μόνο εν μέρει την βιβλιογραφία (Gravemeijer et al., 2007).

5. Υπολογισμό της ταχύτητας, της απόστασης ή του χρόνου

Το μεγαλύτερο πλήθος ερωτήσεων αφορούσε την μελέτη των μηχανισμών που οι μαθητές χρησιμοποίησαν για την εύρεση μίας εκ των τριών εννοιών (ταχύτητα, απόσταση, χρονική διάρκεια κίνησης), μελετώντας και τις απαντήσεις τους στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, αλλά και την δικαιολόγηση που χρησιμοποίησαν για να φτάσουν στα συμπεράσματά τους.

Ξεκινώντας από την ερώτηση 6, οι απαντήσεις ήταν δοσμένες με τέτοιο τρόπο, ώστε να ωθήσουν τους μαθητές να επιλέξουν σχεδόν ενστικτωδώς κάποια από αυτές. Η πρώτη επιλογή (200 km/h) προκύπτει από το γινόμενο του χρόνου με την απόσταση που διένυσε το σώμα, ενώ το γεγονός ότι το τελευταίο ήταν αγωνιστικό αυτοκίνητο ενδεχομένως δημιουργούσε προσδοκίες για επίτευξη υψηλών ταχυτήτων. Η δεύτερη απάντηση (102 km/h) μπορούσε να προκύψει, εάν προστίθετο ο χρόνος που κινήθηκε το μονοθέσιο στην απόσταση που διένυσε αυτό. Αντίστοιχα, η τρίτη επιλογή (98 km/h) αποτελούσε το αλγεβρικό αποτέλεσμα της διαφοράς μεταξύ της απόστασης που διένυσε το σώμα και το χρόνο που χρειάστηκε, ενώ η 4^η επιλογή (50 km/h) ήταν η επιστημονικώς ορθή, με βάση τα δεδομένα. Η τελευταία αλγεβρική επιλογή που δόθηκε (100 km/h) ταυτιζόταν με το διάστημα που διένυσε το σώμα, ενώ οι μαθητές είχαν επίσης την επιλογή να προτείνουν κάποιο δικό τους αποτέλεσμα.

Αναφορικά με τις αλγεβρικές τιμές που επέλεξαν για την ταχύτητα του σώματος, τα μεγαλύτερα ποσοστά συνέλεξαν οι επιλογές 200 km/h (18.33%) και 50 km/h (56,66%). Ωστόσο, τα ποσοστά αυτά δεν παρατηρούνται και στις δικαιολογήσεις των μαθητών: αν και 68 μαθητές επιλέγουν ως τιμή της ταχύτητας τα 50 km/h, μόλις οι 52 δικαιολογούν. Αντίστοιχα, από τους 22 μαθητές που επέλεξαν ως τιμή της ταχύτητας τα 200 km/h, δικαιολογούν μόλις οι 8, οι οποίοι είναι εξίσου μοιρασμένοι μεταξύ των δύο λανθασμένων μοντέλων σκέψης που προβλέφθηκαν: οι μεν 4 επιλέγουν να δικαιολογήσουν την τιμή της ταχύτητας του σώματος με βάση τα χαρακτηριστικά του σώματος, οι δε υπόλοιποι 4 βρίσκοντας το γινόμενο του διαστήματος που διένυσε το σώμα με τον χρόνο που χρειάστηκε.

Ιδιαίτερος είναι ο τρόπος που δικαιολογούν οι μαθητές τις απαντήσεις τους, όταν επιλέγουν ως τιμή τα 50 km/h. Και εδώ, όπως προαναφέρθηκε, υπάρχει σημαντική μείωση μεταξύ των απαντήσεων και του πλήθους των συμμετεχόντων που δικαιολόγησε (η μείωση του πλήθους που δικαιολόγησε ανέρχεται στο 23.5% επί των μαθητών που επέλεξαν την απάντηση 50 km/h, σχεδόν το ¼ αυτών), αλλά παρ' όλα αυτά κανένας δεν χρησιμοποίησε την κλασσική εξίσωση της ταχύτητας για να υπολογίσει την ταχύτητα που κινήθηκε το σώμα. Αντίθετα προτιμήθηκε η μέθοδος των ανάλογων ποσών. Οι μαθητές προσέθεταν τις τιμές της ταχύτητας για όσες ώρες το σώμα κινούταν. Η τιμή της ταχύτητας η οποία, όταν προστεθεί στον εαυτό τόσες φορές, όσες και οι ώρες που το σώμα κινείται, θα βγάλει ως αποτέλεσμα την απόσταση-στόχο, γίνεται αυτομάτως δεχτή ως σωστή. Η λογική αυτή δεν είναι μακριά από την εξίσωση υπολογισμού της απόστασης βάσει χρόνου και ταχύτητας (σ.σ. $d=v \cdot t$), καθώς δουλεύει κατά την ίδια λογική. Ωστόσο, το ζητούμενο εδώ δεν ήταν η απόσταση, αλλά η ταχύτητα, οπότε το μοντέλο αυτό απαιτεί ένα ενδιάμεσο βήμα και δοκιμές, προκειμένου να βρεθεί η σωστή τιμή ταχύτητας.

Η ερώτηση 7, ωστόσο, φανέρωσε ένα διαφορετικό ζήτημα, εξίσου σημαντικό. Σε αυτήν την ερώτηση, το ποσοστό που απάντησε σωστά στην ερώτηση ήταν αρκετά μικρό, μόλις 4.99% του δείγματος, ενώ ένα εντυπωσιακό 54.99% είτε δεν απάντησε, είτε έδωσε απάντηση η οποία ήταν εκτός θέματος ή ασαφής. Το 28.33% ωστόσο, απάντησε και δικαιολόγησε, κάνοντας ένα δομικό λάθος: παρ' όλο που η ερώτηση ζητούσε την ταχύτητα των σωμάτων κατά τη διάρκεια του αγώνα, οι μαθητές υπολόγισαν την ταχύτητα μονάχα για τον χρόνο που τα ζώα κινούνταν. Κατ' επέκτασιν, ο λαγός κινούταν ταχύτερα σε όλη την διάρκεια του αγώνα, πράγμα που θα οδηγούσε σε παράδοξο, αφού εν τέλει η χελώνα νίκησε. Επίσης, στην εκφώνηση τονίζεται ότι ο

λαγός χρειάστηκε 8 ώρες για να τερματίσει. Εν τούτοις, μόνο το 4.99%, όπως προαναφέρθηκε, υπολόγισε σωστά, φανερώνοντας μια σαφή δυσκολία των μαθητών να κατανοήσουν την έννοια του χρόνου κίνησης: η κυριολεκτική ερμηνεία του όρου οδηγεί σε παρερμηνείες της έννοιας, φαινόμενο που έκανε αισθητή την παρουσία του στην προκειμένη περίπτωση.

Στην ερώτηση 9 επιχειρείται η ανάδυση των νοητικών μηχανισμών και στρατηγικών που χρησιμοποιούν οι μαθητές για να υπολογίσουν την απόσταση που διανύει ένα σώμα. Καθώς ένα μέρος των αποτελεσμάτων της συγκεκριμένης ερώτησης αναλύθηκε στις αντιλήψεις που συνδέουν την μάζα και την ταχύτητα, η επικέντρωση εδώ θα γίνει στα υπόλοιπα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν. Ένα 10% των μαθητών συνέδεσαν την μεγαλύτερη απόσταση με τον μεγαλύτερο χρόνο κίνησης, και αντίστοιχα, ένα 20% με την μεγαλύτερη ταχύτητα, επιβεβαιώνοντας τα ευρήματα της Matsuda (2001), οι μαθητές σκέφτονται με μία λογική *«περισσότερο ήσσαν περισσότερο»*. Βέβαια, οι μαθητές βασίζονται πολύ περισσότερο στην ταχύτητα για να κρίνουν ποιο σώμα θα φτάσει μακρύτερα, παρά στον χρόνο (ακριβώς οι διπλές παρατηρήσεις), επιβεβαιώνοντας τις θεωρίες περί κακής ενσωμάτωσης των τριών εννοιών σε ένα νοητικό σχήμα. Όσοι μαθητές απάντησαν αλγεβρικά στην ερώτηση, και όχι περιγραφικά, όπως οι προηγούμενες δύο περιπτώσεις απαντήσεων που αναλύθηκαν, χρησιμοποίησαν και πάλι αυτό τον ιδιότυπο μηχανισμό που παρατηρήθηκε να χρησιμοποιείται ευρέως στην ερώτηση 6, ελαφρώς τροποποιημένο για να ταιριάζει στα δεδομένα της άσκησης. Δεδομένου ότι δεν ήταν δυνατό να προσθέσουν την ταχύτητα του ελέφαντα 70 φορές, δικαιολόγησαν πως σε μία ώρα ο ελέφαντας θα διανύσει 3 χλμ., και άρα σε 70 θα διανύσει $70 \cdot 3 = 240$ χλμ. Ανάλογα έπραξαν για να βρουν και την ταχύτητα του άλλου ζώου.

Και στην ερώτηση 10, το συνολικά 36.66% των μαθητών που απάντησε είτε 120 λεπτά, είτε επέλεξε να δώσει άλλη απάντηση και όρισε ως τιμή της διάρκειας κίνησης τις δύο ώρες. Από αυτούς δεν δικαιολόγησαν όλοι οι μαθητές: μόλις το 29.99% των μαθητών δικαιολόγησε την απάντησή του στο ερώτημα για το χρόνο που χρειάστηκε ο ποδηλάτης. Ειδικότερα, και πάλι έκανε την εμφάνισή της η στρατηγική που συναντήθηκε και πριν, το υβρίδιο, δηλαδή, των ανάλογων ποσών και της εξίσωσης εύρεσης του διαστήματος. Και το υπόλοιπο 8.33% που δικαιολόγησε με σαφήνεια τις απαντήσεις του ωστόσο δεν ξέφυγε από αυτή τη λογική: ενώ οι μαθητές που δικαιολόγησαν την απάντησή τους με την προηγούμενη στρατηγική χρησιμοποίησαν ένα περιγραφικό τρόπο για να δικαιολογήσουν τις πράξεις τους, οι 10 αυτοί μαθητές

χρησιμοποίησαν μονάχα αλγεβρικές πράξεις, οι οποίες αντιστοιχούσαν στην εξίσωση εύρεσης της απόστασης, αν και έλειπε η επιστημονική ορολογία.

Στο δεύτερο σκέλος της ερώτησης 10, ο ποδηλάτης ακολουθούσε την αντίστροφη διαδρομή, με τη διαφορά ότι πλέον η ταχύτητα δεν ήταν σταθερή. Παρέχονταν, δε, τόσο το μήκος του εκάστοτε σκέλους, όσο και η ταχύτητα με την οποία διένυε το εκάστοτε μήκος το σώμα, ενώ το ζητούμενο ήταν εάν απαιτούταν περισσότερος χρόνος στην αρχική διαδρομή του πρώτου σκέλους, ή στην δεύτερη διαδρομή της επιστροφής, και γιατί. Τα δεδομένα ήταν ρυθμισμένα ώστε ο χρόνος που απαιτείτο και για τις δύο διαδρομές να είναι ίσος. Το 48.33% των μαθητών δεν έδωσε απάντηση, ή η απάντηση που έδωσε δεν ήταν σαφής. Μόλις 4 μαθητές (8.33% του δείγματος) απάντησαν σωστά, όπου και οι 4 δικαιολόγησαν χρησιμοποιώντας την θεωρία των ανάλογων ποσών για να δικαιολογήσουν την απάντησή τους και να βρουν την συνολική χρονική διάρκεια της κίνησης. 21.66% των μαθητών ανέφερε πως είτε θα χρειαστεί περισσότερο χρόνο, είτε λιγότερο, βασιζόμενο στις υψομετρικές διαφορές που περιγράφεται πως έχει η διαδρομή, ενώ ένα 9,99% δικαιολόγησε πως είτε η μεν διαδρομή, είτε η δε θα γίνει σε μικρότερο χρονικό διάστημα ελέω των διαφορετικών αρχικών και τελικών ταχυτήτων. Η ερώτηση 11 αποτελεί την τελευταία ερώτηση του ερωτηματολογίου και την τελευταία ερώτηση που μελετάει τον τρόπο που διαχειρίζονται οι μαθητές σε αλγεβρικό επίπεδο την τριάδα των υπό μελέτη εννοιών. Και αυτή η ερώτηση αποτελείται από δύο σκέλη, στο πρότυπο της ερώτησης 10. Όπως παρουσιάστηκε στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων, το 44.99% των μαθητών επέλεξε ως ταχύτητα του αεροπλάνου την τιμή 1200 km/h, η οποία ως αλγεβρική τιμή ταυτίζεται και με την απόσταση που διανύει το αεροπλάνο. Σχεδόν το ¼ των μαθητών (24.99%) διάλεξε ως απάντηση τα 400 km/h, η οποία είναι και η σωστή τιμή, ενώ 19.99% των μαθητών δεν απάντησε στην ερώτηση. Μελετώντας τις στρατηγικές που ακολούθησαν για να δικαιολογήσουν τις απαντήσεις τους οι μαθητές, το 31.66% αυτών δικαιολόγησε την επιλογή του αθροίζοντας τις αποστάσεις που διένυσε το σώμα, ταυτίζοντας το διανυθέν διάστημα με την ταχύτητα του σώματος. Το 9.99% των μαθητών βρήκε πρώτα την συνολική απόσταση που διένυσε το σώμα και μετά διαίρεσε με τον συνολικό χρόνο κίνησης, χωρίς ωστόσο να χρησιμοποιεί επιστημονική τυπολογία ή κάποια βασική εξίσωση. Επίσης, ένα 3.33% δικαιολόγησε την απάντησή του χρησιμοποιώντας την στρατηγική των ανάλογων ποσών, μαντεύοντας πρακτικά ποια από τις δοθείσες τιμές επαληθεύει την σχέση των ανάλογων ποσών. Παρ' όλα αυτά, η τακτική αυτή αποδείχθηκε λειτουργική, δεδομένου ότι όντως και οι 4 απαντήσεις ήταν σωστές.

Στο δεύτερο σκέλος της ερώτησης 11, ένα δεύτερο σώμα κινούταν προς τον ίδιο προορισμό, αλλά ακολουθώντας μια σημαντικά μικρότερη διαδρομή, αλλά και κινούμενο με μικρότερη ταχύτητα. Στους μαθητές δίνονταν στοιχεία για το μήκος της δεύτερης διαδρομής και την χρονική διάρκεια, και το ερώτημα ήταν ποιο από τα δύο σώματα θα έφτανε πρώτο. Το 13.33% του δείγματος συνέκρινε την χρονική διάρκεια των δύο δρομολογίων για να δικαιολογήσει την άποψη του, ενώ το 19.99% των μαθητών θεώρησε πως λιγότερο χρόνο θα χρειαστεί το σώμα που κινείται στην συντομότερη διαδρομή. Ωστόσο, το 63.33% των μαθητών είτε δεν απάντησε, είτε έδωσε ασαφή απάντηση, γεγονός που ίσως εν μέρει μπορεί να αποδοθεί στους χρονικούς περιορισμούς που είχαν τεθεί (1 διδακτική ώρα).

6. Γενικός σχολιασμός των ευρημάτων

Όπως αναλύθηκε, οι απαντήσεις που συλλέχθηκαν από το συγκεκριμένο δείγμα επιβεβαιώνουν μονάχα έως ένα σημείο. Το μεγαλύτερο ζήτημα ξεκινάει με τον μη ορισμό της έννοιας της ταχύτητας, αφού το δείγμα δεν ήταν ικανό να δώσει έναν επαρκή και επιστημονικά αποδεκτό ορισμό. Αντ' αυτού, εγκλωβίστηκε στο δίπολο «γρήγορα-αργά», με αποτέλεσμα οι απαντήσεις που καταγράφηκαν να πέφτουν σε νοηματικά κενά. Οι σχέσεις μεταξύ μάζας και ταχύτητας που παρατηρήθηκαν σε παλιότερες έρευνες (Hast, 2014; Hast & Howe; 2012) παρατηρήθηκε πως ήταν άμεσα εξαρτημένες από το πλαίσιο στο οποίο τοποθετούνταν τα σώματα, με αποτέλεσμα να μην μπορεί εν τέλει να εξαχθεί με σαφήνεια το πως η έννοια της μάζας επηρεάζει οριστικά αυτή της ταχύτητας.

Ακόμη, ο διαχωρισμός της μέσης από την στιγμιαία ταχύτητα δεν είναι στα αναμενόμενα επίπεδα: περισσότεροι από τους μισούς μαθητές καθίστανται ικανοί να διαχωρίσουν στο σενάριο που τους δόθηκε και να δικαιολογήσουν επαρκώς το αν το κοντέρ του αυτοκινήτου είναι ενδεικτικό της μέσης ή της στιγμιαίας ταχύτητας (παρ' όλο που στην καθημερινότητά τους αυτές οι δύο έννοιες συγχέονται), ένα σημαντικό ποσοστό των μαθητών δεν απάντησε ή έδωσε ασαφή απάντηση (35%).

Αναφορικά με τις ιδιαίτερες σχέσεις μεταξύ της τριάδας των υπό μελέτη εννοιών, διαφαίνεται μια πολύ έντονη εξάρτηση στο πλαίσιο της άσκησης: στις ερωτήσεις 1, 2 και 11 (σκέλος β') μελετάται σε μεγάλο βαθμό το ίδιο ζήτημα, με την διαφορά ότι στην τελευταία ερώτηση δίνονται αλγεβρικά στοιχεία για την απόσταση που διανύουν τα σώματα και για τον χρόνο που χρειάζονται. Παρατηρήθηκε πως, στην τελευταία ερώτηση μειώθηκαν σημαντικά τα πολύ υψηλά ποσοστά των μαθητών που απαντούσαν μονάχα βάσει απόστασης στα ερωτήματα 1 και 2, ενώ εμφανίστηκε και

μία μερίδα ατόμων που έκρινε βάσει του χρόνου που χρειάστηκαν τα σώματα. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρήθηκε και στις απαντήσεις του ερωτήματος 9. Παρ' όλο, λοιπόν, που η απόσταση και η ταχύτητα «καταδυναστεύουν» στο μυαλό των παιδιών τις δικαιολογήσεις τους, με αποτέλεσμα να βασίζονται σε αυτές τις δύο έννοιες όταν δεν έχουν αλγεβρικές τιμές για το πρόβλημα που μελετούν, το σκηνικό δέχεται μια μικρή ανατροπή όταν τα μεγέθη δέχονται συγκεκριμένες τιμές. Αυτό βέβαια εξηγείται, σύμφωνα με την μελέτη της βιβλιογραφίας: γνωρίζουμε ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να επεξεργαστούν δύο παράγοντες ταυτόχρονα στην ηλικία των 11 (Piaget, 1978; Matsuda, 2001; Siegler & Richards, 1979; Wilkening, 1981), όπως επίσης ότι περιοριζόμενοι από τις γνωστικές τους ικανότητες και την δύσκολα αντιληπτή έννοια του χρόνου οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν την λειτουργία του χρόνου στην έννοια της ταχύτητας, με αποτέλεσμα οι μαθητές σχεδόν να αγνοούν την έννοια του χρόνου, όταν αυτή δεν αναφέρεται ρητά. Όταν πάλι στα δεδομένα ο χρόνος έχει συγκεκριμένη τιμή, τότε το σκηνικό αυτό εν μέρει ανατρέπεται, καθώς μια μερίδα του δείγματος φαίνεται να κρίνει με βάση την χρονική διάρκεια της κίνησης και να αντιλαμβάνεται και την ύπαρξη της τρίτης αυτής έννοιας ως κεντρικής για την περιγραφή μιας κίνησης.

Αναντίλεκτα, όπως προέκυψε από τα αποτελέσματα, οι μαθητές επηρεάζονται από τα αντιληπτικά δεδομένα τους και τις παλαιότερες γνώσεις και εμπειρίες τους, ακόμα κι όταν τους παρέχονται δεδομένα. Ένα σημαντικό κομμάτι του δείγματος (43.33% στην ερώτηση 5, 21.66% στην ερώτηση 10 στο β' σκέλος) επηρεάστηκε είτε από τις ιδιαίτερες ιδιότητες είτε της διαδρομής είτε των σωμάτων, βάζοντας σε δεύτερη μοίρα τους υπολογισμούς με βάση κάποια εξίσωση ή τις υποθέσεις με βάση τον ορισμό της ταχύτητας.

Οι στρατηγικές που χρησιμοποίησαν οι μαθητές εμφάνισαν ιδιαιτερότητες που μόνο εν μέρει προβλέφθηκαν από την βιβλιογραφία. Οι μαθητές προτίμησαν μία στρατηγική με βάση τη χρήση ανάλογων ποσών, η οποία βρίσκεται σε συμφωνία με την αντίληψη που ανέχνευσε ο Thompson (1992) περί αντιμετώπισης της ταχύτητας ως αναλογίας μεταξύ απόστασης και χρόνου και όχι ως λόγο μεταξύ των δύο τελευταίων εννοιών. Ωστόσο, σε ελάχιστες περιπτώσεις το δείγμα χρησιμοποίησε κάποιου είδους εξίσωση, ή έστω οργανωμένης γραφής, επιλέγοντας συχνότερα έναν περιγραφικό τρόπο δικαιολόγησης για να εξηγήσουν γιατί επέλεξαν να πράξουν ως έπραξαν. Σε μικρότερο βαθμό εμφανίστηκαν και άλλες στρατηγικές (πρόσθεση ή αφαίρεση εννοιών), οι οποίες είναι ενδεικτικές αυτού που ο Thompson (1992) ονόμασε «ποσοτικοποίηση»: οι

μαθητές εκτελούν αδιακρίτως πράξεις, χωρίς ωστόσο να κατανοούν ποιο είναι το νόημα των πράξεων ή τι συμβολίζει η κάθε ποσότητα την οποία χρησιμοποιούν.

5.3. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Οι αντιλήψεις, όπως τονίστηκε σε πολλά σημεία της παρούσας εργασίας, εξαρτώνται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τα κοινωνικοπολιτισμικά στοιχεία και περιβάλλοντα μέσα στα οποία ζει ο μαθητής. Υπό αυτό το πρίσμα, το γεγονός ότι η έρευνα διεξήχθη με δείγμα το οποίο ήταν παρμένο εξ' ολοκλήρου από σχολεία της πόλεως Ρόδου αποτελεί έναν σημαντικό περιορισμό.

Επίσης, η χρήση μονάχα ερωτηματολογίου αποτελεί ένα ακόμα περιορισμό, αφού δεν καθίσταται δυνατό να γίνει κατανοητός ο βαθμός στον οποίο οι αντιλήψεις οι οποίες αναδείχθηκαν είναι ριζωμένες μέσα στα νοητικά σχήματα που έχουν σχηματίσει τα παιδιά.

5.4. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Μία ενδιαφέρουσα προοπτική για έρευνα θα ήταν η μελέτη των σχολικών εγχειριδίων, ιδίως εκείνων των μαθηματικών, αναφορικά με το πως εμφανίζεται η έννοια της ταχύτητας σε αυτά, και κατά πόσο τυχόν ασάφειες μπορεί να συσχετιστούν με την δημιουργία αντιλήψεων στους μαθητές.

Θα είχε επίσης ενδιαφέρον να μελετηθεί κατά τον ίδιο τρόπο ένα μεγαλύτερο δείγμα μαθητών, ώστε να ισχυροποιηθούν περαιτέρω τα ερευνητικά δεδομένα και να αναδειχθούν ακόμα περισσότερες αντιλήψεις.

Ενδεχομένως ακόμα, θα έπρεπε να δοθούν σε δύο διαφορετικές ομάδες ερωτηματολόγια τα οποία είναι κοινά, που όμως έχουν ελαφρώς διαφορετική γλωσσική περιγραφή των ερωτημάτων και να μελετηθεί ο τρόπος που η αλλαγή στη γλωσσική περιγραφή του ερωτήματος επηρεάζει τις απαντήσεις των μαθητών (σ.σ. «*ποιο σώμα θα φτάσει γρηγορότερα στην Κων/πολη;*» αντί του «*ποιο σώμα θα φτάσει πρώτο στην Κων/πολη;*»).

Τέλος, θα ήταν δόκιμο να συνταχθεί μία διδακτική παρέμβαση ειδικά για την μελέτη της ταχύτητας, η οποία θα έχει βάση την εποικοδομητική προσέγγιση και να μελετηθεί ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζονται και εξελίσσονται οι αντιλήψεις των μαθητών, αφού δεχτούν την διδασκαλία αυτή.

5.5 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν τα συμπεράσματα της έρευνας, όπως επίσης και περιορισμοί της παρούσας εργασίας, αλλά και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Carson, R., & Rowlands, S. (2005). Mechanics as the Logical Point of Entry for the Enculturation into Scientific Thinking. *Science & Education*, 14(3-5), 473-492. <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-004-1791-9>

Chi, M.T.H., Kristensen, A.K. & Roscoe, R. (2011). Misunderstanding Emergent Causal Mechanism in Natural Selection. *Cognitive Science*, 36(1), 1-61

Chi, M.T.H., Slotta, J.T. & De Leeuw N. (1994). From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4(1), 27-43. DOI: 10.1016/0959-4752(94)90017-5

Chiu, Y-J. (2008). *A Study on the Misconceptions of Average Velocity from Teaching and Learning Approaches*. Paper presented in Conference of Asian Science Education, Kaohsiung, Taiwan, 20-23 February

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2005). *Research methods in education* (5th ed.).

Driver R., Asoko H., leach J., Mortimer E. & Scott P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12. Ανακτήθηκε από: http://calteach.ucsc.edu/People/_Instructors/documents/Driver-Constructionofscikn.pdf (03/02/2017)

Driver and Oldham, (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education* 13, 105-122. DOI: 10.1080/03057268608559933

Duit, (1993). Research on students' conceptions- developments and trends, στο:

The Proceedings of the 3rd International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Ithaka, NY:

Misconceptions Trust.

Gravemeijer, K., Figueiredo, N., Feijs, E., Galen, F., Keijzer, R., Munk, F., & Frink, C. *Measurement and geometry in upper primary school*.

Härtel, H. (1982). The Electric Circuit as a System: A New Approach. *European Journal Of Science Education*, 4(1), 45-55.
<http://dx.doi.org/10.1080/0140528820040106>

Hast, M. (2015). Children's Developing Theories of Motion: Subjectivity and Shift. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 191, 442-446.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.681>

Hast, M., & Howe, C. (2013). Towards a Complete Commonsense Theory of Motion: The interaction of dimensions in children's predictions of natural object motion. *International Journal Of Science Education*, 35(10), 1649-1662.
<http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2011.604685>

Joung, Y.J. (2009). Children's Typically-Perceived-Situations of Floating and Sinking, *International Journal of Science Education*, 31(1), 101-127. DOI: 09500690701744603

Métioui, A. & MacWillie, M.B. (2013). Children's beliefs about the concepts of distance, time and speed. *European Centre for Research Training and Development UK*, 1(2) 24-38.

Piaget, J., Holloway, G., & Mackenzie, M. (2006). *The child's conception of movement and speed* (1st ed.). London: Routledge.

Rowlands, S., Graham, T., Berry, J., McWillan, P. (2005). Are 'misconceptions' or alternative frameworks of force and motion spontaneous or formed prior to instruction? *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 44(1), 84-103

Kang, S., Scharmann, L.C., Noh, T. (2004). Reexamining the Role of Cognitive Conflict in Science Concept Learning. *Research in Science Education*, 34(1), 71-96. DOI: 10.1023/B:RISE.0000021001.77568.b3

Matsuda, F. (2001). Development of concepts of interrelationships among duration, distance, and speed. *International Journal of Behavioral Development*, 25(5), 466-480.
<http://dx.doi.org/10.1080/016502501316934905>

Osborne & Freyberg, (1985). *Learning in Science: The Implications if*

Children's Science, London: Heinemann.

Pfundt, H. & Duit, R. (1994). *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education*. 4th. edition. Kiel, Germany: Institute for Science Education at the University of Kiel

Scott, P. (1987). *A Constructivist View of Teaching and Learning*. Leeds, Children's Learning in Science Project, University of Leeds.

Siegler, R., & Richards, D. (1979). Development of time, speed, and distance concepts. *Developmental Psychology*, 15(3), 288-298. <http://dx.doi.org/10.1037//0012-1649.15.3.288>

Thompson, P. W. (1994). The development of the concept of speed and its relationship to concepts of rate. In G. Harel & J. Confrey (Eds.), *The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics* (pp. 181-234). Albany, NY: SUNY Press.

Von Glasersfeld, (1993). Questions and answers about radical constructivism στο: K. Tobin (επιμ.), *The Practice of Constructivism in Science Education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum

Viennot, L. (1979). Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics. *European Journal Of Science Education*, 1(2), 205-221. <http://dx.doi.org/10.1080/0140528790010209>

Wilkening, F. (1981). Integrating velocity, time, and distance information: A developmental study. *Cognitive Psychology*, 13(2), 231-247. DOI: 10.1016/0010-0285(81)90009-8

Yıldız, A. (2016). A discussion on velocity–speed and their instruction. *Journal Of Physics: Conference Series*, 707, 012040. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/707/1/012040>

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Driver, Guesne & Tiberghien, (1993). Οι ιδέες των παιδιών και η μάθηση των φυσικών επιστημών, στο: R. Driver, E. Guesne, A & Tiberghien (επιμ.), *Οι ιδέες των παιδιών και η μάθηση στις φυσικές επιστήμες*, Ένωση Ελλήνων Φυσικών, Αθήνα: Τροχαλία, 1-12.

Driver, R., Squires A., Rushworth P. & Wood-Robinson V. (1998). *Οικο-δομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια παγκόσμια σύνοψη των Ιδεών των Μαθητών* (μετάφραση Μαρία Χατζή). Εκδόσεις Τυπωθήτω.

Χαλκιά, Κ. (2008). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες: θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. 4^η έκδοση. Αθήνα: Πατάκη

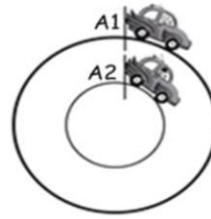
Χατζηγεωργίου, Γ. (1988). *Η φυσική μέσα από τα μάτια του μικρού παιδιού*. Αθήνα: Γρηγόρης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

• Το αυτοκίνητο Α ξεκινά από το σημείο Κ για να πάει στο σημείο Λ, ενώ ένα ίδιο αυτοκίνητο Β ξεκινά από το σημείο Μ για να πάει στο σημείο Ν. Ποιο από τα δύο αυτοκίνητα θα φτάσει πρώτο στον προορισμό του; Εξήγησε την απάντησή σου.

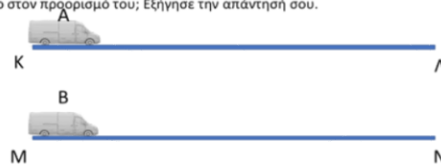
The diagram illustrates two parallel horizontal paths. The upper path is labeled 'A' and has endpoints 'K' on the left and 'L' on the right. The lower path is labeled 'B' and has endpoints 'M' on the left and 'N' on the right. Small car icons are positioned above the starting points K and M.

- Το αυτοκίνητο A1 κινείται στον εξωτερικό κύκλο, ενώ το αυτοκίνητο A2 κινείται στον εσωτερικό κύκλο. Τα αυτοκίνητα διανύουν τους κύκλους και επιστρέφουν στην αρχική τους θέση. Ποιο από τα δύο αυτοκίνητα θα φτάσει πρώτο στον προορισμό του; Εξήγησε την απάντησή σου.

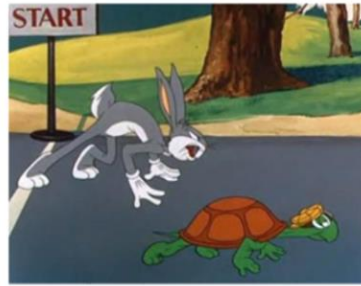


- Ένας μαθητής της Α δημοτικού άκουσε τη λέξη «ταχύτητα», αλλά δεν κατάλαβε τι σημαίνει αυτή η λέξη... Μπορείς να του εξηγήσεις, με όσο το δυνατό πιο απλό και αναλυτικό τρόπο, τι σημαίνει η λέξη «ταχύτητα»;

- Το αυτοκίνητο A ξεκινά από το σημείο K για να πάει στο σημείο Λ, ενώ ένα ίδιο αυτοκίνητο B ξεκινά από το σημείο M για να πάει στο σημείο N. Το A είναι άδειο ενώ το B είναι φορτωμένο. Ποιο από τα δύο αυτοκίνητα θα φτάσει πρώτο στον προορισμό του; Εξήγησε την απάντησή σου.



- Στο ομώνυμο παραμύθι, η χελώνα νίκησε τον λαγό στον αγώνα που είχαν. Ποιος από τους δύο κινήθηκε με μεγαλύτερη ταχύτητα κατά τη διάρκεια του αγώνα; Δικαιολόγησε την απάντησή σου



Ένα αγωνιστικό μονοθέσιο αυτοκίνητο της F1 διανύει 100 χλμ. σε περίπου 2 ώρες.

- Ποια ήταν η ταχύτητα του μονοθέσιου κατά τη διάρκεια του αγώνα;
 - 102 χλμ./ώρα
 - 98 χλμ./ώρα
 - 50 χλμ./ώρα
 - 200 χλμ./ώρα
 - 100 χλμ./ώρα
 - Τι άλλο;
 - Δεν γνωρίζω



- Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

Στο γνωστό αγώνα μεταξύ χελώνας και λαγού, η χελώνα διένυσε σε 6 ώρες 24 χιλιόμετρα, ενώ ο λαγός διένυσε τα ίδια χιλιόμετρα σε 8 ώρες, αφού τις 4 από αυτές κοιμόταν.

- Ποια ήταν η ταχύτητα, κατά τη διάρκεια του αγώνα, της χελώνας και ποια του λαγού; Εξήγησε την απάντησή σου.



- Το κοντέρ του αυτοκινήτου δείχνει κάποια στιγμή στη διάρκεια ενός ταξιδιού πως αυτό πηγαίνει με 40 χλμ./ώρα. Μπορούμε να πούμε ότι αυτοκίνητο πηγαίνει με σταθερή ταχύτητα 40 χλμ./ώρα σε όλο το ταξίδι; Γιατί;



Η απόσταση από την Ρόδο μέχρι την Λίνδο είναι περίπου 50 χλμ. Ένας ποδηλάτης που προπονείται για την επόμενη Ολυμπιάδα ξεκίνησε από την Ρόδο με κατεύθυνση την Λίνδο και κινήθηκε με ταχύτητα 25 χλμ./ώρα. Πόσο χρόνο χρειάστηκε μέχρι να φτάσει στη Λίνδο;

- ❖ 25 ώρες
- ❖ 2.5 ώρες
- ❖ 120 λεπτά
- ❖ 3 ώρες
- ❖ Τι άλλο;
- ❖ Δεν γνωρίζω

Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;

Στην επιστροφή, ο ίδιος ποδηλάτης κινήθηκε αρχικά στα πρώτα 30 χλμ. μέχρι και τα Κολύμπια με ταχύτητα 30 χλμ./ώρα, καθώς ο δρόμος ήταν κατηφορικός, και έπειτα διένυσε το υπόλοιπο της διαδρομής με ταχύτητα 20 χλμ./ώρα. Χρειάστηκε περισσότερο χρόνο για να πάει από την Ρόδο στην Λίνδο, ή από την Λίνδο στην Ρόδο; Γιατί;



- Για να πάει κάποιος στην Κωνσταντινούπολη από την Ρόδο, πρέπει πρώτα να πάει στην Θεσσαλονίκη, διανύοντας μια απόσταση 650 χλμ., και μετά να πάει στην Κωνσταντινούπολη, η οποία απέχει 550 χλμ. από την Θεσσ/νίκη. Το ταξίδι Ρόδος-Θεσσαλονίκη-Κωνσταντινούπολη διαρκεί 3 ώρες.

- Ποια ήταν η ταχύτητα του ταξιδιού Ρόδος-Θεσσαλονίκη-Κωνσταντινούπολη;
- 1200 χλμ./ώρα
- 100 χλμ./ώρα
- 400 χλμ./ώρα
- Τι άλλο;
- Δεν γνωρίζω
- Δικαιολόγησε την απάντησή σου

- Μία νέα γραμμή ενώνει πλέον απευθείας την Ρόδο με την Κωνσταντινούπολη. Εάν αυτό το αεροπλάνο διανύει τα 600 χλμ. μέχρι την Κωνσταντινούπολη σε 2 ώρες, τότε ποιο από τα δύο αεροπλάνα θα φτάσει πρώτο στην Κων/πολη, αυτό της γραμμής Ρόδος-Θεσσ/νίκη-Κων/πολη ή αυτό της γραμμής Ρόδος-Κων/πολη; Δικαιολόγησε την απάντησή σου. Γιατί;

