ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
026000200263

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

166

Ιωάννης Γ. Παππάς

Εννοιολογική Μάθηση στα Μαθηματικά και τη Φυσική με Χρήση Κατάλληλων Αναπαραστάσεων: Η Συμβολή Λογισμικού για την Ανάλυση της Κίνησης στην Κατανόηση Γραφικών Παραστάσεων

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2005

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΙΩΑΝΝΗΣ Γ. ΠΑΠΠΑΣ

ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ: Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

που υποβλήθηκε στον Τομέα Διδακτικής των Μαθηματικών
του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης
της Σχολής Επιστημών Αγωγής
του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Συμβουλευτική Επιτροπή

1. Ευγενία Κολέζα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης-Σχολή Επιστημών Αγωγής-Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, επιβλέπουσα
2. Αναστάσιος Μικρόπουλος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης-Σχολή Επιστημών Αγωγής-Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
3. Ιωάννης Ρίζος, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής-Σχολή Θετικών Επιστημών-Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Εξεταστική Επιτροπή

1. Γεώργιος Δήμου, Πρύτανης Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης-Σχολή Επιστημών Αγωγής-Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
2. Ανδρονίκη Μπούφη, Καθηγήτρια, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης-Σχολή Επιστημών Αγωγής-Πανεπιστήμιο Αθηνών
3. Κωνσταντίνος Κώτσης, Επίκουρος Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης-Σχολή Επιστημών Αγωγής-Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
4. Χαράλαμπος Λεμονίδης, Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης-Παιδαγωγική Σχολή Φλώρινας-Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Η δημόσια υποστήριξη της διδακτορικής διατριβής πραγματοποιήθηκε την 1 Φεβρουαρίου 2005 στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Η έγκριση διπλωματικής εργασίας από το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης της Σχολής Επιστημών Αγωγής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα.

(ν. 5343/32, άρθρο 202 §2)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^{ο} – ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1
1.2. ΥΠΟΒΑΘΡΟ 1
1.3. ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ 3
1.4. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 4
1.5. ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ 5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^{ο} – ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΗ ΦΥΣΙΚΗ 7

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 7
2.2. ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΗ ΦΥΣΙΚΗ 8
2.2.1. Ορολογία - Ορισμοί 8
2.2.2. Εννοιολογική μάθηση σε αντίθεση με την διαδικαστική μάθηση 8
2.2.3. Διαδικασίες και συστατικά της εννοιολογικής μάθησης 10
2.2.4. Εννοιολογική Μάθηση - Διεπιστημονική προσέγγιση στα Μαθηματικά και τη Φυσική 11
2.3. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΓΙΑ ΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΗ ΦΥΣΙΚΗ 14
2.3.1. Πολλαπλές Αναπαραστάσεις και Εννοιολογική Μάθηση 17
2.3.2. Πολλαπλές αναπαραστάσεις και Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές 18
2.3.3. Ο ρόλος των Αναπαραστάσεων στην Διεπιστημονική Προσέγγιση για την Εννοιολογική Μάθηση στα Μαθηματικά και τη Φυσική 20
2.4. ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ 23
2.5. ΠΕΡΙΛΗΨΗ 24

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^{ο} – ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ Η/Υ 25

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 25
3.2. Η ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ 25
3.3. ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ Η/Υ 27
3.3.1. Προσομοιώσεις 27
3.3.2. Εργαστήρια Βασισμένα σε Υπολογιστή - MBL 30
3.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ ΑΠΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΒΙΝΤΕΟ – VBL 31
3.4.1. Ορολογία 32
3.4.2. Χαρακτηριστικά των VBL 33
3.4.3. Διαδικασία Ανάλυσης της Κίνησης με VBL 36
3.4.4. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας στην Έρευνα για τα VBL 45
3.5. ΠΕΡΙΛΗΨΗ 71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^{ο} – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ 72

4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 72
4.2. ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ 72
4.3. ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ – ΠΡΩΤΟΤΥΠΙΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 73
4.4. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΙ ΑΞΟΝΕΣ 75
4.5. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ 76

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

4.5.1. Μεταβλητές της Έρευνας 76
4.5.2. Ερευνητικές Υποθέσεις 81
4.6. ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ – ΔΕΙΓΜΑ 82
4.6.1. Πληθυσμός της Έρευνας 82
4.6.2. Δείγμα της Έρευνας 84
4.7. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ 89
4.7.1. Πειραματικό Σχέδιο 89
4.7.2. Εσωτερική και Εξωτερική Εγκυρότητα 90
4.7.3. Επιλογή Μέσων Συλλογής Δεδομένων 93
4.8. ΜΕΣΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ 95
4.8.1. Ερωτηματολόγιο Αξιολόγησης 96
4.8.2. Συνεντεύξεις 97
4.9. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΗΣ ΈΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΤΩΝ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ 103
4.9.1. Συνθήκες Πειραματικής Παρέμβασης 104
4.9.2. Συγκρότηση Εργαστηριακών Ομάδων 104
4.9.3. Δραστηριότητες Εργαστηρίων 105
4.9.4. Διαδικασία Πειραματικών Χειρισμών και Χορήγησης Μέσων Συλλογής Δεδομένων 117
4.10. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ 120
4.10.1. Ανάλυση Δεδομένων Ερωτηματολογίου Αξιολόγησης 120
4.10.2. Ανάλυση Δεδομένων Συνεντεύξεων 122
4.11. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΗΘΗΚΕ 128
4.11.1. Απειλές στην Εσωτερική και Εξωτερική Εγκυρότητα από τον Πειραματικό Σχεδιασμό 129
4.12. ΠΕΡΙΛΗΨΗ 131

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^{ο} – ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ 132

5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 132
5.2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ 132
5.3. ΜΕΘΟΔΟΣ – ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 134
5.3.1. Δείγμα 134
5.3.2. Μέθοδος 135
5.3.3. Διαδικασία 136
5.4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 138
5.4.1. Ανάλυση Παρατηρήσεων Προκαταρκτικής Μελέτης 139
5.5. ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΚΑΤΑΡΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 147
5.6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ 149
5.7. ΠΕΡΙΛΗΨΗ 149

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^{ο} – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 150

6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 150
6.2. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ 150
6.2.1. Συνολικό Σκορ 150
6.2.2. Σκορ Α Μέρους Ερωτηματολογίου (γραφικές παραστάσεις εντός πλαισίου) 152
6.2.3. Σκορ Β Μέρους Ερωτηματολογίου (μη πραγματικές καταστάσεις) 154
6.2.4. Σύγκριση Σκορ Α και Β Μέρους Ερωτηματολογίου 155
6.2.5. Ευκολότερο Μέρος του Ερωτηματολογίου 155
6.2.6. Ανάλυση επί μέρους ερωτήσεων του ερωτηματολογίου 157
6.2.7. Σύνοψη Αποτελεσμάτων Στατιστικής Ανάλυσης για τις Επί Μέρους Ερωτήσεις του Ερωτηματολογίου 179
6.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ 183

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

6.3.1. Κατανόηση Γραφικών Παραστάσεων 183
6.3.2. Κατανόηση Διεπιστημονικών Εννοιών από τη Φυσική και τα Μαθηματικά. 257
6.4. ΠΕΡΙΛΗΨΗ 293

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^{ο} – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ 294

7.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 294
7.2. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 294
7.3. ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ 300
7.3.1. Ερευνητική Υπόθεση 1 300
7.3.2. Ερευνητική Υπόθεση 2 301
7.3.3. Ερευνητική Υπόθεση 3 302
7.3.4. Ερευνητική Υπόθεση 4 303
7.4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΑΡΟΜΟΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ 304
7.5. ΓΕΝΙΚΟΤΕΡΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 306
7.6. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΈΡΕΥΝΑ 308
7.7. ΠΕΡΙΛΗΨΗ 309

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 310

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ 325

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΠΙΝΑΚΕΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Πίνακας 4.1 - Έννοιες και Ικανότητες που περιέχονταν στις δραστηριότητες της έρευνας 107
Πίνακας 4.2 - Επιμέρους στόχοι της κάθε δραστηριότητας 108
Πίνακας 5.1 - Σημαντικότερα αποτελέσματα προκαταρκτικής μελέτης 139
Πίνακας 6.1 - Συνολικό Σκορ Προ και Μετά 151
Πίνακας 6.2 - Συσχέτιση μεταξύ Συνολικό Σκορ Προ και Συνολικό Σκορ Μετά 151
Πίνακας 6.3 - t-test για το Συνολικό Σκορ Προ και Μετά 151
Πίνακας 6.4 - Σκορ Α Μέρους Προ και Μετά 153
Πίνακας 6.5 - Συσχέτιση μεταξύ Σκορ Α Μέρους Προ και Σκορ Α Μέρους Μετά 153
Πίνακας 6.6 - t-test για το Σκορ Α Μέρους Προ και Μετά 153
Πίνακας 6.7 - Συνολικό Σκορ Β Μέρους Προ και Σκορ Β Μέρους Μετά 154
Πίνακας 6.8 - Συσχέτιση μεταξύ Σκορ Β Μέρους Προ και Σκορ Β Μέρους Μετά 154
Πίνακας 6.9 - t-test για το Σκορ Β Μέρους Προ και Μετά 155
Πίνακας 6.10 - Διαφορά Σκορ Α και Β Μέρους Προ και Μετά 155
Πίνακας 6.11 - Ποιο μέρος βρήκαν ευκολότερο οι φοιτητές Προ και Μετά 156
Πίνακας 6.12 - Ευκολότερο Μέρος και Σκορ – Προ 157
Πίνακας 6.13 - Ευκολότερο Μέρος και Σκορ - Μετά 157
Πίνακας 6.14 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Desks1 (N=48) 159
Πίνακας 6.15 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Desks2 (N=48) 159
Πίνακας 6.16 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Mary (N=48) 160
Πίνακας 6.17 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Transport1 (N=48) 161
Πίνακας 6.18 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Transport2 (N=48) 162
Πίνακας 6.19 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Cardiff1 (N=48) 163
Πίνακας 6.20 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Cardiff2 (N=48) 163
Πίνακας 6.21 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Story1 (N=48) 164
Πίνακας 6.22 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Story2 (N=48) 165
Πίνακας 6.23 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Story3 (N=48) 166
Πίνακας 6.24 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Charity1 (N=48) 166
Πίνακας 6.25 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Charity2 (N=48) 167
Πίνακας 6.26 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Weight1 (N=48) 168
Πίνακας 6.27 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Weight2 (N=48) 169
Πίνακας 6.28 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Multiples1 (N=48) 171
Πίνακας 6.29 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Multiples2 (N=48) 171
Πίνακας 6.30 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Multiples3 (N=48) 171
Πίνακας 6.31 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Multiples4 (N=48) 172
Πίνακας 6.32 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Squares1 (N=48) 173
Πίνακας 6.33 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Squares2 (N=48) 173
Πίνακας 6.34 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Squares3 (N=48) 174
Πίνακας 6.35 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Changes1 (N=48) 175
Πίνακας 6.36 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Changes2 (N=48) 175
Πίνακας 6.37 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Changes3 (N=48) 175
Πίνακας 6.38 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Changes4 (N=48) 176
Πίνακας 6.39 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Constant Rate (N=48) 176
Πίνακας 6.40 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Greatest Change (N=48) 177
Πίνακας 6.41 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Intervals1 (N=48) 179
Πίνακας 6.42 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Intervals2 (N=48) 179
Πίνακας 6.43 - Ποσοστό Επιτυχίας Προ και Μετά για όλες τις ερωτήσεις 180
Πίνακας 6.44 - Ερωτήσεις με Διαφορά Ποσοστού Επιτυχίας Προ - Μετά άνω του 13,5% 181
Πίνακας 7.1 - Έννοιες και ικανότητες που εξέταζε το ερωτηματολόγιο και στις οποίες υπήρξε η σημαντικότερη βελτίωση 296
Πίνακας 7.2 - Συγκεντρωτική παρουσίαση αποτελεσμάτων ανάλυσης των ερευνητικών συνεντεύξεων για την κατανόηση των γραφικών παραστάσεων 298
Πίνακας 7.3 - Συγκεντρωτική παρουσίαση αποτελεσμάτων ανάλυσης των ερευνητικών συνεντεύξεων για την κατανόηση βασικών εννοιών της κινηματικής 299

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΙΚΟΝΕΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Εικόνα 2. 1 – Αναπαραστάσεις και Μεταφράσεις (μοντέλο Shama & Layman) 22

Εικόνα 3. 1 – Στιγμιότυπο οθόνης του περιβάλλοντος εργασίας στο VideoPoint 37
Εικόνα 3. 2 – Στιγμιότυπο οθόνης του παράθυρου παρουσίασης της ταινίας στο VideoPoint 38
Εικόνα 3. 3 – Στιγμιότυπο οθόνης του πίνακα συντεταγμένων στο VideoPoint 39
Εικόνα 3. 4 – Στιγμιότυπο οθόνης παράθυρου γραφικών παραστάσεων στο VideoPoint 42
Εικόνα 3. 5 – Σχηματική παρουσίαση αποτελεσμάτων της έρευνας του Beichner (1996) 59

Εικόνα 4. 1 - Στιγμιότυπα από την κίνηση της δραστηριότητας "Καρέκλα" 109
Εικόνα 4. 2 - Γραφική Παράσταση x(t) για την δραστηριότητα "Καρέκλα" 110
Εικόνα 4. 3 - Στιγμιότυπα της κίνησης της δραστηριότητας "Άρση Βαρών" 111
Εικόνα 4. 4 - Γραφική Παράσταση y(t) για τη δραστηριότητα "Άρση Βαρών" 112
Εικόνα 4. 5 - Στιγμιότυπο από την ταινία της 3ης δραστηριότητας 114
Εικόνα 4. 6 - Στιγμιότυπο από την ταινία της 4ης δραστηριότητας 114
Εικόνα 4. 7 - Στιγμιότυπα της κίνησης της δραστηριότητας "Αντίθετα κινούμενα αυτοκίνητα" 115
Εικόνα 4. 8 - Στιγμιότυπο της κίνησης της δραστηριότητας "Τα τρενάκια" 116
Εικόνα 4. 9 - Στιγμιότυπο κίνησης από τη δραστηριότητα επίδειξης 118
Εικόνα 4. 10 - Σχηματική Αναπαράσταση Υπολογισμού τιμής t στο t-test 121

Εικόνα 5. 1 - Στιγμιότυπο βίντεο με παραβολική κίνηση 137
Εικόνα 5. 2 - Στιγμιότυπο κίνησης δραστηριότητας εξοικείωσης 137
Εικόνα 5. 3 - Στιγμιότυπο από τον πίνακα συντεταγμένων του VideoPoint 140
Εικόνα 5. 4 - Γραφική παράσταση x(t) για τη 2η Δραστηριότητα 142
Εικόνα 5. 5 - Γραφική παράσταση x-ταχύτητας συναρτήσει χρόνου για τη 2η Δραστηριότητα 143

Εικόνα 6. 1 - Συνολικό Σκορ Προ και Μετά για κάθε φοιτητή 152
Εικόνα 6. 2 - Κατανομή απαντήσεων για το ευκολότερο μέρος του ερωτηματολογίου 156
Εικόνα 6. 3 - Σχήμα που συνόδευε τα ερωτήματα με κωδικό Desks1 και Desks2 158
Εικόνα 6. 4 - Σχήμα που συνόδευε το ερώτημα με κωδικό Mary 160
Εικόνα 6. 5 - Εκφώνηση του ερωτήματος με κωδικό Transport1 161
Εικόνα 6. 6 - Εκφώνηση του ερωτήματος με κωδικό Transport2 161
Εικόνα 6. 7 - Σχήμα που συνόδευε τα ερωτήματα με κωδικό Cardiff1 και Cardiff2 162
Εικόνα 6. 8 - Σχήμα που συνόδευε το ερώτημα με κωδικό Story1 163
Εικόνα 6. 9 - Σχήμα που συνόδευε το ερώτημα με κωδικό Story2 164
Εικόνα 6. 10 - Σχήμα που συνόδευε το ερώτημα με κωδικό Story3 165
Εικόνα 6. 11 – Εκφώνηση του ερωτήματος με κωδικό Charity1 166
Εικόνα 6. 12 - Εκφώνηση του ερωτήματος με κωδικό Charity2 167
Εικόνα 6. 13 - Σχήμα που συνόδευε τα ερωτήματα με κωδικό Weight1 και Weight2 168
Εικόνα 6. 14 - Εκφώνηση των ερωτημάτων με κωδικό Multiples1-4 170
Εικόνα 6. 15 - Εκφώνηση των ερωτημάτων με κωδικό Squares1-3 172
Εικόνα 6. 16 - Εκφώνηση που συνόδευε τα ερωτήματα με κωδικό Changes1-4 174
Εικόνα 6. 17 - Εκφώνηση του ερωτήματος με κωδικό Constant Rate 176
Εικόνα 6. 18 - Εκφώνηση του ερωτήματος με κωδικό Greatest Change 177
Εικόνα 6. 19 - Εκφώνηση των ερωτημάτων με κωδικό Intervals1 και Intervals2 178
Εικόνα 6. 20 - Επιλογή ερωτημάτων με αξιόλογη μεταβολή ποσοστού επιτυχίας προ - μετά 182
Εικόνα 6. 21 - Σωστή απάντηση για το ερώτημα Transport2 197
Εικόνα 6. 22 - Σωστή γραφική παράσταση για το ερώτημα Story3 213
Εικόνα 6. 23 - Συνήθης απάντηση στο ερώτημα Story3 214
Εικόνα 6. 24 - Απάντηση της Ανέτας στο ερώτημα Mary μετά την πειραματική παρέμβαση 222
Εικόνα 6. 25 - Απάντηση της Νατάσσας στο ερώτημα Mary 231
Εικόνα 6. 26 - Εναλλακτική γραφική παράσταση για το ερώτημα Story2 240
Εικόνα 6. 28 - Σχήμα διερεύνησης της κατανόησης για τα συστήματα αναφοράς 288
Εικόνα 6. 29 - Γραφικές παραστάσεις για τη διερεύνηση της κατανόησης των συστημάτων αναφοράς 289
Εικόνα 6. 30 - Εναλλακτικό σχήμα για τη διερεύνηση της κατανόησης των συστημάτων αναφοράς. 289

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Ευχαριστίες

Θα ήθελα καταρχήν να ευχαριστήσω το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων που με υποδέχθηκε και μου παρείχε την στήριξη και τις συνθήκες που απαιτήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής. Ευχαριστώ θερμά τα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής για την συνεχή και πολύτιμη συμβολή τους στην εκπόνηση αυτής της διατριβής. Την επιβλέπουσα της διατριβής μου, Αν. Καθηγήτρια του Π.Τ.Δ.Ε. κυρία Ε. Κολέζα, που με ενέταξε στο Εργαστήριο Διδακτικής των Μαθηματικών και από τότε μέχρι σήμερα με στήριξε, με καθοδήγησε και με δίδαξε τόσο σε επιστημονικό όσο και σε προσωπικό επίπεδο. Τον Αν. Καθηγητή του Π.Τ.Δ.Ε. κύριο Α. Μικρόπουλο για την άψογη συνεργασία μας, την υποστήριξη του και την προθυμία του να παρέχει πάντα εύστοχη κριτική και συμβουλές. Τον Επ. Καθηγητή του τμήματος Φυσικής κύριο Ι. Ρίζο, με παρότρυνση του οποίου είχα ξεκινήσει αυτή τη διατριβή, για την τρίτη ματιά που πάντα προσέφερε, την προσφορά γνώσεων και προοπτικών και την συνεχή υποστήριξη του. Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης τον Αν. Καθηγητή του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αθηνών, κύριο Κ. Σκορδούλη που με τις συμβουλές και την καθοδήγηση του ενήργησε ως ένα άτυπο «τέταρτο» μέλος της συμβουλευτικής μου επιτροπής.

Ευχαριστώ, επίσης, όλα τα μέλη του Εργαστηρίου Διδακτικής των Μαθηματικών για τη συνεχή βοήθεια τους και για τις ατελείωτες ώρες συζητήσεων επί ερευνητικών και όχι μόνο θεμάτων. Ιδιαίτερα, τον συνάδελφο κύριο Κ. Τάτση για τη συμπαράσταση και επιστημονική του κρίση, καθώς και την συνάδελφο κυρία Μ. Ιατρίδου για τις συμβουλές και τις ατέλειωτες ώρες συζήτησης και ανταλλαγής απόψεων που είχα μαζί της.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια μου που μου προσέφερε τη μέγιστη συμπαράσταση κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Η διατριβή αυτή δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί χωρίς τη συμβολή τους. Ένα μέρος της ανήκει και σε αυτούς. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα κοντινά και αγαπημένα φιλικά μου πρόσωπα, που με στήριξαν και μου συμπαραστάθηκαν σε όλα τα χρόνια των σπουδών μου. Η ψυχική και συναισθηματική ισορροπία που μου παρείχαν ήταν σημαντική για την ολοκλήρωση της διατριβής μου.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Κεφάλαιο 1° – Εισαγωγή

1.1. Εισαγωγή

Η μελέτη αυτή ερευνά την επίδραση των πολλαπλών εξωτερικών αναπαραστάσεων μέσα από ένα περιβάλλον λογισμικού Η/Υ στην ενίσχυση της εννοιολογικής μάθησης για τη Φυσική και τα Μαθηματικά. Το τεχνολογικό μέσο που παρέχει τις πολλαπλές αναπαραστάσεις στα πλαίσια αυτής της μελέτης είναι το Εργαστήριο Βασισμένο σε Βίντεο ή VBL (Video-Based Laboratories), στο περιβάλλον του οποίου οι φοιτητές της έρευνας μας είχαν τη δυνατότητα μέσα από μια διεπιστημονική προσέγγιση να αναλύσουν και να μελετήσουν διάφορα φαινόμενα κίνησης. Η μελέτη φαινόμενων κίνησης επιλέχθηκε ως ο πλέον πρόσφορος χώρος για την διεπιστημονική εννοιολογική μάθηση στη Φυσική και τα Μαθηματικά. Το γνωστικό αντικείμενο στο οποίο εστιάσαμε την επίδραση των VBL για την εννοιολογική κατανόηση στη Φυσική και τα Μαθηματικά είναι οι γραφικές παραστάσεις και ορισμένες έννοιες της Κινηματικής.

Στη συνέχεια του κεφαλαίο αυτού παρουσιάζονται πληροφορίες υποβάθρου που αφορούν την μελέτη μας. Από αυτές τις πληροφορίες αναδύεται και διατυπώνεται το ερευνητικό πρόβλημα που η παρούσα μελέτη αντιμετωπίζει και παρουσιάζεται το περιεχόμενο της. Στο τέλος του κεφαλαίου παρουσιάζεται η διάρθρωση της διατριβής σε κεφάλαια για διευκόλυνση του αναγνώστη.

1.2. Υπόβαθρο

Η χρήση των πολλαπλών εξωτερικών αναπαραστάσεων ή MERs (Multiple External Representations) για την ενίσχυση της εννοιολογικής μάθησης έχει απασχολήσει πολλούς ερευνητές στο παρελθόν (Behr, et al., 1992, Kaput, 1994, Pena & Alessi, 1999, Wood, 1999, Noble et al., 2001). Τα πλεονεκτήματα της χρήσης MERs για την εννοιολογική μάθηση προκύπτουν από τη δυνατότητα των μαθητών να καταφεύγουν κατά περίσταση στο σύστημα αναπαράστασης που τους εξυπηρετεί καλύτερα, καθώς και στη δυνατότητα εντοπισμού των ίδιων πληροφοριών αλλά και

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

των διαφορών στην παρουσίαση τους από διαφορετικά συστήματα αναπαράστασης (Dickson, 1985, Even, 1998, Noble et al., 2001).

Ιδιαίτερη βαρύτητα έχει δοθεί από την ερευνητική κοινότητα στη χρήση και αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών για την παροχή στους μαθητές περιβαλλόντων που προσφέρουν πολλαπλές εξωτερικές αναπαραστάσεις (Kozma, 1991, Kaput, 1994, Ainsworth, 1999, Pena & Alessi, 1999, Wyberg, 1999). Αιτία για το αυξημένο ενδιαφέρον των ερευνητών σε αυτή την κατεύθυνση είναι η δυνατότητα που μας παρέχουν οι νέες τεχνολογίες για την υποστήριξη της μάθησης με νέα μέσα αναπαραστάσεων που παλιότερα δεν ήταν διαθέσιμα στην εκπαιδευτική κοινότητα. Τα μέσα αυτά παρέχουν τη δυνατότητα αναπαράστασης της γνώσης με δυναμικό τρόπο (οι μαθητές μπορούν να δράσουν μέσα στις αναπαραστάσεις) σε πολλαπλά συστήματα αναπαραστάσεων, που συνδέονται μεταξύ τους και προσφέρουν πολύ σπουδαίες δυνατότητες για την αξιοποίηση τους στη μάθηση (Kaput, 1994).

Οι έρευνες γύρω από την επίδραση αυτών των τεχνολογιών για την υποστήριξη της εννοιολογικής μάθησης μέσω κατάλληλων αναπαραστάσεων στο χώρο των θετικών επιστημών έχει κυρίως εστιασθεί στη Φυσική και στα Μαθηματικά ξεχωριστά. Πολλοί ερευνητές (Wicklein & Schell, 1995, Tinker, 1999) ωστόσο κρίνουν πως μια διεπιστημονική προσέγγιση θα συγκέντρωνε πολλά πλεονεκτήματα. Η ανάγκη για την διεπιστημονική προσέγγιση στην εκπαίδευση για τη Φυσική και τα Μαθηματικά μέσω της τεχνολογίας για την ενίσχυση μεταξύ άλλων στόχων και της εννοιολογικής τους κατανόησης, έχει καταγραφεί σε πολυάριθμες έρευνες και αναφέρεται στις τάσεις που διαπίστωσαν οι Laws και Hastings (2002) στην ανασκόπηση πάνω από 500 εργασιών των τελευταίων 20 ετών.

Ο πλέον πρόσφορος χώρος για τη διεπιστημονική προσέγγιση στη διδασκαλία και τη μάθηση της Φυσικής και των Μαθηματικών είναι η μελέτη των κινήσεων. Η μελέτη της κίνησης, δηλαδή των σχέσεων μεταξύ της θέσης, της απόστασης και της ταχύτητας καθώς μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου, επιτρέπει στους μαθητές να εισάγουν στη μαθησιακή διαδικασία την εμπειρία από τον φυσικό κόσμο την οποία κατέχουν και να την εξετάσουν με μαθηματικό τρόπο (Wright, 2001). Επιπλέον, όπως αναφέρει ο Kaput (1996), η μελέτη των φαινόμενων κίνησης παρέχει ένα λεξιλόγιο περιγραφικό και άμεσα μεταφέρσιμο στον κόσμο των μαθηματικών που περιγράφουν μεταβολές.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί πολλά και διαφορετικά περιβάλλοντα Ηλεκτρονικών Υπολογιστών (Η/Υ), που εκφράζουν διαφορετικές προσεγγίσεις στην μελέτη της κίνησης για τη μάθηση Φυσικής και Μαθηματικών. Μία κατηγορία τέτοιων περιβαλλόντων είναι τα Εργαστήρια Βασισμένα στο Βίντεο (VBL). Τα VBL είναι περιβάλλοντα Η/Υ που αναλύουν την κίνηση που περιέχεται σε ψηφιακής μορφής βίντεο και έτσι προσφέρουν την δυνατότητα για τη μελέτη φαινόμενων κίνησης πραγματικών καταστάσεων, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μάθηση τόσο στη Φυσική, όσο και στα Μαθηματικά. Παρόλα αυτά η πλειοψηφία των ερευνητών έχει ασχοληθεί με την εφαρμογή τους στο χώρο της εκπαίδευσης για τη Φυσική, ενώ λιγότερες έρευνες έχουν εστιάσει στη χρήση των VBL για την εκπαίδευση στα Μαθηματικά. Έτσι, η επιθυμητή σύνδεση μεταξύ των δύο επιστημών με τη βοήθεια των VBL αποτελεί μέχρι σήμερα στόχο και αντικείμενο έρευνας με το οποίο δεν έχει καταπιαστεί ικανοποιητικά η ερευνητική κοινότητα.

Αρκετές έρευνες (Zollman & Fuller, 1994, Williamson et al., 2000, Wehrbein, 2001, Graham & Sharp, 1999) έχουν εστιάσει στην κατανόηση εννοιών της κινηματικής μέσα από την μελέτη που προσφέρει για αυτές η Φυσική, χωρίς να εξετάζουν την κατανόηση τους μέσα και από την μαθηματική τους έκφραση που προσφέρουν οι μαθηματικές αναπαραστάσεις. Επίσης, αρκετές έρευνες (Beichner, 1990 και 1996, Graham & Sharp, 1999, Hein & Zollman 1997 και 2000), ειδικά από το χώρο της εκπαίδευσης για τη Φυσική, έχουν εξετάσει την επίδραση των VBL στην κατανόηση των γραφικών παραστάσεων που αποτελούν ένα πολύ καλό συνδετικό κρίκο των επιστημών της Φυσικής και των Μαθηματικών. Και αυτές όμως οι μελέτες εξειδικεύουν στην κατανόηση των γραφικών παραστάσεων αποκλειστικά για την περίπτωση της Κινηματικής. Έτσι, το πολύ σημαντικό αντικείμενο των γραφικών παραστάσεων δεν έχει εξεταστεί συνολικά και όσον αφορά τις συνιστώσες του, που συμβάλλουν στην καλή του εννοιολογική κατανόηση, παρά μόνο για ειδικές περιπτώσεις.

1.3. Διατύπωση του Ερευνητικού Προβλήματος

Τα VBL αν και έχουν κάνει την εμφάνιση τους εδώ και αρκετά χρόνια, αποτελούν ακόμα μία νέα τεχνολογία, ειδικά για τον χώρο της ελληνικής εκπαίδευσης, για την οποία δεν υπάρχει μέχρι στιγμής καμία μελέτη. Πτυχές της

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

αξιοποίησης των VBL στην εκπαιδευτική πράξη έχει καλύψει η διεθνής βιβλιογραφία και θα μπορούσε να ειπωθεί πως τα αποτελέσματα των παρελθόντων ερευνών θα μπορούσαν σε κάποιο βαθμό να γενικευθούν και αξιοποιηθούν και για την ελληνική εκπαίδευση.

Ένα όμως από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των δυνατοτήτων των VBL, αυτό της διασύνδεσης της διδασκαλίας και μάθησης Φυσικής και Μαθηματικών, παραμένει ανεξερεύνητο ακόμη και σε διεθνές επίπεδο. Η σχεδίαση δραστηριοτήτων ανάλυσης κίνησης μέσα από το πρίσμα μιας διεπιστημονικής προσέγγισης δεν έχει ερευνηθεί, όπως επίσης δεν έχουν ερευνηθεί τα αποτελέσματα της επίδρασης της στην εννοιολογική κατανόηση των μαθητών για τις δύο επιστήμες. Η επίδραση των VBL στην εννοιολογική μάθηση στη Φυσική και τα Μαθηματικά, όσον αφορά στην κατανόηση εννοιών της κινηματικής που όμως έχουν έντονη παρουσία και στη διδασκαλία και μάθηση των Μαθηματικών δεν έχει ερευνηθεί, επεκτείνοντας και διατηρώντας το καταστροφικό χάσμα μεταξύ της διδακτικής των δύο επιστημών (Arnold, 1997, Tzanakis & Thomaidis, 2000).

Η εννοιολογική κατανόηση στη Φυσική και τα Μαθηματικά, όπως αυτή μπορεί να μελετηθεί μέσα από την επίδραση των VBL στην κατανόηση των γραφικών παραστάσεων επίσης δεν έχει ερευνηθεί, εκτός από πολύ συγκεκριμένες περιπτώσεις. Η εστίαση όμως σε γραφικές παραστάσεις που αφορούν μόνο ένα πεδίο, την Κινηματική στη συγκεκριμένη περίσταση, ακυρώνουν σύμφωνα με τους Roth και Bowen (Roth & Bowen, 2001 και Bowen & Roth, 2002) την γενίκευση στην επίδραση που τα VBL έχουν στην κατανόηση των γραφικών παραστάσεων ως εξωτερικές αναπαραστάσεις γενικότερα.

1.4. Περιεχόμενο της Μελέτης

Η δική μας έρευνα έχει σκοπό να αντιμετωπίσει τα σημαντικά ζητήματα που παραμένουν σε μεγάλο βαθμό ανεξερεύνητα από τη μέχρι τώρα διεθνή βιβλιογραφία, όπως αναλύθηκε παραπάνω.

1. Πως μπορεί η μελέτη της κίνησης μέσα από το περιβάλλον των VBL να αξιοποιηθεί για μια διεπιστημονική προσέγγιση;

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

2. Τι επίδραση έχουν δραστηριότητες ανάλυσης κίνησης στην εννοιολογική κατανόηση[1] των μαθητών όσον αφορά γενικά τις γραφικές παραστάσεις, καθώς και έννοιες της Κινηματικής που αποτελούν κοινό αντικείμενο μελέτης της Φυσικής και των Μαθηματικών;

Για να απαντηθούν τα παραπάνω ζητήματα έγινε η ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, διατυπώθηκαν συγκεκριμένες ερευνητικές υποθέσεις και πραγματοποιήθηκε έρευνα με φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Για την πραγματοποίηση της έρευνας σχεδιάσθηκαν δραστηριότητες που σκοπό είχαν την προώθηση της διεπιστημονικής προσέγγισης στη βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης Φυσικής και Μαθηματικών όσον αφορά τις γραφικές παραστάσεις και τις έννοιες εκείνες της Κινηματικής που αποτελούν αντικείμενο μελέτης και των δύο επιστημών. Η επιτυχία των δραστηριοτήτων αυτών δοκιμάσθηκε με εμπειρική έρευνα που σκοπό είχε τον έλεγχο συγκεκριμένων ερευνητικών υποθέσεων. Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της έρευνας χρησιμοποιήθηκε ποιοτική και ποσοτική ανάλυση με κατάλληλο ερωτηματολόγιο και τη μέθοδο των συνεντεύξεων.

1.5. Διάρθρωση της Διατριβής

Το επόμενο κεφάλαιο της διατριβής, το *Κεφάλαιο 2*, εξηγεί τον όρο εννοιολογική μάθηση και πως χρησιμοποιείται στη μελέτη μας, καθώς και αναλύει τον ρόλο των αναπαραστάσεων στην εννοιολογική μάθηση για τη Φυσική και τα Μαθηματικά. Στα πλαίσια της παρουσίασης αυτής περιγράφεται και η προσπάθεια για μια διεπιστημονική προσέγγιση μεταξύ Φυσικής και Μαθηματικών για την ενίσχυση της εννοιολογικής κατανόησης και στις δύο επιστήμες.

Στο *3° Κεφάλαιο* γίνεται η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με την ανάλυση της κίνησης με τη βοήθεια Η/Υ ως μέσο για την βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης στη Φυσική και τα Μαθηματικά. Παρουσιάζονται οι διάφορες προσεγγίσεις σε αυτή την κατεύθυνση και συγκρίνονται ως προς τα μεταξύ τους πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην ανασκόπηση

[1] Για έναν ορισμό της «εννοιολογικής κατανόησης» ο αναγνώστης παραπέμπεται στο επόμενο κεφάλαιο (κεφάλαιο 2).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

της βιβλιογραφίας για τα VBL, που χρησιμοποιήσαμε στη δική μας έρευνα, όσον αφορά την σχεδίαση και χρήση τους στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Στο *4ο Κεφάλαιο* περιγράφεται η μεθοδολογία της έρευνας μας. Παρουσιάζονται οι ερευνητικές μεταβλητές και οι ερευνητικές υποθέσεις. Περιγράφεται ο ερευνητικός πληθυσμός και αναλύονται ζητήματα δειγματοληψίας, ερευνητικού σχεδιασμού, μέσων και διαδικασιών συλλογής και ανάλυσης των ερευνητικών δεδομένων.

Στο *5ο Κεφάλαιο* παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και τα ευρήματα της προκαταρκτικής μελέτης που προηγήθηκε της κυρίως έρευνας. Περιγράφονται τα ζητήματα που απασχόλησαν την προκαταρκτική μελέτη και πως τα αποτελέσματα της οδήγησαν στον καλύτερο σχεδιασμό της κυρίως έρευνας.

Στο *6ο Κεφάλαιο* παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της κυρίως έρευνας. Δίνονται τα στοιχεία που προέκυψαν από τη στατιστική ανάλυση του ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των συνεντεύξεων που διενεργήθηκαν.

Στο τελευταίο κεφάλαιο, το *κεφάλαιο 7*, γίνεται μια σύνοψη των αποτελεσμάτων και αναφέρονται τα συμπεράσματα της μελέτης μας. Επίσης σε αυτό το κεφάλαιο δίνονται προτάσεις για την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της έρευνας μας στην εκπαιδευτική πράξη, καθώς και προτάσεις για κατευθύνσεις μελλοντικών ερευνών.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Κεφάλαιο 2° – Εννοιολογική Μάθηση και Αναπαραστάσεις στα Μαθηματικά και τη Φυσική

2.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται ο όρος Εννοιολογική Μάθηση όπως χρησιμοποιείται σε αυτή τη διατριβή ως η μάθηση που στοχεύει στην εννοιολογική κατανόηση. Καθώς ο όρος «μάθηση» από μόνος του δεν παραπέμπει πάντοτε σε έναν τεχνικό όρο που περιγράφει με σαφήνεια το συγκεκριμένο φαινόμενο (Δήμου, 2003), εστιάζουμε σε αυτό το κεφάλαιο μόνο στην ερμηνεία του όρου που συναντάται στη διεθνή βιβλιογραφία ως Εννοιολογική Μάθηση (conceptual learning) για την περίπτωση των Μαθηματικών και της Φυσικής. Η ερμηνεία του όρου εννοιολογική μάθηση εστιάζεται στην περίπτωση της Φυσικής και των Μαθηματικών και προβάλλεται σε αντίθεση με την διαδικαστική μάθηση (procedural learning). Έμφαση δίνεται στην μορφή της εννοιολογικής κατανόησης στα πλαίσια μιας διεπιστημονικής προσέγγιση για τη διδασκαλία και μάθηση και των δύο επιστημών.

Στη συνέχεια του κεφαλαίου αναδεικνύεται ο κεντρικής σημασίας ρόλος των αναπαραστάσεων για την εννοιολογική κατανόηση και ιδιαίτερα ο ρόλος των πολλαπλών εξωτερικών αναπαραστάσεων στη διαδικασία της μάθησης. Περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο οι Νέες Τεχνολογίες μπορούν να συμβάλλουν στην αξιοποίηση των πολλαπλών αναπαραστάσεων για την εννοιολογική κατανόηση, ιδιαίτερα για την περίπτωση των διεπιστημονικών προσεγγίσεων μεταξύ Φυσικής και Μαθηματικών. Τέλος παρουσιάζεται η περίπτωση των γραφικών παραστάσεων ως ειδική περίπτωση μελέτης της εννοιολογικής κατανόησης για τα Μαθηματικά και τη Φυσική.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

2.2. Εννοιολογική Μάθηση στα Μαθηματικά και τη Φυσική

2.2.1. Ορολογία - Ορισμοί

Προτού προχωρήσουμε στην ερμηνεία του όρου «*εννοιολογική μάθηση στα Μαθηματικά και τη Φυσική*» έτσι όπως θα χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια αυτής της διατριβής, κρίνουμε σκόπιμο να αναφερθούμε σε τρεις όρους που αποτελούν συστατικά της. Οι όροι αυτοί είναι η «νοητική εικόνα» (mental picture), η «εννοιολογική εικόνα» (concept image) και ο «ορισμός έννοιας» (concept definition). Για την ανάπτυξη αυτών των εννοιών θα χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο που πρότεινε ο Shlomo Vinner (1983). Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, Νοητική Εικόνα είναι το σύνολο των «εικόνων» που έχει κανείς για κάποια έννοια, ενώ στο νέο όρο «εικόνα» περιλαμβάνεται οποιαδήποτε οπτική αναπαράσταση (εσωτερική ή εξωτερική) της έννοιας. Εκτός από τη Νοητική Εικόνα, υπάρχει και ένα σύνολο ιδιοτήτων και περιγραφών που σχετίζουμε με κάθε έννοια. Αυτές οι ιδιότητες μαζί με τη Νοητική Εικόνα δημιουργούν την Εννοιολογική Εικόνα. Η Εννοιολογική Εικόνα λοιπόν είναι διαφορετική για κάθε άνθρωπο και εξαρτάται από την Νοητική Εικόνα που έχει δημιουργήσει για την εκάστοτε έννοια, καθώς και από τις γνώσεις του για το σύνολο των ιδιοτήτων για αυτή την έννοια. Ο όρος Ορισμός Έννοιας έχει τη συνήθη σημασία του, δηλαδή τον λεκτικό ορισμό μιας έννοιας με έναν σαφή και μονοσήμαντο τρόπο. Για κάποιες έννοιες έχουμε έναν ορισμό, ενώ για κάποιες άλλες όχι. Για παράδειγμα, δεν έχουμε ορισμό για έννοιες όπως «σπίτι», «πορτοκάλι» κ.τ.λ., παρότι έχουμε μια πολύ καλά σχηματισμένη Εννοιολογική Εικόνα για τις έννοιες αυτές.

2.2.2. Εννοιολογική μάθηση σε αντίθεση με την διαδικαστική μάθηση

Η μελέτη μας εξετάζει τον όρο «*εννοιολογική μάθηση στα Μαθηματικά και τη Φυσική*» υπό την έννοια της εννοιολογικής κατανόησης (conceptual understanding) ή εννοιολογικής γνώσης (conceptual knowledge) που έχουν ή αποκτούν οι μαθητές στα Μαθηματικά και τη Φυσική σε αντίθεση με την διαδικαστική κατανόηση (procedural understanding) ή γνώση (procedural knowledge). Οι αναφορές σε εννοιολογική μάθηση και κατανόηση που θα γίνονται από αυτό το σημείο και στη συνέχεια σε αυτή

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

τη μελέτη θα αφορούν κατά κύριο λόγο την εννοιολογική μάθηση και κατανόηση που αφορούν τα Μαθηματικά και τη Φυσική.

Οι Hiebert και Lefevre (1986) περιγράφουν την διαδικαστική γνώση ως ένα σύνολο οδηγιών βήμα-προς-βήμα για την εκπλήρωση κάποιων διαδικασιών, οι οποίες αναφέρονται πάντα σε κάποιο συγκεκριμένο πλαίσιο. Αντίθετα, για την εννοιολογική κατανόηση, αναφέρουν πως είναι πλούσια σε συσχετίσεις και μπορεί να ιδωθεί σαν ένα δίκτυο γνώσεων και πληροφοριών όπου οι μεταξύ τους συσχετίσεις είναι το ίδιο σημαντικές όσο οι επιμέρους πληροφορίες. Η διαδικαστική κατανόηση φυσικά είναι χρήσιμη στη λύση προβλημάτων και δεν πρέπει να θεωρείται «κατώτερη» της εννοιολογικής. Το πρόβλημα όμως, σύμφωνα με τον Hiebert (1984), είναι πως στην πλειοψηφία των περιπτώσεων αποκτά την αποκλειστικότητα του ενδιαφέροντος των μαθητών, εις βάρος της εννοιολογικής κατανόησης.

Η παραπάνω προβληματική οδηγεί αναπόφευκτα στην διερεύνηση του πώς προκύπτουν αυτοί οι δύο τρόποι κατανόησης και το ποιος προκύπτει πρώτος. Πάνω σε αυτό το ζήτημα υπάρχει σειρά ερευνητών που διαφωνούν, ενώ κάποιοι θεωρούν πως και η διάκριση από μόνη της είναι λανθασμένη (Wu, 1999). Παρά τις παραπάνω διαφωνίες για την εξέλιξη εννοιολογικής και διαδικαστικής κατανόησης, κεντρικής σημασίας σε όλες σχεδόν τις θεωρίες είναι πως οι μαθητές που κατασκευάζουν μόνοι τους την γνώση γύρω από μία έννοια, θα είναι σε καλύτερη θέση να χειριστούν τη γνώση τους αυτή, από τους μαθητές που απλώς απομνημονεύουν κανόνες ή διαδικασίες (Behr et al., 1984).

Ένα καλό παράδειγμα για την εννοιολογική σε αντίθεση με την διαδικαστική κατανόηση στα Μαθηματικά δίνει η Crowley (2001), μέσα από την περίπτωση της Άλγεβρας και συγκεκριμένα της εξίσωσης $y = \alpha \cdot x + \beta$. Όπως αναφέρει η Crowley, η εξίσωση αυτή ως έννοια μπορεί να εξεταστεί εις βάθος μέσα από ένα δίκτυο εσωτερικών ιδεών (αυτές που στο μοντέλο του Vinner συνιστούν την εννοιολογική εικόνα), μερικές μόνο από τις οποίες είναι οι παρακάτω:

- Το α είναι η κλίση και το β είναι το σημείο τομής του y-άξονα.
- Η εξίσωση $y = \alpha \cdot x + \beta$ αντιπροσωπεύει όλες τις γραμμικές εξισώσεις.
- Αν κανείς γνωρίζει δύο σημεία της, μπορεί να φέρει γραμμή ανάμεσα τους που θα επαληθεύει την εξίσωση.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

- Αν κανείς γνωρίζει ένα σημείο της και την κλίση της, μπορεί να φέρει γραμμή που θα επαληθεύει την εξίσωση.

Κάποιοι επομένως μπορεί να θεωρούν την $y = \alpha \cdot x + \beta$ ως *μία ενιαία* έννοια που έχει ισχυρές συσχετίσεις μεταξύ των διαφορετικών τρόπων (όπως αυτοί που αναφέρθηκαν πιο πάνω) που μπορεί να γίνει αντιληπτή, ενώ άλλοι μπορεί να την βλέπουν ως *μία εξίσωση*, που στερείται νοήματος, μέχρι κάποιος να τους δώσει οδηγίες για το τι πρέπει να κάνουν με αυτήν. Αυτή είναι και η διαφοροποίηση μεταξύ εννοιολογικής και διαδικαστικής κατανόησης για το παράδειγμα της Crowley, η οποία αναφέρει πως για να μπορέσει κανείς από την κατανόηση των επιμέρους εκφάνσεων μιας έννοιας (των συστατικών δηλαδή της εννοιολογικής εικόνας) να μεταβεί στην ενιαία κατανόηση της έννοιας με τις πολλές εκφάνσεις (στην κατανόηση δηλαδή ολόκληρης της εννοιολογικής εικόνας), πρέπει να αναπτύξει στενούς και ισχυρούς συσχετισμούς μεταξύ των ξεχωριστών εκφάνσεων που θα επιτρέπουν την ευέλικτη μετακίνηση από τη μία στην άλλη (Crowley, 2001).

2.2.3. Διαδικασίες και συστατικά της εννοιολογικής μάθησης

Χαρακτηριστικό, επομένως, μιας πετυχημένης εννοιολογικής κατανόησης κάποιας έννοιας ή και θεματικής ενότητας της φυσικής ή των μαθηματικών, είναι ότι θα πρέπει να περιλαμβάνει όλες τις διαφορετικές οντολογικές, λειτουργικές και δομικές διαστάσεις αυτής της έννοιας ή ενότητας (Cheng, 1999). Η κατανόηση μέρους μιας εννοιολογικής εικόνας μπορεί να συνιστά ένα είδος επιτυχούς διαδικαστικής κατανόησης γύρω από την έννοια που αφορά αυτή η εννοιολογική εικόνα. Είναι η μεταφορά της διαδικαστικής κατανόησης από μία συγκεκριμένη συνιστώσα της εννοιολογικής εικόνας σε άλλες τις συνιστώσες, ή ακόμα και η μεταφορά της ίδιας διαδικαστικής κατανόησης σε άλλο σχετικό πρόβλημα που αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα της μετάβασης στην εννοιολογική κατανόηση (Wood, 1999).

Ένα γνωστό μοντέλο για την εννοιολογική μάθηση είναι αυτό του Cheng (1999). Θεωρώντας ότι η εννοιολογική κατανόηση μιας θεματικής ενότητας στη Φυσική ή τα Μαθηματικά αποτελείται από ένα πολύπλοκο δίκτυο εννοιών (Hiebert & Carpenter, 1992), ο Cheng προτείνει ότι μπορούμε να σχεδιάσουμε κατάλληλες προσεγγίσεις για την ενίσχυση της εννοιολογικής κατανόησης, που να είναι

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ικανοποιητικές, εξετάζοντας τη φύση αυτών των δικτύων. Εξετάζοντας, λοιπόν, την εννοιολογική μάθηση από την σκοπιά της οικοδόμησης σωστών δικτύων εννοιών, γίνεται σαφές, όπως αναφέρει ο Cheng, ότι η υποστήριξη της θα πρέπει να αφορά την ανάπτυξη, ή τη βελτίωση προς την κατεύθυνση αυτή, δικτύων που έχουν γενικό σκοπό, είναι ενσωματωμένα σε ένα γενικότερο σχήμα που αντανακλά τους θεμελιώδεις νόμους της εκάστοτε θεματικής ενότητας, έχουν σαφή διαφοροποίηση των εννοιών και παρέχουν χρήσιμες μεθόδους για την ανεξάρτητη ανάλυση των εννοιών.

Οι διαδικασίες της εννοιολογικής μάθησης σύμφωνα με το μοντέλο του Cheng είναι οι εξής: 1) Παρατήρηση (Observation): Εδώ παράγονται και ελέγχονται εκφράσεις που αποτελούν περιγραφές φαινόμενων. 2) Μοντελοποίηση (Modelling): Εδώ παράγονται νέες εκφράσεις από σύνθεση συγκεκριμένων περιπτώσεων ή φαινόμενων που έχουν συσχετιζόμενες έννοιες. 3) Πρόσκτηση (Acquisition): Κατασκευή μιας νέας έννοιας. 4) Ολοκλήρωση (Integration): Η ένταξη μιας έννοιας στο δίκτυο εννοιών ή η μεταβολή της δομής κάποιου δικτύου.

Από την παραπάνω περιγραφή των συστατικών και διαδικασιών της εννοιολογικής μάθησης γίνεται σαφές ότι η εννοιολογική μάθηση είναι πολύπλοκη καθώς περιλαμβάνει ομάδες διαδικασιών που λειτουργούν σε διαφορετικά επίπεδα και με διαφορετικούς χρονικούς ορίζοντες. Έτσι, μια γενική προσέγγιση στην ενίσχυση της εννοιολογικής μάθησης θα πρέπει να παρέχει υποστήριξη σε κάθε μια από της διαδικασίες της, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα τους φραγμούς που υπάρχουν ανάμεσα στις διαδικασίες αυτές. Σύμφωνα με τον Cheng, όσον αφορά τα συστατικά της εννοιολογικής μάθησης, ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί α) στο ρόλο των εξωτερικών αναπαραστάσεων που χρησιμοποιούνται στην εκάστοτε ενότητα, και β) στο ρόλο της κάθε μιας έννοιας στην εκάστοτε θεματική ενότητα.

2.2.4. Εννοιολογική Μάθηση - Διεπιστημονική προσέγγιση στα Μαθηματικά και τη Φυσική

Η εννοιολογική μάθηση αποτελεί επιδίωξη τόσο για την διδακτική της Φυσικής όσο και για τη διδακτική των Μαθηματικών. Έννοιες όπως η θέση, η ταχύτητα, τα συστήματα συντεταγμένων, και ο χρόνος ως μεταβλητή αποτελούν παραδείγματα από το χώρο της Κινηματικής για έννοιες που έχουν σημαντικό ρόλο τόσο στην διδακτική

της Φυσικής όσο και τον Μαθηματικών. Η ανάγκη για την διεπιστημονική προσέγγιση στην εκπαίδευση για τη Φυσική και τα Μαθηματικά με σκοπό την ενίσχυση μεταξύ άλλων στόχων και της εννοιολογικής τους κατανόησης, έχει καταγραφεί από πολυάριθμες έρευνες και αναφέρεται ως μία από τις τάσεις που διαπίστωσαν οι Laws και Hastings (2002) στην ανασκόπηση πάνω από 500 εργασιών των τελευταίων 20 ετών.

Η ανάγκη για την ανάπτυξη διεπιστημονικών προσεγγίσεων για τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής και των Μαθηματικών ανακύπτει μελετώντας την ιστορική εξέλιξη των δύο επιστημών που από τα μέσα του 20ου αιώνα και μετά πήραν ξεχωριστούς δρόμους. Ο Arnold (1997) μιλά για τις καταστροφικές συνέπειες που είχε αυτή η προσπάθεια διαίρεσης των επιστημών της Φυσικής και των Μαθηματικών στα μέσα του 20ου αιώνα. Ο διαχωρισμός αυτός είχε ως συνέπεια την μετέπειτα δημιουργία και ανάπτυξη δύο κλάδων της εκπαίδευσης, αυτόν της εκπαίδευσης για τα Μαθηματικά και αυτόν της εκπαίδευσης για τη Φυσική, οι οποίοι απέκτησαν στεγανά ο ένας ως προς τον άλλο και αυτό εξακολουθεί σε μεγάλο βαθμό να συμβαίνει ως σήμερα, δημιουργώντας σημαντικά προβλήματα (Steiner, 1990). Οι συνέπειες, σύμφωνα με τον Arnold (1997), ήταν καταστροφικές κυρίως για τους μαθηματικούς, όπου ολόκληρες γενιές μαθηματικών μεγάλωναν χωρίς να γνωρίζουν τη μισή επιστήμη τους, αγνοώντας επίσης τις περισσότερες από τις υπόλοιπες επιστήμες στις οποίες τα μαθηματικά παίζουν σημαντικό ρόλο. Έτσι οι μαθηματικοί επικεντρώθηκαν στην μελέτη της επιστήμης τους απομονωμένη από τις υπόλοιπες επιστήμες, μέσα από έναν αυστηρό φορμαλισμό κάνοντας τα Μαθηματικά αυτοσκοπό. Τα αποτελέσματα μιας τέτοιας προσέγγισης στην διδασκαλία είναι λογικό να έχουν τις ίδιες δυσάρεστες συνέπειες με αυτές της ιστορικής εξέλιξης των δύο επιστημών, ειδικά όσον αφορά την εννοιολογική κατανόηση. Ένα τέτοιο παράδειγμα δίνει ο Arnold με την απάντηση ενός μαθητής του Δημοτικού σχολείου στη Γαλλία, που στην ερώτηση «*πόσο κάνει 2+3;*» ο μαθητής απάντησε «*κάνει 3+2 γιατί στην πρόσθεση ισχύει η αντιμεταθετικότητα*». Το παράδειγμα αυτό δείχνει πως η έμφαση στην διαδικαστική μάθηση, που έχει προκύψει ως αποτέλεσμα του διαχωρισμού στη διδασκαλία των Μαθηματικών και της Φυσικής, μπορεί να οδηγήσει στην έλλειψη εννοιολογικής κατανόησης ακόμα και σε τέτοιο βαθμό, για μία τόσο βασική έννοια όσο αυτή των αριθμών.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Την ίδια άποψη έχουν και οι Tzanakis και Thomaidis (2000) που κάνουν λόγο για τη στενή σύνδεση των δύο επιστημών που έχει βαθιές ρίζες στην παράλληλη ιστορική τους ανάπτυξη. Οι Tzanakis και Thomaidis πιστεύουν πως φανερώνοντας στους μαθητές τη σχέση μεταξύ της ανάπτυξης των δύο επιστημών καθώς και την ανάπτυξη της διδακτικής τους μέσω ιστορικών παραδειγμάτων, θα αποκομίσουν σημαντικά οφέλη όσον αφορά την κατανόηση τους. Προσοχή θα πρέπει να δοθεί, όπως τονίζουν, στο ότι η σύνδεση της Φυσικής και των Μαθηματικών έχει πολυδιάστατο χαρακτήρα και δεν πρέπει να εξαντλείται στην συμβατική (αν και χρήσιμη και από μόνη της) άποψη πως η φυσική είναι ένας ευρύτατος χώρος στον οποίο μπορούν να εφαρμοστούν και να αποκτήσουν νόημα τα Μαθηματικά. Κατά την άποψη των Tzanakis και Thomaidis η σύνδεση είναι πολύ βαθύτερη και τα εμπειρικά ή νοητικά αντικείμενα μελέτης των δύο επιστημών διακρίνονται μεταξύ τους μόνο όσον αφορά την προοπτική υπό την οποία τα μελετά κανείς (μέσω των Μαθηματικών ή μέσω της Φυσική) και όχι όσον αφορά την ίδια τη φύση τους. Κατά αυτή την έννοια υπάρχουν πολλά παραδείγματα που μπορούν να ιδωθούν τόσο ως παραδείγματα χρήσης των μαθηματικών μεθόδων στη Φυσική όσο και ως παραδείγματα χρήσης των εννοιών της Φυσικής στα Μαθηματικά. Ένα τέτοιο ιστορικό παράδειγμα είναι η ανάπτυξη της έννοιας της παραγώγου ως μια ποσοτική περιγραφή της έννοιας της ταχύτητας. Χρειάστηκαν σχεδόν τρεις αιώνες μέχρι ο Γαλιλαίος να καταφέρει να ορίσει την έννοια της ταχύτητας. Από τη μελέτη του Γαλιλαίου προέκυψε η έννοια της στιγμιαίας ταχύτητας, που ώθησε τον Νεύτωνα στην ανακάλυψη της έννοιας της παραγώγου, την οποία «νομιμοποίησε» χάρη στην φυσική της ερμηνεία ως στιγμιαία ταχύτητα (Tzanakis & Thomaidis, 2000).

Δική μας θέση είναι πως η αντιμετώπιση της Φυσικής ως δεξαμενής άντλησης προβλημάτων για τα Μαθηματικά και αντίστοιχα η αντιμετώπιση των Μαθηματικών ως εργαλεία μεθόδου λύσης προβλημάτων στη Φυσική οδηγούν στη σύνδεση των δύο επιστημών, αλλά με έμφαση μόνο στην διαδικαστική κατανόηση. Είναι η σύνδεση που υποδηλώνει το ιστορικό παράδειγμα που παραθέτουν οι Tzanakis και Thomaidis ως θεώρηση της ίδιας έννοιας από διαφορετικές σκοπιές, που μπορεί να οδηγήσει στην εννοιολογική κατανόηση και για τις δύο επιστήμες. Σε αυτή την κατεύθυνση και για τα χαρακτηριστικά που έχουμε περιγράψει σε αυτή την ενότητα, η διεπιστημονική προσέγγιση μπορεί να συμβάλει με μοναδικό τρόπο στην ενίσχυση της εννοιολογικής κατανόησης.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Η διεπιστημονική προσέγγιση στην διδασκαλία της Φυσικής και των Μαθηματικών δεν αποτελεί μόνο θεωρητική επιδίωξη, αλλά στην πράξη έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να έχει ευεργετικά αποτελέσματα για την μάθηση και των δύο επιστημών και ιδιαίτερα όσον αφορά την εννοιολογική κατανόηση τους. Στοιχεία απόδειξης αποτελούν οι πολυάριθμες σχετικές έρευνες που είτε εξετάζουν την ενίσχυση της κατανόησης εννοιών μέσω μιας ετεροβαρούς ή μη διεπιστημονικής προσέγγισης. Οι έρευνες αυτές (Hudson & McIntire, 1977, Champagne, et al., 1980, Thompson, 1994, Wicklein & Schell, 1995, Steinberg et al., 1996, Marrongelle, 2001 και 2002, Meltzer, 2002) ενισχύουν την παραπάνω θέση με την επιτυχία των ευρημάτων τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η έρευνα των Hudson & McIntire (1977) που από πολύ νωρίς είχαν δείξει πως δεν επαρκούν οι καλές μαθηματικές γνώσεις και δεξιότητες των μαθητών για να επιτύχουν την βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης στη Φυσική. Σε άλλη έρευνα οι Elliot κ.α. (2001) εξέτασαν την επίδραση μιας διεπιστημονικής προσέγγισης για την Άλγεβρα και τη Φυσική και βρήκαν ότι η επίδραση της στη μάθηση, είχε μεγαλύτερη διαφοροποίηση όσον αφορά την εννοιολογική τους κατανόηση (συγκεκριμένα την κριτική σκέψη, που αποτελεί συστατικό της εννοιολογικής κατανόησης) από ότι είχε για την διαδικαστική (όπως αυτή εκφραζόταν στην έρευνα τους υπό τη μορφή λύσης προβλήματος). Στα αποτελέσματα της ίδιας έρευνας αξίζει να σημειώσουμε πως παρατηρήθηκε και σημαντικά καλύτερη στάση των μαθητών απέναντι στα Μαθηματικά σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας.

2.3. Ο Ρόλος των Αναπαραστάσεων στην Εννοιολογική Μάθηση για τα Μαθηματικά και τη Φυσική

Με τον όρο *αναπαραστάσεις*, σε αυτήν την διατριβή αναφερόμαστε στα συστήματα εξωτερικών αναπαραστάσεων με την έννοια που τα παρουσιάζει και τα διακρίνει από αυτά των εσωτερικών αναπαραστάσεων η Edwards (1998). Σύμφωνα με αυτή τη διάκριση, οι εσωτερικές αναπαραστάσεις, κατασκευάζονται από τον μαθητή και μπορεί να περιλαμβάνουν συμβατικές ή και 'προσωπικές' νοερές εικόνες (imagery κατά την Edwards – Νοητική Εικόνα κατά το μοντέλο του Vinner), ενώ οι εξωτερικές αναπαραστάσεις είναι κοινωνικά μοιραζόμενα εξωτερικά συστήματα

συμβολισμού και μέσα έκφρασης ιδεών που τα συναντούμε όταν μαθαίνουμε ή εξασκούμε τα Μαθηματική ή τη Φυσική (Edwards, 1998). Οι πιο συνηθισμένες μορφές εξωτερικών αναπαραστάσεων είναι οι γραφικές παραστάσεις, το κείμενο, οι αριθμοί, οι πίνακες, τα αφαιρετικά συμβολικά συστήματα.

Μεγάλες φυσιογνωμίες στην ιστορία των θετικών επιστημών έκαναν τις ανακαλύψεις τους επιλέγοντας προσεκτικά το σύστημα αναπαράστασης που χρησιμοποίησαν ή ορισμένες φορές ανακαλύπτοντας νέα συστήματα αναπαράστασης. (Cheng, 1999). Ορισμένες από τις πιο σημαντικές ανακαλύψεις και μελέτες των αυθεντιών μας έχουν παραδοθεί όχι με τη μορφή γεγονότων ή θεωρημάτων, αλλά είναι συνυφασμένα με την σύνταξη των συστημάτων αναπαράστασης που μας επιτρέπουν να τα σκεφτόμαστε[2] (Kaput, 1994 και Kaput et al., 2001).

Οι εξωτερικές αναπαραστάσεις έχουν έναν οικουμενικό ρόλο με την έννοια ότι για μια μεγάλη κοινότητα έχουν κοινές συμβάσεις για την κατασκευή, την ερμηνεία και τη χρήση τους μέσα στην κοινότητα αυτή (Underwood, 1997). Οι εξωτερικές αναπαραστάσεις παρέχουν σε δάσκαλους και μαθητές μια «εννοιολογική γλώσσα» επικοινωνίας γύρω από τη γνώση που διαπραγματεύονται (Philips, 1989 και 1997). Ο ρόλος των αναπαραστάσεων στην μάθηση είναι τόσο ισχυρός, που σύμφωνα με τον Underwood (1997), όχι μόνο την διαμορφώνει και την υποστηρίζει, αλλά φτάνει σε σημείο να περιορίζει τους τρόπους που έχουμε για να γνωρίζουμε και να ερμηνεύουμε τον κόσμο μας.

Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των αναπαραστάσεων στη μάθηση συνοψίζονται στην εργασία των Halford και Boulton-Lewis (1992). Στα πλεονεκτήματα για τη μάθηση συγκαταλέγονται τα παρακάτω χαρακτηριστικά των αναπαραστάσεων:

- Ελαχιστοποιούν την προσπάθεια για μάθηση, λειτουργώντας βοηθητικά για τη μνήμη.
- Λειτουργούν ως μέσα επιβεβαίωσης της αλήθειας.
- Αυξάνουν την ευελιξία στη σκέψη.
- Διευκολύνουν την ανάκληση πληροφοριών από τη μνήμη.

[2] Όπως είναι για παράδειγμα η ανάπτυξη της Άλγεβρας ως συμβολικό σύστημα που επέτρεψε την ποσοτικοποίηση των σχέσεων (quantitative reasoning) ή ο συμβολισμός Leibniz για το Διαφορικό Λογισμό που μας εισήγαγε σε ένα απίστευτα ισχυρό σύστημα σκέψης (Kaput, 1994)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

- Μεσολαβούν μεταξύ διαδικασιών και καταστάσεων.
- Επιτρέπουν την μετάβαση σε πιο αφαιρετική σκέψη.
- Χρησιμοποιούνται με γενικότητα για την πρόβλεψη άγνωστων καταστάσεων.

Οι Halford και Boulton-Lewis, όμως επισημαίνουν και τα μειονεκτήματα που μπορεί να προκύψουν με τη χρήση των αναπαραστάσεων, τα οποία συνοψίζουν στα εξής σημεία:

- Η αντιστοίχηση της αναπαράστασης με κάποια έννοια επιφέρει ένα γνωστικό φορτίο που μπορεί να εμποδίσει την κατανόηση της έννοιας.
- Αν η αναπαράσταση προέρχεται από μία ή λειτουργήσει (σε δεδομένα πλαίσια) ως μία κακή αναλογία, μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένες πληροφορίες.
- Αν η εκάστοτε αναπαράσταση δε συνδεθεί με το πεδίο ή τα πεδία για το οποία έχει σχεδιασθεί, μπορεί να αυξήσει το γνωστικό φορτίο καθώς δε θα μπορεί να συσχετισθεί με αυτό όταν χρειαστεί.

Η αξία των αναπαραστάσεων σύμφωνα με την Boulton-Lewis (1998) έγκειται στη λειτουργία τους ως καθρέφτες της δομής των εννοιών. Η συσχέτιση όμως μεταξύ των αντικειμένων και ιδεών του κόσμου μας και των αναπαραστάσεων του, δεν είναι απλή διαδικασία. Για να κατανοήσει κανείς τις αναπαραστάσεις πρέπει πρώτα να τις γνωρίσει μέσα από δραστηριότητες (στις οποίες κατά προτίμηση θα έχει ενεργητικό ρόλο), που θα δώσουν νόημα στις αναπαραστάσεις (Underwood, 1997). Διαφορετικά, δραστηριότητες που βασίζονται στη χρήση των αναπαραστάσεων για την μάθηση, μπορεί να γίνουν πολύ αδιαφανείς σε αυτούς που δεν έχουν γνωρίσει τις συμβάσεις που περιγράφουν την ερμηνεία και χρήση τους (Pea, 1993b).

Η εννοιολογική μάθηση, που είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη ανώτερης κατανόησης σε όλα τα γνωστικά πεδία, προϋποθέτει την παροχή των κατάλληλων αναπαραστάσεων από τους δασκάλους στους μαθητές και αποτελεί μια από τις σημαντικότερες ευθύνες τους (Greeno, 1983). Εκτός από τον «διδακτικό» τους ρόλο, οι αναπαραστάσεις έχουν επίσης τον σημαντικό ρόλο να συνδέουν τις προσωπικές μας αναλύσεις για τα διάφορα προβλήματα με αυτές των υπόλοιπων ανθρώπων καθώς και με τις επίσημες αναλύσεις του ίδιου προβλήματος (Reusser, 1993). Λειτουργούν δηλαδή οι αναπαραστάσεις και ως γέφυρα μεταξύ της

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

προσωπικής κατανόησης του ατόμου με αυτές που θεωρούνται «κανονικές» (canonical) και «επίσημες» (formal).

Ο Cheng (1999), αναφέρει πως ο ρόλος των αναπαραστάσεων στη μάθηση είναι θεμελιώδους σημασίας και γι' αυτό θα πρέπει να είναι δυνατό να βελτιώσουμε ουσιαστικά τη μάθηση, αντικαθιστώντας τις έως τώρα χρησιμοποιούμενες αποτυχημένες αναπαραστάσεις με άλλες, που ανταποκρίνονται στα κριτήρια που περιγράφηκαν πιο πάνω για το δικό του μοντέλο. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το μοντέλο του Cheng, μια καλή αναπαράσταση πρέπει να επιτρέπει στον μαθητή να αποκτήσει γρήγορα μια «αίσθηση» της γενικής τοπολογίας του δικτύου εννοιών της συγκεκριμένης ενότητας και επίσης να του δίνει τα μέσα για να εντοπίζει που στη δομή αυτού του δικτύου ανήκει η κάθε έννοια.

2.3.1. Πολλαπλές Αναπαραστάσεις και Εννοιολογική Μάθηση

Χαρακτηριστικό γνώρισμα της εννοιολογικής κατανόησης είναι η δυνατότητα επιτυχούς χρήσης πολλαπλών συστημάτων αναπαράστασης, ως εργαλεία που υποστηρίζουν τη σκέψη, την κρίση και τη λύση προβλήματος (Wood, 1999). Σύμφωνα με τον Wood, αν και δύο διαφορετικές αναπαραστάσεις μπορεί να περιέχουν ισοδύναμες πληροφορίες, διαφέρουν ως προς τα είδη κρίσης, διορατικότητας και δυνατότητας για λύση προβλήματος που προσφέρουν. Μαθητές που δυσκολεύονται στην κατανόηση ή και τον χειρισμό ενός συμβολικού συστήματος, ωφελούνται όταν δουν τις ίδιες πληροφορίες μέσα από ένα άλλο. (Dickson, 1985). Εκτός από την δυνατότητα των μαθητών να καταφεύγουν στην αναπαράσταση που τους εξυπηρετεί καλύτερα ανάλογα με την περίσταση, είναι η δυνατότητα του εντοπισμού των ίδιων πληροφοριών μέσα από διαφορετικές αναπαραστάσεις, καθώς και η ευελιξία μετακίνησης από τη μία αναπαράσταση στην άλλη, που επιτρέπουν την ανακάλυψη πλούσιων σχέσεων και την ανάπτυξη καλύτερης εννοιολογικής κατανόησης (Even, 1998). Εκτός από τις ίδιες πληροφορίες υπό διαφορετική μορφή, είναι και οι διαφορές μεταξύ των αναπαραστάσεων που εντοπίζονται από τους μαθητές και θεωρούνται ότι συμβάλλουν εξίσου στην εννοιολογική κατανόηση (Noble et al., 2001). Η έρευνα έχει δείξει πως η εννοιολογική μάθηση ενισχύεται όταν οι μαθητές μελετούν τις ίδιες έννοιες μέσα από πολλαπλές εξωτερικές αναπαραστάσεις ή MERs (Multiple External Representations)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

που μπορεί να έχουν τη μορφή κειμένου, γραφικών παραστάσεων, εικονιδίων, ήχων, αριθμών ή άλλων συμβολικών συστημάτων (Kaput, 1994, Pena και Alessi, 1999).

Ο Wood (1999) για να τονίσει την σημασία του ρόλου των πολλαπλών αναπαραστάσεων στην εννοιολογική μάθηση και κατανόηση, αναφέρει πως η διαφοροποίηση στη χρήση τους ανεξαρτήτως γνωστικού πεδίου διαφοροποιεί τους «ειδικούς» από τους «αρχάριους» στο κάθε πεδίο, πρόταση με την οποία έχουν συμφωνήσει πολλοί ερευνητές (Saul, 1998). Ο Wood (1999) αναφερόμενος στη συνέχεια σε εργασία των Behr κ. α. (1992) σημειώνει πως και αυτοί έχουν καταλήξει στο ότι οι μεταφράσεις[3] (translations) από τη μία αναπαράσταση σε κάποια άλλη είναι αυτό που δίνει νόημα για τις διάφορες ιδέες στους μαθητές. (Behr, et al., 1992).

2.3.2. Πολλαπλές αναπαραστάσεις και Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές

Μια από τις χαρακτηριστικές δυνατότητες των υπολογιστών είναι αυτή να μετασχηματίζουν τη γνώση από ένα συμβολικό σύστημα σε κάποιο άλλο (Kozma, 1991). Ο ρόλος της τεχνολογίας των Η/Υ όσον αφορά τις αναπαραστάσεις συνίσταται στο ότι προσφέρει πολλαπλές εξωτερικές αναπαραστάσεις που έχουν δυναμικά χαρακτηριστικά (ο μαθητής μπορεί να δράσει πάνω σε αυτές) και επιπλέον συνδέονται μεταξύ τους (Kaput, 1994). Ο Kaput (1994) πιστεύει πως τα χαρακτηριστικά αυτά σε συνδυασμό με την αλληλεπιδραστικότητα που προσφέρουν οι Η/Υ, σε αντίθεση με όλα τα παραδοσιακά μέσα, προσφέρουν στα MERs περιβάλλοντα των Η/Υ τεράστιες δυνατότητες για αξιοποίηση στην εκπαίδευση.

Η δυνατότητα παρουσίασης και μετασχηματισμού της γνώσης από τους Η/Υ σε πολλαπλές αναπαραστάσεις είναι σύμφωνα με τους Pena και Alessi (1999) ευεργετική για τη μάθηση, καθώς βοηθά τους μαθητές στη δημιουργία συνδέσεων μεταξύ των φαινόμενων του πραγματικού κόσμου που μελετούν με τις μαθηματικές του αναπαραστάσεις (λεκτικές, αλγεβρικές, γραφικές). Αυτή η έμφαση στην σχέση μεταξύ των αναπαραστάσεων του πίνακα, των συμβολικών αναπαραστάσεων και των

[3] Με τον όρο μετάφραση υιοθετούμε το νόημα που του αποδίδει η Ainsworth (1999) ως όλες οι περιπτώσεις στις οποίες ο μαθητής πρέπει να δει τη σχέση μεταξύ δύο αναπαραστάσεων. Χρησιμοποιείται και για τις περιπτώσεις όπου ο μαθητής πρέπει να καταλάβει τη σχέση μεταξύ δύο αναπαραστάσεων, αλλά και για τις περιπτώσεις όπου πρέπει να δράσει ο ίδιος για να αναπαραγάγει αυτή τη σχέση.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

γραφικών αναπαραστάσεων, είχε γίνει γνωστή ως ο «Κανόνας των Τριών» (The Rule of Three) (Wyberg, 1999). Με την συμπερίληψη των πραγματικών καταστάσεων ως αναπαραστάσεις, ο κανόνας αργότερα ονομάστηκε «Κανόνας των Τεσσάρων». Η σε βάθος κατανόηση σύμφωνα με τον Wyberg προέρχεται από τις συνδέσεις μεταξύ των διαφορετικών αναπαραστάσεων και στον τρόπο που αλλάζουν οι τρεις αναπαραστάσεις όταν γίνει κάποια αλλαγή στην τέταρτη. Στην κατεύθυνση αυτή μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά οι νέες τεχνολογίες (Wyberg, 1999).

Ο Wood (1999) επίσης σημειώνει πως η μάθηση με τη βοήθεια Η/Υ έχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει μορφές αλληλεπίδρασης μεταξύ των μαθητών και του γνωστικού πεδίου που μελετούν, που είναι δύσκολο να υλοποιηθούν με άλλα μέσα. Παρόλα αυτά, όπως αναφέρει ο Wood, η ικανότητα μας να προγραμματίζουμε τους Η/Υ ώστε να υποστηρίζουν διαλεκτικές διαδικασίες όπως η διαπραγμάτευση, η ερμηνεία, η εξήγηση και η αξιολόγηση είναι περιορισμένη και κατ' επέκταση περιορίζεται με αυτό τον τρόπο η δυνατότητα των Η/Υ να υποστηρίξουν την εννοιολογική μάθηση. Υπάρχει έντονη υποστήριξη από πολυάριθμες έρευνες για την ενίσχυση της εννοιολογικής μάθησης μέσα από περιβάλλοντα[4] που προσφέρουν πολλαπλές αναπαραστάσεις, αλλά χωρίς να έχουν απαντήσει οι έρευνες αυτές σε ικανοποιητικό βαθμό το ερώτημα του *πως* οι MERs μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους δασκάλους για να ενισχύσουν την μάθηση (Noble et al., 2001, UNESCO-Cairo Office, 2003).

Η Ainsworth (1999) σε μια εργασία που εξετάζει την αποτελεσματικότητα των περιβαλλόντων σε Η/Υ με πολλαπλές αναπαραστάσεις, αναφέρεται επίσης σε αριθμό ερευνών που έχουν δείξει θετικά αλλά και αρνητικά αποτελέσματα, υποδεικνύοντας, πως δεν φτάνει η ένταξη των MERs στα εκπαιδευτικά λογισμικά για την επίτευξη των εκπαιδευτικών στόχων. Ένα κοινό χαρακτηριστικό αυτών των μελετών, όπως σημειώνει η Ainsworth, είναι η δυσκολία που έχουν οι μαθητές για τις μεταφράσεις μεταξύ των αναπαραστάσεων. Μια λύση που έχει σχεδιασθεί από καιρό και συνεχίζει να εξελίσσεται με σκοπό να αντιμετωπίσει αυτό το πρόβλημα είναι η δυναμική σύνδεση μεταξύ των αναπαραστάσεων μέσα στο περιβάλλον ενός λογισμικού για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον ο μαθητής ενεργεί σε μία από τις

[4] Με τον όρο *περιβάλλον* υιοθετούμε το νόημα που του αποδίδουν οι Noble et al. (2001) και ο Wilson (1995) ως ένας συνδυασμός εργαλείων, εργασιών, προσδοκιών, συμβάσεων και κανόνων για το χειρισμό των εργαλείων σε έναν χώρο συνεργασίας όπου επιδίωξη είναι συγκεκριμένοι μαθησιακοί στόχοι. Τα *περιβάλλοντα* σύμφωνα με αυτό τον ορισμό δεν περιέχουν τις γνώσεις που προσδοκούμε να αποκτήσει ο μαθητής, αλλά παρέχουν τις κατάλληλες ευκαιρίες για να τις αποκτήσει.

αναπαραστάσεις και βλέπει τα αποτελέσματα της ενέργειας του σε κάποια άλλη αναπαράσταση, έχοντας έτσι μειωμένο γνωστικό φορτίο και έτσι μεγαλύτερη ελευθερία να εξερευνήσει τη σχέση μεταξύ των αναπαραστάσεων (Ainsworth, 1999).

Η Ainsworth στην ίδια εργασία θέτει τον προβληματισμό που φαινομενικά μπορεί να θεωρηθεί ότι υποστηρίζεται από τη θεωρία του κονστρουκτιβισμού και λέει ότι οι δυναμικά συνδεδεμένες MERs, μπορεί να θέτουν τον μαθητή σε πολύ παθητικό ρόλο, καθώς οι μεταφράσεις μεταξύ των αναπαραστάσεων θα γίνονται αυτόματα. Αν και ως ένα σημείο η θέση αυτή ευσταθεί, νομίζουμε ότι η απάντηση είχε ήδη δοθεί νωρίτερα από τους Bennett (1990) και Μικρόπουλο (2000) που αναλύουν γιατί οι δυναμικά συνδεδεμένες MERs είναι συνεπείς με τις αρχές του κονστρουκτιβισμού: Η παρατήρηση από τον μαθητή των αλλαγών σε μια αναπαράσταση όταν κάνει κάποια αλλαγή σε άλλη αναπαράσταση, οδηγούν στην αναθεώρηση και αναδιοργάνωση των εννοιών, επιτρέποντας έτσι στους μαθητές να κατασκευάσουν νέες λειτουργίες με αφετηρία τις παλιές.

2.3.3. Ο ρόλος των Αναπαραστάσεων στην Διεπιστημονική Προσέγγιση για την Εννοιολογική Μάθηση στα Μαθηματικά και τη Φυσική

Όπως αναλύθηκε παραπάνω (ενότητα 2.3.1) οι αναπαραστάσεις είναι κεντρικής σημασίας στην εννοιολογική μάθηση για τη Φυσική και τα Μαθηματικά. Έναν επιπλέον σημαντικό ρόλο αποκτούν στη διεπιστημονική προσέγγιση της διδασκαλίας και μάθησης των δύο επιστημών, καθώς λειτουργούν ως συνδετικοί κρίκοι. Η ξεχωριστή μελέτη των ίδιων αναπαραστάσεων στα Μαθηματικά και τη Φυσική μπορεί να οδηγήσει στην επιτυχή κατανόηση τους σε κάθε μία επιστήμη ξεχωριστά, αλλά όχι συνολικά. Οι Redish κ.α. (1996) έδειξαν με την έρευνα τους πως οι φοιτητές σε τμήματα Φυσικής που είχαν πολύ καλή κατανόηση για τις συμβολικές αναπαραστάσεις στα Μαθηματικά, δεν μπορούσαν να τις αξιοποιήσουν στα πλαίσια της Φυσικής. Οι ίδιοι ερευνητές εντοπίζουν τις αναπαραστάσεις που χρήζουν προσοχής για το πρόβλημα που παρατήρησαν, οι οποίες είναι οι γραφικές παραστάσεις, οι εξισώσεις και τα διανύσματα. Συγκεκριμένα, εστιάζουν στην ικανότητα ερμηνείας φυσικών φαινομένων μέσα από γραφικές παραστάσεις, στον

συσχετισμό των συμβόλων των εξισώσεων με το πραγματικό τους νόημα και στον τρόπο που τα διανύσματα αναπαριστούν φυσικά μεγέθη (Steinberg et al., 1996b).

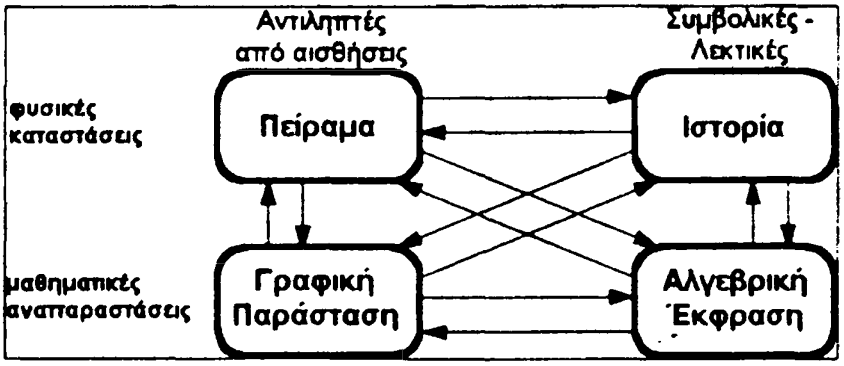
Οι αναπαραστάσεις στην διεπιστημονική προσέγγιση διδασκαλίας και μάθησης της Φυσικής και των Μαθηματικών εξυπηρετούνται ιδιαίτερα από την αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών. Οι Wicklein και Schell (1995) μελέτησαν την σύνδεση της Φυσικής και των Μαθηματικών μέσω της τεχνολογίας, σε μια εργασία που αναθεωρεί περιπτώσεις μελέτης εφαρμογής της διεπιστημονικής προσέγγισης για τη διδασκαλία και μάθηση. Τα αποτελέσματα της μελέτης τους ήταν θετικά και ενθαρρυντικά τόσο για τους μαθητές όσο και για τους δάσκαλους τους.

Ένα παράδειγμα του ρόλου των αναπαραστάσεων για τη μάθηση στην διεπιστημονική προσέγγιση Φυσικής και Μαθηματικών με τη βοήθεια της τεχνολογίας δίνει ο Tinker (1999). Ο Tinker αναφέρει πως οι ιστορικοί έχουν σε μεγάλο βαθμό αποδώσει την πρόοδο της επιστήμης στα μέσα που οι επιστήμονες είχαν στη διάθεση τους και διατυπώνει την υπόθεση πως και στην διδασκαλία το τι διδάσκουμε και με ποιο τρόπο το διδάσκουμε, επηρεάζεται αντίστοιχα από τα μέσα που έχουμε για να αξιολογήσουμε, να αναπαραστήσουμε και να οπτικοποιήσουμε. Παραθέτει ένα παράδειγμα από παλιότερες έρευνες του όπου διαπιστώθηκε πως για την περίπτωση της κατανόησης των γραφικών παραστάσεων, η ενίσχυση των αναπαραστάσεων με τεχνολογικά μέσα οδήγησε σε ανέλπιστες κατακτήσεις μαθητών. Χρησιμοποιώντας έναν Η/Υ και συνδέοντας ένα όργανο μέτρησης της θερμοκρασίας για την δημιουργία της γραφικής παράστασης της θερμοκρασίας, οι μαθητές εξερεύνησαν μόνοι τους τις μεταβολές της θερμοκρασίας μέσα από την γραφική παράσταση που δημιουργούσε ο Η/Υ. Ως αποτέλεσμα απέκτησαν μια πολύ καλή κατανόηση γύρω από έννοιες των Μαθηματικών (στη συγκεκριμένη περίσταση για τους δεκαδικούς αριθμούς), γύρω από έννοιες της Φυσικής (θερμοκρασία και μεταβολές της), αλλά και για τις γραφικές παραστάσεις γενικότερα που στο παράδειγμα της μελέτης του Tinker λειτούργησαν ως συνδετικός κρίκος των δύο επιστημών.

Σε μια άλλη χαρακτηριστική προσπάθεια καταγραφής του ρόλου των αναπαραστάσεων σε μια διεπιστημονική διδασκαλία Μαθηματικών και Φυσικής με τη βοήθεια Η/Υ, οι Gilli Shama και John Layman (1997) μελέτησαν την περίπτωση ενός τέτοιου μαθήματος. Σκοπός αυτού του μαθήματος ήταν, κυρίως, να γίνει αντιληπτή η έννοια της συνάρτησης ως αντικείμενο μελέτης των μαθηματικών μέσα

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

από την μελέτη της φυσικής. Οι φοιτητές δούλευαν σε μικρές ομάδες, μέσω δραστηριοτήτων επίλυσης προβλήματος και με την βοήθεια Εργαστηρίων βασισμένων σε υπολογιστές (Microcomputer-Based Laboratories). Από τους φοιτητές ζητήθηκε να εξερευνήσουν και να βρουν συνδέσεις μεταξύ πειραμάτων, ιστοριών, γραφικών παραστάσεων και αλγεβρικών εκφράσεων. Από την ανάλυση των δεδομένων τους, οι Shama και Layman κατέληξαν στο σχηματικό μοντέλο του σχήματος της εικόνας 2.1 όσον αφορά και τον τρόπο που χρησιμοποιούσαν τις αναπαραστάσεις οι φοιτητές.



Εικόνα 2. 1 – Αναπαραστάσεις και Μεταφράσεις (μοντέλο Shama & Layman)

Κάθε βέλος στο σχήμα της εικόνας 2.1 αναπαριστά μια πιθανή μετάφραση μεταξύ δύο αναπαραστάσεων. Σύμφωνα με το μοντέλο των Shama και Layman (1997), τέσσερα είδη αναπαραστάσεων-καταστάσεων χρησιμοποιήθηκαν από τους φοιτητές όπως φαίνεται στην εικόνα 2.1. Οι επάνω καταστάσεις είναι φυσικές, ενώ οι κάτω είναι μαθηματικές αναπαραστάσεις. Έναν παρόμοιο διαχωρισμό κάνει και ο Kaput (1994) σχετικά με τις δύο πηγές δομής, όπως τις ονομάζει, της μαθηματικής εμπειρίας: Την νοητική και την φυσική. Μεταξύ αυτών υπάρχει η σημαντική διαφορά ότι η φυσική είναι παρατηρήσιμη, ενώ η νοητική είναι υποθετική και προέρχεται από παρατηρήσεις και την θεωρία. Τα πειράματα και οι γραφικές παραστάσεις περιείχαν λεπτομερείς πρωτογενείς πληροφορίες και περιορίζονταν από φυσικά όρια (χώρος, χρόνος), ενώ οι ιστορίες και οι αλγεβρικές εκφράσεις είχαν το ρόλο της περίληψης ενός εξιδανικευμένου πειράματος ή γραφικής παράστασης. Για τα παράλληλα βέλη με ίδια φορά οι Shama και Layman (1997) παρατήρησαν πολλές ομοιότητες. Οι μεταφράσεις που παριστάνονται από τα κάθετα βέλη γίνονταν πολύ ευκολότερα από ότι αυτές των οριζοντίων ή διαγωνίων βελών. Για τις μεταφράσεις από το δεξί μέρος στο αριστερό ακολουθούσαν συνήθως τα οριζόντια και τα κάθετα βέλη και όχι τα διαγώνια και φρόντιζαν το τελικό αποτέλεσμα να είναι κοντινό στην αρχική

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

κατάσταση. Οι μεταφράσεις από το αριστερό στο δεξί μέρος αποδείχθηκαν οι πιο δύσκολες.

2.4. Γραφικές Παραστάσεις και Εννοιολογική Μάθηση

Οι γραφικές παραστάσεις αποτελούν την πιο ισχυρή και συχνά χρησιμοποιούμενη αναπαράσταση των φαινόμενων του πραγματικού κόσμου για όλες τις επιστήμες (Bowen & Roth, 2002, Roth & Bowen, 2001). Έχουν σημαντική θέση στα αναλυτικά προγράμματα όλων των χωρών, θεωρούνται το κλειδί για την βαθύτερη κατανόηση των φαινόμενων που περιγράφουν και λειτουργούν ως εργαλείο που συνδέει τον κόσμο του συγκεκριμένου με τον κόσμο του αφηρημένου (Hadjidemetriou, 2002). Για τους παραπάνω λόγους έχει γίνει εκτεταμένη έρευνα σχετικά με την κατανόηση τους και πως αυτή μπορεί να ενισχυθεί.

Οι γραφικές παραστάσεις αποτελούν επίσης ένα πολύ καλό παράδειγμα μελέτης της εννοιολογικής μάθησης. Σύμφωνα με την Sfard (1991 και 1992) οι γραφικές παραστάσεις ως αναπαράσταση της έννοιας της συνάρτησης μπορούν να κατανοηθούν με δύο τρόπους, τον δομικό (structural), σαν αντικείμενα και τον αλγοριθμικό (operational) σαν πράξεις. Ως ένα βαθμό η ικανότητα κατανόησης και ερμηνείας των γραφικών παραστάσεων εξυπηρετείται από την εξοικείωση με τις τεχνικές πτυχές που αφορούν την κατασκευή και μορφή των γραφικών παραστάσεων και συνιστούν την διαδικαστική συνιστώσα στην κατανόηση τους. Για να μπορέσουν όμως οι γραφικές παραστάσεις να λειτουργήσουν ως αναπαραστάσεις του πραγματικού κόσμου και να ερμηνευθούν αποκτώντας νόημα, θα πρέπει να συνυπάρχει και η εννοιολογική κατανόηση, που σχετίζεται με την ερμηνεία των επιμέρους χαρακτηριστικών και μορφών σε διάφορα και ενδεχομένως τελείως διαφορετικά πλαίσια (Sfard, 1991 και 1992).

Είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα ότι οι μαθητές που αποκτούν γνώσεις γύρω από έννοιες που αφορούν τις γραφικές παραστάσεις όταν διδάσκονται Μαθηματικά, δεν τα καταφέρνουν στο να κατανοήσουν το νόημα και τη χρήση των εννοιών αυτών όταν μελετούν φυσικά φαινόμενα (Beichner, 1990). Η διαπίστωση αυτή είναι σύμφωνη με τα αποτελέσματα της έρευνας των Roth και Bowen (2001) για την κατανόηση των γραφικών παραστάσεων, που δηλώνουν πως η διδασκαλία όσον αφορά τις τεχνικές πτυχές δημιουργίας γραφικών παραστάσεων δεν είναι ικανή να οδηγήσει στην κατανόηση τους. Η έρευνα των Roth και Bowen δείχνει πως η

ικανότητα ερμηνείας γραφικών παραστάσεων συνδέεται με την κατανόηση του φαινόμενου που περιγράφεται από τη γραφική παράσταση, της δομής του γνωστικού πεδίου στο οποίο ανήκει το φαινόμενο, καθώς και με την εξοικείωση με τις συμβάσεις μεταξύ γνωστικών πεδίων, αλλά και των μεταξύ τους μεταφράσεων. Προϋπόθεση για την ανάπτυξη καλής κατανόησης για τις γραφικές παραστάσεις είναι η ικανή αλληλεπίδραση με τα πραγματικά φαινόμενα αλλά και τις αναπαραστάσεις τους, όπως έχει διαπιστωθεί με επιτυχία από πολλές έρευνες (Roth & Bowen, 2001). Σε αυτές τις έρευνες, σύμφωνα με τους Roth και Bowen, η εμπειρία που είχαν την δυνατότητα να αποκτήσουν οι φοιτητές με τα φαινόμενα και τις αναπαραστάσεις τους, οδήγησε στην κατασκευή βαθύτερης κατανόησης για τον πραγματικό κόσμο, για τον κόσμο των αναπαραστάσεων, αλλά και για τις μεταφράσεις μεταξύ τους.

Κατά την παραπάνω θεώρηση, η κατανόηση των γραφικών παραστάσεων αποτελεί αντιπροσωπευτικό και χαρακτηριστικό μέτρο της εννοιολογικής κατανόησης και συνεπώς θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της εννοιολογικής σε αντίθεση με την διαδικαστική κατανόηση. Για το λόγο αυτό και η δική μας μελέτη θα χρησιμοποιήσει κατά κύριο λόγο τις γραφικές παραστάσεις και την κατανόηση τους ως μέτρο της εννοιολογικής κατανόησης για τη Φυσική και τα Μαθηματικά, και κατά συνέπεια για τα αποτελέσματα της εννοιολογικής μάθησης που θα επιχειρήσει να επιτύχει η πειραματική μας παρέμβαση.

2.5. Περίληψη

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκε ο όρος Εννοιολογική Μάθηση όπως θα χρησιμοποιηθεί σε αυτή τη διατριβή και προβλήθηκε σε αντίθεση με τον όρο διαδικαστική μάθηση. Έμφαση δόθηκε στην επιθυμητή μορφή εννοιολογικής κατανόησης στα πλαίσια μιας διεπιστημονικής προσέγγιση για τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής και των Μαθηματικών. Αναδείχθηκε ο κεντρικής σημασίας ρόλος των πολλαπλών εξωτερικών αναπαραστάσεων (MERs) για την εννοιολογική κατανόηση και παρουσιάστηκαν οι λόγοι για τους οποίους οι Νέες Τεχνολογίες πιστεύεται ότι μπορούν να συμβάλλουν στην αξιοποίηση των MERs στην παραπάνω κατεύθυνση. Τέλος, παρουσιάστηκε η κατανόηση των γραφικών παραστάσεων ως ειδική περίπτωση μελέτης της εννοιολογικής κατανόησης για τα Μαθηματικά και τη Φυσική.

Κεφάλαιο 3° – Μελέτη της κίνησης με τη βοήθεια Η/Υ

3.1. Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό είναι χωρισμένο σε δύο ενότητες. Στην πρώτη ενότητα παρουσιάζονται οι προσπάθειες μελέτης της κίνησης με τη βοήθεια Η/Υ όσον αφορά τη διδασκαλία και μάθηση των Μαθηματικών και της Φυσικής. Αναλύεται ο λόγος που τόσοι πολλοί ερευνητές επιλέγουν την μελέτη της κίνησης ως τον πλέον πρόσφορο χώρο για την διεπιστημονική διδασκαλία της Φυσικής και των Μαθηματικών και περιγράφονται οι σημαντικότερες προσεγγίσεις που έχουν αναπτυχθεί για την επίτευξη αυτού του στόχου. Επίσης, γίνεται μια σύντομη και περιεκτική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικής με αυτές τις προσεγγίσεις.

Η δεύτερη ενότητα αυτού του κεφαλαίου αφορά την περίπτωση ανάλυσης της κίνησης από ψηφιακό βίντεο με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού (VBL), η οποία ήταν και η προσέγγιση της δικής μας έρευνας. Παρουσιάζεται η τυπική πορεία εργασίας και μάθησης στο περιβάλλον των VBL και ειδικότερα στο συγκεκριμένο λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε στην δική μας έρευνα. Τέλος, γίνεται εκτενής ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας διαρθρωμένη ανάλογα με τις προσεγγίσεις που έχουν υπάρξει στην έρευνα για τα VBL.

3.2. Η Μελέτης της Κίνησης στην εκπαίδευση για τη Φυσική και τα Μαθηματικά

Ο ρόλος της μελέτης της κίνησης στην μάθηση και διδασκαλία της Φυσικής αποτελεί εν μέρει αυτοσκοπό, καθώς ένα τμήμα της Φυσικής, η Μηχανική, έχει ως αντικείμενο την μελέτη των φαινόμενων κίνησης των σωμάτων. Για το λόγο αυτό υπάρχουν και πολυάριθμες μελέτες σχετικά με την κατανόηση των κινήσεων στο χώρο της εκπαίδευσης στη Φυσική (Trwobridge & McDermott, 1980 και 1981, Aguirre, 1988, McDermott & Redish, 1999). Ο ρόλος της μελέτης της κίνησης στην

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

μάθηση και διδασκαλία των Μαθηματικών όμως, δεν είναι τόσο αυτονόητος. Είναι ένας ιδιαίτερα σημαντικός ρόλος και απόδειξη για αυτό αποτελεί το γεγονός πως τα φαινόμενα κίνησης αποτελούν τα συνηθέστερα παραδείγματα εφαρμογής ή αφετηρίας στη διδασκαλία διαφόρων εννοιών των Μαθηματικών.

Ιδιαίτερα όσον αφορά τα Μαθηματικά των μεταβολών, η Wright (2001) εξηγεί τους λόγους για τους οποίους η μελέτη της κίνησης αποτελεί πολύ σημαντικό πλαίσιο για την μάθηση τους: Η μελέτη της κίνησης, δηλαδή των σχέσεων μεταξύ της θέσης, και της ταχύτητας καθώς μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου, επιτρέπει στους μαθητές να εισάγουν στη μαθησιακή διαδικασία την εμπειρία που έχουν από τον φυσικό κόσμο και να την εξετάσουν με μαθηματικό τρόπο. Με αυτό τον τρόπο οι μαθητές μπορούν να συνδέσουν τα φυσικά φαινόμενα με πολλές άλλες ισχυρές αναπαραστάσεις (Wright, 2001). Επιπλέον, όπως αναφέρει ο Kaput (1996), η μελέτη των φαινόμενων κίνησης παρέχει ένα λεξιλόγιο περιγραφικό και άμεσα μεταφέρσιμο στον κόσμο των μαθηματικών των μεταβολών. Λέξεις και φράσεις όπως «γρηγορότερα», «πιο αργά», «προφταίνει», «σταματά», «γυρίζει προς τα πίσω», «μπρος – πίσω», «κινείται με σταθερό ρυθμό» κ.τ.λ. είναι ευρέως εφαρμόσιμες για την περιγραφή φαινόμενων μεταβολών πέρα από αυτά της κίνησης» (Kaput, 1996). Αν και τα Μαθηματικά των μεταβολών μπορούν να παρουσιαστούν μέσα από ποικίλα διαφορετικά πλαίσια, η κίνηση και συγκεκριμένα η έννοια του ρυθμού μεταβολής[5], αποτελεί ένα από τα πλέον πρόσφορα (Noble et al., 2001).

Για τους παραπάνω λόγους, η μελέτη μας θα εστιάσει κατά μέρος στην κατανόηση εννοιών της κινηματικής που απασχολούν τόσο την επιστήμη της Φυσικής όσο και των Μαθηματικών και που εμφανίζονται στη διδασκαλία και των δύο. Τέτοιες έννοιες είναι η θέση και η ταχύτητα, ενώ μεγάλη σημασία στη μελέτη υπό το πρίσμα της εννοιολογικής κατανόησης αποκτά και η σχέση μεταξύ αυτών των εννοιών, πως δηλαδή η ταχύτητα αποτελεί τον ρυθμό μεταβολή της θέσης. Άλλες τέτοιες έννοιες είναι τα συστήματα συντεταγμένων και επίσης η έννοια του χρόνου ως μεταβλητή που παρουσιάζει την ιδιομορφία να μην μπορεί να αντιμετωπιστεί ως παράμετρος του προβλήματος λόγω της δυναμικής της εξέλιξης.

[5] Με τις συνηθέστερες περιπτώσεις να είναι η ταχύτητα ως ο ρυθμός μεταβολής της θέσης ή η επιτάχυνση ως ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

3.3. Περιπτώσεις Ανάλυσης Κίνησης με τη Βοήθεια Η/Υ

Τα λογισμικά που ασχολούνται με τη μελέτη της κίνησης για την διδασκαλία και την μάθηση των Μαθηματικών και της Φυσικής μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με διάφορους τρόπους και διαφορετικά κριτήρια. Η κατηγοριοποίηση που υιοθετούμε στη δική μας μελέτη τα διαχωρίζει σε δύο κατηγορίες. Κριτήριο είναι η προέλευση των δεδομένων βάσει των οποίων δημιουργούν τις διαφορετικές αναπαραστάσεις τους.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα λογισμικά εκείνα στα οποία οι αναπαραστάσεις της κίνησης, συμπεριλαμβανομένου και της οπτικής αναπαράστασης του ίδιου του φαινόμενου, έχουν προέλθει από δεδομένα που έχει παράγει το ίδιο το λογισμικό. Πρόκειται δηλαδή για δεδομένα που είναι αποτέλεσμα επεξεργασίας του λογισμικού και δεν έχουν κάποια σύνδεση με την πραγματικότητα. Στη δεύτερη κατηγορία εντάσσουμε τα λογισμικά στα οποία οι αναπαραστάσεις της κίνησης έχουν δημιουργηθεί από πειραματικά δεδομένα που έχουν συλλεχθεί, με οποιοδήποτε τρόπο, από πραγματικά φαινόμενα κίνησης. Έτσι στην πρώτη κατηγορία ανήκουν κατηγορίες λογισμικών όπως οι προσομοιώσεις και οι μικρόκοσμοι ενώ στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα εργαστήρια βασισμένα σε υπολογιστές (Microcomputer-Based Laboratories ή MBL) και τα εργαστήρια βασισμένα στο βίντεο (Video-Based Laboratories ή VBL). Παρουσιάζουμε στη συνέχεια τα βασικά χαρακτηριστικά των διαφορετικών αυτών προσεγγίσεων και τον τρόπο με τον οποίο αξιοποιούνται για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

3.3.1. Προσομοιώσεις

Όπως αναφέρει η Δημητρακοπούλου (1999) «*Τα εκπαιδευτικά λογισμικά προσομοιώσεων σχεδιάζονται για τη διδασκαλία, τη μελέτη και την κατανόηση ενός φαινόμενου μέσα από την παρατήρηση της συμπεριφοράς του φαινόμενου και της ανάδρασης που παράγεται από την προσομοίωση σε χρόνο πραγματικό, ταχύτερο, ή βραδύτερο*» Προφανώς για την περίπτωση της προσομοίωσης της κίνησης το φαινόμενο που παρατηρείται αφορά την κίνηση ενός ή περισσοτέρων σωμάτων σε πραγματικό ή μη χρόνο, με τη δυνατότητα πολλές φορές για ελέγχο διαφόρων

παραμέτρων που αφορούν την κίνηση. Οι παράμετροι αυτές αφορούν κυρίως το μοντέλο που παράγει τις εξισώσεις κίνησης. Στις περισσότερες περιπτώσεις προσομοιώσεων ο ρόλος του χρήστη είναι να εξερευνήσει το ήδη έτοιμο μοντέλο, με την πρόθεση να ανακαλύψει τα διάφορα νοήματα που αυτό περικλείει, καθώς δουλεύει στο περιβάλλον της προσομοίωσης (Doorman, 2001). Για παράδειγμα, στο περιβάλλον μιας προσομοίωσης, μπορεί κανείς να πειραματιστεί αλλάζοντας την τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας (g) και να δει τα αποτελέσματα που έχει η μεταβολή αυτή στο μοντέλο που παράγει την κίνηση, καθώς και στην ίδια την κίνηση όπως την παρουσιάζει η προσομοίωση. Σε άλλες περιπτώσεις, η έμφαση στην αξιοποίηση των προσομοιώσεων δίνεται στην οπτικοποίηση των καταστάσεων που μπορούν να προσφέρουν και έρευνες έχουν δείξει ότι οι προσομοιώσεις συμβάλλουν θετικά προς αυτή την κατεύθυνση (Monaghan, 1999). Μια πιο σπάνια προσέγγιση στις προσομοιώσεις για την κίνηση είναι η χρήση λογισμικού δυναμικής γεωμετρίας (DGS) για την δημιουργία μοντέλων για την κίνηση και την προσομοίωση της στα πλαίσια του λογισμικού δυναμικής γεωμετρίας (Gonzalez-López, 2001).

Ο Weller (1996) σε μια εργασία που εξετάζει την αξιοποίηση των Η/Υ στην εκπαίδευση σημειώνει πως οι προσομοιώσεις αποτελούν τη συνηθέστερη περίπτωση αξιοποίησης των Η/Υ στην εκπαιδευτική διαδικασία και με συνήθως θετικά αποτελέσματα. Παράδειγμα αποτελούν οι εργασίες των Jimoyiannis και Komis (2001) καθώς και των Τζιμογιάννη και Μικρόπουλου (2000a και 2000b) όπου οι μαθητές μέσα από προσομοιώσεις αντιμετώπισαν τις εναλλακτικές αντιλήψεις τους γύρω από την ταχύτητα και την επιτάχυνση. Οι Zacharia και Anderson (2003) περιγράφουν διάφορους λόγους για τους οποίους οι προσομοιώσεις και η χρήση τους στην σχολική τάξη έχουν τη δυνατότητα να συνεισφέρουν με θετικό τρόπο στη μάθηση και μάλιστα ανεξαρτήτως πεδίου και όχι μόνο για τις προσομοιώσεις που αφορούν κινήσεις.

Τα θετικά αποτελέσματα όμως δεν μπορεί να γενικευτούν σε όλες τις περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα στην έρευνα των Tao και Gunstone (1999), όπου η εννοιολογική αλλαγή που επιτεύχθηκε χάρη στη χρήση προσομοιώσεων περιορίστηκε μόνο σε συγκεκριμένα πλαίσια της Μηχανικής και όχι σε όλο το εύρος της Μηχανικής. Τέλος, ο Steinberg (2000) αναφέρει ότι ακόμα και στην περίπτωση που η αξιολόγηση των γνώσεων των μαθητών που διδάχθηκαν με προσομοιώσεις δεν

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

φανερώνει ιδιαίτερα οφέλη σε σχέση με παραδοσιακές μεθόδους, μπορεί να υπάρξει σημαντική διαφορά στον τρόπο που μαθαίνουν οι μαθητές.

Μικρόκοσμοι (Microworlds)

Οι μικρόκοσμοι είναι μια ειδική κατηγορία προσομοιώσεων. Ο όρος «*μικρόκοσμοι*» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Papert για να περιγράψει «ένα διαδραστικό μαθησιακό περιβάλλον με τη βοήθεια Η/Υ, στο οποίο τα προαπαιτούμενα είναι ενσωματωμένα στο σύστημα και στο οποίο οι μαθητές αποκτούν ενεργό ρόλο, δημιουργώντας δομές της δικής τους μάθησης» (Papert, 1980, σ. 117). Οι Simonson και Thompson (1994) περιγράφουν τους μικρόκοσμους ως ιδιαίτερα σύνθετες προσομοιώσεις όπου οι χρήστες μπορούν να εξερευνήσουν προβλήματα, να πειραματιστούν, να δοκιμάσουν υποθέσεις τους και να επανεξετάσουν τις γνώσεις τους. Όπως εξηγούν οι Hoyles, Noss και Adamson (2000) για να συμβεί αυτό, πρέπει ένας μικρόκοσμος να διαθέτει το δικό του σύνολο εργαλείων και λειτουργιών τα οποία θα είναι διαθέσιμα για επιθεώρηση και αλλαγή. Κατά αυτή την έννοια οι μαθητές θα είναι ταυτόχρονα και σχεδιαστές στον μικρόκοσμο, και ο διπλός τους ρόλος οδηγεί απευθείας στην ιδέα του κονστρουκτιβισμού, που δηλώνει πως η αποτελεσματική μάθηση «δεν θα έρθει ως αποτέλεσμα εύρεσης καλύτερων τρόπων διδασκαλίας για τον δάσκαλο, αλλά από την παροχή στον μαθητή της δυνατότητας να κατασκευάσει» (Papert, 1991, σ. 3).

Οι Μικρόκοσμοι για τη μελέτη της κίνησης μπορούν με επιτυχία να δημιουργηθούν και στο περιβάλλον λογισμικών που δεν έχουν σχεδιαστεί με σκοπό να ενισχύσουν την κατανόηση της Φυσικής και των Μαθηματικών που περιγράφουν τις κινήσεις (Δαπόντες κ.α., 2002). Υπάρχουν έρευνες που έχουν δείξει πως οι μικρόκοσμοι μπορούν να συμβάλλουν θετικά στην κατανόηση των φαινόμενων της κίνησης (White, 1993). Χαρακτηριστικό παράδειγμα μικρόκοσμου με σκοπό την μελέτη της κίνησης για την μάθηση στα Μαθηματικά είναι το λογισμικό Mathworlds που είναι μέρος ενός ευρύτερου πακέτου λογισμικών, το SimCalc (Kaput, 1995). Το Mathworlds παρέχει δυναμικές γραφικές παραστάσεις που μπορούν να επεξεργαστούν άμεσα, διακριτές συναρτήσεις και σε μορφή κινουμένων σχεδίων κόσμους, που σκοπό έχουν να οδηγήσουν τους μαθητές από το Δημοτικό ως το Λύκειο στην ανακάλυψη και διατύπωση ποσοτικών και ποιοτικών προτάσεων για τις

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

σχέσεις ανάμεσα στη θέση, την ταχύτητα και την επιτάχυνση σε πολύπλοκα πλαίσια. (Roschelle et al., 2000). Έρευνες για τη χρήση του SimCalc όπως αναφέρουν οι ίδιοι ερευνητές έχουν αποδείξει τα θετικά του αποτελέσματα για τους στόχους που θέτει.

3.3.2. Εργαστήρια Βασισμένα σε Υπολογιστή - MBL

Με τον όρο «Εργαστήρια βασισμένα σε υπολογιστή» αποδίδεται ο αγγλικός όρος Microcomputer-Based Laboratory (Βαμβακούσης & Μακρυωνίτης, 2003) ή MBL (τον οποίο και θα χρησιμοποιούμε από εδώ και πέρα για να αναφερόμαστε σε αυτά τα εργαλεία). Ο όρος MBL αναφέρεται σε συσκευές συλλογής δεδομένων που διασυνδέονται με Η/Υ, οι οποίοι με το κατάλληλο λογισμικό μπορούν να παράγουν σε πραγματικό χρόνο (δηλαδή την ώρα που συλλέγονται οι πληροφορίες) γραφικές παραστάσεις για τα δεδομένα που συλλέγονται, συναρτήσει του χρόνου (Nakhleh, 1994). Τα δεδομένα αυτά μπορεί να αφορούν τιμές αποστάσεων, θερμοκρασιών, έντασης φωτός, ηλεκτρικής τάσης κ.α. Εμείς θα αναφερθούμε μόνο στην περίπτωση συλλογής δεδομένων για αποστάσεις.

Με έναν ανιχνευτή κίνησης που συνδέεται με Η/Υ μπορεί κανείς να δημιουργήσει την γραφική παράσταση της απόστασης κινούμενων αντικειμένων από τον ανιχνευτή συναρτήσει του χρόνου. Μια από τις συνηθέστερες δραστηριότητες για τους μαθητές με τον ανιχνευτή κίνησης είναι να χρησιμοποιούν το σώμα τους ως κινούμενο αντικείμενο για να παράγουν τις γραφικές παραστάσεις. Ο συνήθης σκοπός τέτοιων δραστηριοτήτων είναι να προσπαθήσουν οι μαθητές να περπατήσουν μπροστά από τον ανιχνευτή κίνησης με τέτοιο τρόπο, ώστε να ταιριάξουν τη γραφική παράσταση που δημιουργείται από το περπάτημα τους με μία που τους δίνεται (Lapp & Cyrus, 2000). Η επιτυχία αυτής ειδικά της μεθόδου στην κατανόηση των γραφικών παραστάσεων οφείλεται στο ότι η ίδια η κίνηση των μαθητών είναι πολύ συμπαγής εμπειρία για τους ίδιους και συνδέεται με την επίκληση του κιναισθητικού κριτηρίου τους. Από την άλλη οι γραφικές παραστάσεις που παράγουν τα MBL δημιουργούνται την ώρα που γίνεται η κίνηση και συνδέονται άμεσα με μια τόσο προσωπική εμπειρία των μαθητών, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα να τις εκλαμβάνουν ως δυναμικές σχέσεις με την κίνηση τους και όχι ως στατικές εικόνες (Linn, Layman, & Nachmias, 1987). Η περίπτωση που περιγράψαμε αποτελεί και τη συνηθέστερη εφαρμογή των MBL στην εκπαιδευτική πράξη και έχει αποτελέσει θέμα για εκτενή έρευνα (Barclay,

1985, Mokros, 1985, Mokros & Tinker, 1987, Thornton, 1985, Brasell, 1987, Svec, 1995, Thornton & Sokoloff, 1990).

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου των MBL για την μάθηση εννοιών που αφορούν τις κινήσεις διαπιστώθηκαν από τους Thornton και Sokoloff (1990) σε μία μεγάλης κλίμακας έρευνα με 1500 φοιτητές και είναι τα ακόλουθα:

1) Επιτρέπουν στους μαθητές την άμεση εξερεύνηση απαλλάσσοντας τους από χρονοβόρες διαδικασίες συλλογής και απεικόνισης δεδομένων.

2) Οι γραφικές παραστάσεις δημιουργούνται σε πραγματικό χρόνο και έτσι οι μαθητές έχουν άμεση ανατροφοδότηση των δεδομένων σε μια κατανοητή μορφή.

3) Λόγω της ευκολίας και ταχύτητας στις διαδικασίες συλλογής δεδομένων, οι μαθητές μπορούν να εξετάσουν πολλές διαφορετικές καταστάσεις μέσα σε μία εργαστηριακή ώρα.

4) Τα εργαλεία, όσον αφορά το υλικό αλλά και το λογισμικό, είναι γενικής φύσης και ανεξάρτητα από τα πειράματα, ελευθερώνοντας τους μαθητές από το βάρος της εξοικείωσης με πολλά και διαφορετικά πειραματικά όργανα.

5) Με τα ίδια εργαλεία μπορούν να διερευνηθούν και να μελετηθούν φαινόμενα που καλύπτουν την ύλη από όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, (Thornton & Sokoloff, 1990).

Η επιτυχία των MBL στην συνδρομή τους στη μάθηση εννοιών της κινηματικής και στην κατανόηση των γραφικών παραστάσεων έχει επιβεβαιωθεί από πολλές έρευνες και για διάφορες περιστάσεις (Brassel, 1987, Mokros & Tinker, 1987, Svec, 1995, Redish et al, 1997, Bernhard, 2000).

3.4. Ανάλυση Κίνησης από Ψηφιακό Βίντεο – VBL

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται πληροφορίες για την ανάλυση της κίνησης από ψηφιακό βίντεο με ειδικό λογισμικό (VBL) Περιγράφεται η ορολογία που έχει επικρατήσει για αυτή την τεχνολογία, τα χαρακτηριστικά της και η τυπική πορεία σε μία δραστηριότητα ανάλυσης κίνησης στα πλαίσια ενός συγκεκριμένου λογισμικού, χαρακτηριστικού εκπροσώπου των VBL. Στη συνέχεια γίνεται η ανασκόπηση της

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

σχετικής βιβλιογραφίας διαρθρωμένη στις διάφορες προσεγγίσεις που έχουν γίνει στην έρευνα σχετικά με τα VBL.

3.4.1. Ορολογία

Για την περιγραφή των τεχνολογιών που προσφέρουν δυνατότητες για ανάλυση κίνησης που περιέχεται σε ψηφιακό βίντεο, έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς διάφορες ονομασίες και ορισμοί (Liao, 1998). Οι δύο συνηθέστεροι είναι α) *Αλληλεπιδραστικό Ψηφιακό Βίντεο (Interactive Digital Video ή IDV ή DVI)* ή απλώς *Αλληλεπιδραστικό Βίντεο (Interactive Video ή IV)* και β) *Εργαστήρια Βασισμένα στο Βίντεο (Video-Based Laboratories)* ή VBL κατ' αντιστοιχία των MBL. Ο όρος *αλληλεπιδραστικό βίντεο* μπορεί να οριστεί ως οποιοδήποτε βίντεο στο οποίο ο χρήστης έχει περισσότερο έλεγχο από το απλώς να παίζει (on-off control) την ταινία (Salomon et al., 1991). Οι περεταίρω δυνατότητες του αλληλεπιδραστικού βίντεο σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές είναι: α) Η τυχαία προσπέλαση (random access), β) το παγωμένο καρέ (still frame), γ) η προβολή καρέ-καρέ (step frame), και δ) η αργή κίνηση (slow play).

Ο όρος αλληλεπιδραστικό βίντεο (IV) δέχθηκε κριτική από την D. Laurillard (1993) η οποία θεωρεί πως από τη στιγμή που ο μόνος ουσιαστικός έλεγχος που έχει ο μαθητής που χρησιμοποιεί το IV είναι ο ρυθμός και η κατεύθυνση που παίζει το βίντεο, λείπει το βασικό χαρακτηριστικό της αλληλεπιδραστικότητας, κάποιας αλλαγής δηλαδή ως απόκριση σε ενέργεια του μαθητή. Αντιπροτείνει τον όρο *ενεργό βίντεο*, που κατά τη γνώμη μας είναι καταλληλότερος, αλλά δεν επικράτησε καθώς ο όρος IV είχε ήδη γίνει ευρέως γνωστός και χρησιμοποιούμενος.

Ο όρος *Εργαστήρια Βασισμένα στο Βίντεο (Video-Based Laboratories ή VBL)*, που υιοθετούμε στη δική μας μελέτη, αναφέρεται σε εργαλεία λογισμικού Η/Υ που επιτρέπουν την προβολή μιας ψηφιακής ταινίας και στην συνέχεια, την μελέτη και ανάλυση της κίνησης κάποιου ή κάποιων από τα κινούμενα αντικείμενα που η ταινία περιέχει. Η χρήση αυτών των λογισμικών στο περιβάλλον της αίθουσας διδασκαλίας συνήθως αναφέρονται ως Video-Based Labs ή VBL, όρος που αποδίδεται στην Rubin (1993) κατ' αντιστοιχία του όρου MBL.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

3.4.2. Χαρακτηριστικά των VBL

Τα VBL επιτρέπουν την παρατήρηση της κίνησης που περιέχεται σε ψηφιακό βίντεο με πολλαπλούς τρόπους ελέγχου. Παρέχουν εργαλεία για την εύκολη και άμεση συλλογή πειραματικών δεδομένων από αυτό, την επεξεργασία των δεδομένων και τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων για διάφορα μεγέθη της κινηματικής που αφορούν την υπό μελέτη κίνηση. Σε πολλές περιπτώσεις τα βίντεο που μελετώνται έχουν μαγνητοσκοπηθεί από τους ίδιους τους μαθητές που τα χρησιμοποιούν, γεγονός που θεωρείται ιδιαίτερα σημαντικό στην ενίσχυση της επίδρασης των VBL στη μάθηση (Rubin et al., 1996, Escalada et al., 1996, Kearney & Schuck 2003).

Πολλά από τα χαρακτηριστικά που καθιστούν τα VBL μια τεχνολογία που προσφέρεται για να εφαρμοσθεί στην εκπαίδευση σχετίζονται με τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει το αλληλεπιδραστικό βίντεο από μόνο του (όπως αυτό παρουσιάσθηκε στην ενότητα 3.4.1). Ο συνδυασμός του με την χρήση ειδικού λογισμικού (που μαζί συνιστούν τα VBL περιβάλλοντα) έχει ακόμη περισσότερα χαρακτηριστικά που καθιστούν τα VBL αξιόλογο περιβάλλον εργασίας και μάθησης.

Μελέτες έχουν δείξει από νωρίς (McNeil and Nelson, 1991) την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας με αλληλεπιδραστικό βίντεο, ενθαρρύνοντας την χρήση της στην εκπαιδευτική πράξη. Ο Kearney (2002) αναφέρει τα παρακάτω σημαντικότερα σημεία θετικής συμβολής του αλληλεπιδραστικού βίντεο στη διδασκαλία: α) Οι μαθητές μαθαίνουν με το δικό τους ρυθμό, β) Επιτρέπει την επανάληψη και αναθεώρηση, γ) Ελευθερώνει χρόνο για τον δάσκαλο τον οποίο μπορεί να αφιερώνει σε μικρές ομάδες μαθητών. Το τελευταίο μάλιστα χαρακτηριστικό είναι ιδιαίτερης σημασίας και συχνά παραγνωρίζεται όπως αναφέρουν οι Sutherland και Balacheff (1999) σε μια εργασία που εντάσσει τον ρόλο της αλληλεπίδρασης δάσκαλου μαθητή ως κεντρικής σημασίας στον χώρο των υπολογιστικών εργαλείων για τη διδασκαλία και μάθηση των Μαθηματικών.

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά των VBL είναι οι πολλαπλές εξωτερικές αναπαραστάσεις που χρησιμοποιούν (MERs), οι οποίες μάλιστα είναι δυναμικά συνδεδεμένες μεταξύ τους. Οι πολλαπλές αναπαραστάσεις γενικότερα χρησιμοποιούνται για να καθίστανται οι αφηρημένες καταστάσεις πιο συμπαγείς για τους μαθητές, ενώ ειδικότερα στον χώρο των εκπαιδευτικών λογισμικών η χρήση τους από νωρίς είχε αρχίσει να αξιοποιείται με αυξανόμενους ρυθμούς (Ainsworth,

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Ribby & Wood, 1997 και Lin & Hsieh, 1993). Στα VBL οι εξωτερικές αναπαραστάσεις της κίνησης που παρέχονται στους μαθητές είναι τρεις:

- Η κίνηση αυτή καθαυτή όπως παρουσιάζεται στο ψηφιακό βίντεο,
- ο αριθμητικός πίνακας που περιέχει τις συντεταγμένες κίνησης και
- οι γραφικές παραστάσεις για τα διάφορα μεγέθη της κινηματικής.

Με τα VBL οι «εικόνες» που έχουν οι φοιτητές για να μελετήσουν τα φαινόμενα δεν είναι πλέον στατικής φύσης, αλλά αποκτούν μια νέα «ζωή» που επιτρέπει καλύτερη την στενή σύνδεση τους με τις μαθηματικές αναπαραστάσεις (Rubin, 1999). Οι αναπαραστάσεις της κίνησης στο βίντεο, του αριθμητικού πίνακα και των γραφικών παραστάσεων, είναι δυναμικά συνδεδεμένες μεταξύ τους Οποιαδήποτε μεταβολή σε κάποια από αυτές προκαλεί αυτόματα και ταυτόχρονα τις αντίστοιχες μεταβολές στις υπόλοιπες. Αυτή η δυναμική σύνδεση μεταξύ διαφορετικών αναπαραστάσεων με τη βοήθεια της τεχνολογίας θεωρείται κλειδί για την ενίσχυση της μάθησης (Wyberg, 1999).

Άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό των VBL είναι ότι επιτρέπουν την μελέτη κινήσεων που έχουν βιντεοσκοπηθεί όχι μόνο σε εργαστηριακό περιβάλλον, αλλά κυρίως σε περιβάλλον εκτός εργαστηρίου, κινήσεις δηλαδή που προέρχονται από καθημερινές πραγματικές καταστάσεις. Με τα VBL, δίνεται η δυνατότητα για τη μελέτη σκηνών που προέρχονται από την καθημερινότητα και αποτελούν ακριβείς και αξιόπιστες αναπαραστάσεις της (Bosco, 1984) και αυτή τους η δυνατότητα θεωρείται ιδιαίτερης σημασίας στον χώρο της μάθησης με τη βοήθεια Η/Υ (Weller, 1996). Οι καθημερινές σκηνές που μπορεί να περιέχονται στα βίντεο, ενισχύουν τη σύνδεση μεταξύ της επιστημονικής θεώρησης με την καθημερινή θεώρηση της ίδιας σκηνής, όπως την γνωρίζουν από την καθημερινή εμπειρία οι μαθητές (Duit & Confrey, 1997 και Jonassen & Reeves, 1996). Οι μαθητές έχουν προσωπική εμπειρία από τις καταστάσεις που μελετούν στα VBL και έτσι έχουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την μελέτη και μεγαλύτερα κίνητρα για μάθηση. Κύρια αιτία είναι η αφύπνιση της εγγενούς περιέργειας και ενδιαφέροντος για τον τρόπο και τις αιτίες που συμβαίνουν τα φαινόμενα που περιέχονται στα πλαίσια των καθημερινών μας εμπειριών (Kearney και Treagust, 2001). Επιπλέον, η σύνδεση της αναπαράστασης της κίνησης από το βίντεο με τις μαθηματικές της αναπαραστάσεις είναι πιο ισχυρή στην περίπτωση που μελετώνται καθημερινές σκηνές, καθώς οι μαθηματικές αναπαραστάσεις μπορούν

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

στην περίπτωση αυτή να συσχετιστούν πιο εύκολα με τις εμπειρίες των μαθητών (Weller, 1996, Kearney και Treagust, 2001).

Τέλος, αναφορά πρέπει να κάνουμε και στην διεπιφάνεια επικοινωνίας του λογισμικού των VBL με τον χρήστη (user interface), που είναι παραθυρικού τύπου και συνήθως χαρακτηρίζονται από σωστή διάταξη στην οθόνη, ύπαρξη βοηθητικών γραμμών με εργαλεία, εύκολο χειρισμό και ανοιχτό περιβάλλον εξερεύνησης. Τα λογισμικά συνήθως έχουν δυνατότητες ώστε οι χρήστες να μπορούν να χρησιμοποιούν σύμβολα και χρώματα που προτιμούν (π.χ. στις γραφικές παραστάσεις για να ξεχωρίζουν τις καμπύλες) και διάφορα άλλα εργαλεία που χρησιμεύουν σε μικρής κλίμακας εξερευνήσεις που μπορεί να ενδιαφέρουν τους μαθητές στα πλαίσια μιας ευρύτερης δραστηριότητας ανάλυσης κίνησης. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά συμβάλλουν στην καλύτερη χρήση των VBL, τόσο σαν περιβάλλον εργασίας όσο και σαν περιβάλλον μάθησης για τους μαθητές – χρήστες τους.

Τα VBL και οι αρχές του κονστρουκτιβισμού

Ο κονστρουκτιβισμός υπαγόρευσε την περασμένη δεκαετία τα χαρακτηριστικά τα οποία πρέπει να ακολουθεί το εκπαιδευτικό λογισμικό και στα επιτυχημένα παραδείγματα ανάπτυξης τέτοιου λογισμικού εντάσσονται και τα VBL (Kearney, 2002, Squires, 1999). Ο λόγος που ο Squires (1999) θεωρεί τα VBL ως ένα καλό παράδειγμα ενσωμάτωσης των αρχών του κονστρουκτιβισμού στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό είναι πως τα VBL παρέχουν πλαίσια από πραγματικές καταστάσεις οι οποίες σχετίζονται με τη ζωή των μαθητών και τους ενδιαφέρουν. Επιπλέον τα χαρακτηριστικά των VBL λογισμικών είναι τέτοια ώστε προωθούν και ενισχύουν την ανοιχτή εξερεύνηση (open ended exploration). Ο τρόπος που εργάζονται οι μαθητές στο περιβάλλον των VBL, τους επιτρέπει να επιλέγουν τι θα μελετήσουν και με ποια μέθοδο θα φτάσουν στην απάντηση που ζητούν οι εκάστοτε δραστηριότητες με τις οποίες ασχολούνται (Squires, 1999).

Ο Kearney (2002) αναφέρει πως όταν τα VBL αξιοποιούνται σε ένα συνεργατικό μαθησιακό περιβάλλον, μπορούν να προσφέρουν τις αναπαραστάσεις που παρέχουν ως αντικείμενα διαπραγμάτευσης[6] για τους μαθητές. Πάνω σε αυτά τα

[6] Με τον όρο «αντικείμενα διαπραγμάτευσης» αποδίδουμε τον όρο «conversational artifacts» (Pea, 1993a)

αντικείμενα διαπραγμάτευσης οι μαθητές μπορούν να διατυπώσουν και να αναπτύξουν τις ιδέες τους, να γνωρίσουν τις ιδέες των συμμαθητών τους και να διαπραγματευτούν κοινά νοήματα.

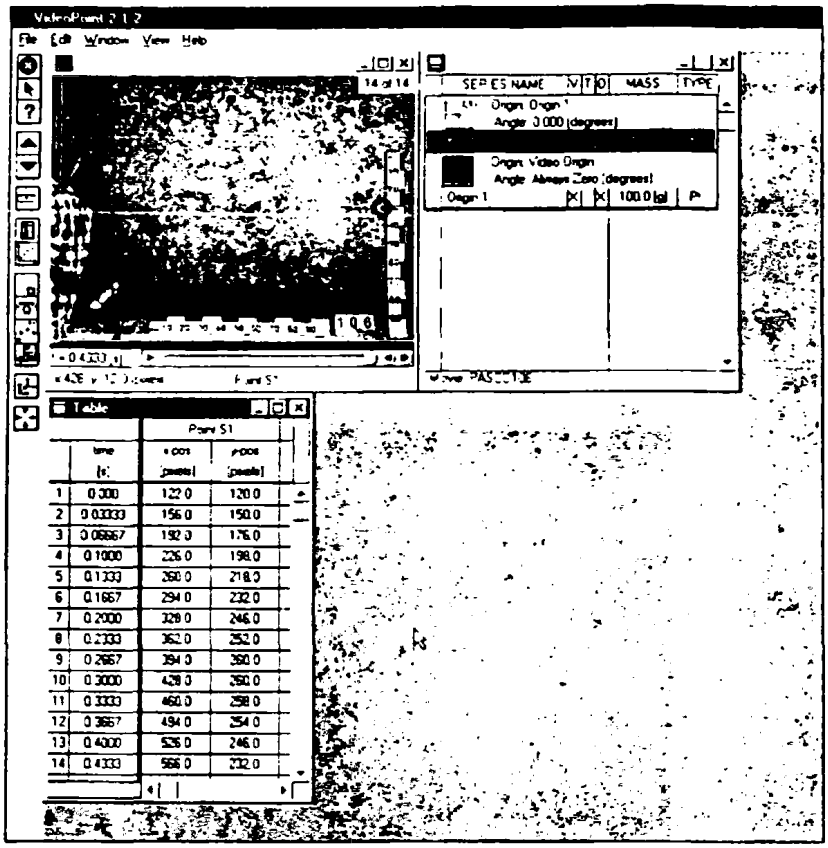
Όταν μάλιστα η παρατήρηση της κίνησης προηγηθεί της όποιας συζήτησης και θεωρίας γύρω από το φαινόμενο που υπαγορεύει τη συγκεκριμένη κίνηση, τότε οι μαθητές αποκτούν περισσότερα κίνητρα για μάθηση (Zollman and Fuller, 1994). Σε μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση και σύμφωνα με την προηγούμενη παρατήρηση, το περιβάλλον των VBL επιτρέπει την πιο στενή και σε πιο μικρές ομάδες ενασχόληση με POE[7] (Predict-Observe-Explain) δραστηριότητες, παρέχοντας στους μαθητές αυξημένο έλεγχο στον τρόπο παρατήρησης και δίνοντας στον δάσκαλο περισσότερο χρόνο να αλληλεπιδράσει με τους μαθητές του. Αυτές οι μικρές ομάδες συνεργασίας ενθαρρύνουν τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις καθώς και τις προσωπικές αναθεωρήσεις νοημάτων που είναι θεμελιώδους σημασίας στην συνεργατική μάθηση (Kearney και Treagust, 2001).

3.4.3. Διαδικασία Ανάλυσης της Κίνησης με VBL

Περιγράφουμε σε αυτή την ενότητα την πορεία που ακολουθείται σε μια τυπική δραστηριότητα ανάλυσης κίνησης σε VBL περιβάλλοντα. Το λογισμικό, το οποίο θα χρησιμοποιήσουμε ως πρότυπο για αυτή μας τη περιγραφή είναι το VideoPoint, το οποίο και χρησιμοποιήσαμε στην εμπειρική μας έρευνα. Η διαδικασία που ακολουθείται στο περιβάλλον του συγκεκριμένου λογισμικού ακολουθεί τις γενικές αρχές της ανάλυσης κίνησης με VBL και για το λόγο αυτό είναι ίδια με τη διαδικασία που ακολουθείται και για άλλα VBL λογισμικά, διαφέροντας μόνο σε λεπτομέρειες. Προτού προβούμε στην περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθούν οι μαθητές παρουσιάζουμε εν συντομία το περιβάλλον λειτουργίας του VideoPoint.

[7] Κατά την στρατηγική POE (Predict – Observe – Explain) οι μαθητές πρώτα προσπαθούν να διατυπώσουν προβλέψεις σχετικά με κάποιο φαινόμενο, στη συνέχεια παρατηρούν το φαινόμενο και την πτυχή του που αφορά την πρόβλεψη τους με προσοχή, και στο τελευταίο στάδιο προσπαθούν συζητώντας να εξηγήσουν την επιτυχημένη ή αποτυχημένη αρχική τους πρόβλεψη για αυτό.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ



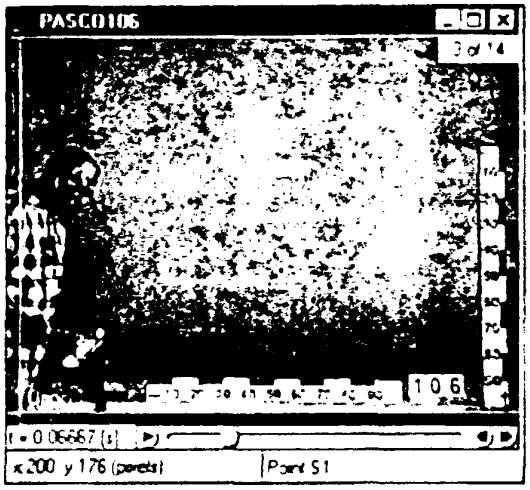
Εικόνα 3. 1 – Στιγμιότυπο οθόνης του περιβάλλοντος εργασίας στο VideoPoint

Στην εικόνα 3.1 φαίνεται ένα στιγμιότυπο από μια οθόνη του VideoPoint. Διακρίνεται πάνω αριστερά το παράθυρο από το οποίο μπορεί κανείς να παίξει την ταινία, από κάτω ο πίνακας με τις τιμές των x και y συντεταγμένων του σώματος που μελετάται και πάνω δεξιά ένα παράθυρο στο οποίο ορίζονται τα διάφορα συστήματα αναφοράς. Στην αριστερή πλευρά της οθόνης και κατακόρυφα υπάρχει μία μπάρα με διάφορα εργαλεία που εκτελούν λειτουργίες σχετικές με την ανάλυση της κίνησης, όπως η δημιουργία κλίμακας ή η δημιουργία γραφικών παραστάσεων.

Βήμα 1° – Παρατήρηση της κίνησης

Το πρώτο βήμα στη διαδικασία ανάλυσης της κίνησης είναι η παρατήρηση του βίντεο που περιέχει την υπό μελέτη κίνηση. Στην εικόνα 3.2 φαίνεται με λεπτομέρεια το αντίστοιχο παράθυρο του λογισμικού. Στο κυρίως μέρος του παραθύρου φαίνεται η ταινία, ενώ κάτω από αυτό υπάρχει μία γκρι μπάρα που χρησιμεύει για τον έλεγχο του τρόπου που προβάλλεται η ταινία. Αριστερά σε αυτή την μπάρα υπάρχει το κουμπί που παίζει την ταινία (play button) και δεξιά από το κουμπί υπάρχει μία γραμμή κύλισης με ένα κουμπί κύλισης που δείχνουν ποιο σημείο της ταινίας απεικονίζεται κάθε στιγμή. Από το κουμπί κύλισης είναι δυνατόν να μεταβούμε σε

οποιοδήποτε σημείο της ταινίας. Στο δεξί μέρος της γκρι μπάρας υπάρχουν δύο κουμπιά από τα οποία μπορεί να προχωρήσει η ταινία ανά ένα καρέ προς τα μπρος ή προς τα πίσω στο χρόνο. Αριστερά από την γκρι μπάρα υπάρχει ένα πλαίσιο στο οποίο απεικονίζεται η τιμή του χρόνου (t) που αντιστοιχεί στο καρέ που απεικονίζεται κάθε στιγμή. Ο αριθμός του τρέχοντος καρέ καθώς και ο συνολικός αριθμός των καρέ από τα οποία αποτελείται η ταινία φαίνονται πάνω δεξιά στο παράθυρο μέσα σε κίτρινο πλαίσιο.



Εικόνα 3. 2 – Στιγμιότυπο οθόνης του παράθυρου παρουσίασης της ταινίας στο VideoPoint

Ο χρήστης επομένως έχει τρεις τρόπους στη διάθεση του για να παρατηρήσει την κίνηση: α) Παίζοντας μονομιάς την ταινία, β) Πηγαίνοντας την ταινία ελεύθερα σε οποιοδήποτε σημείο (είτε προς τα μπρος είτε προς τα πίσω) και γ) Παίζοντας την ταινία καρέ-καρέ είτε προς τα μπρος είτε προς τα πίσω. Η δυνατότητα να χρησιμοποιήσει οποιοδήποτε από τους παραπάνω τρόπους επιτρέπει την απλή παρατήρηση μιας κίνησης όσες φορές και οποιαδήποτε στιγμή της διαδικασίας το επιθυμεί ο χρήστης, καθώς και την εστίαση σε σημεία της κίνησης που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Η παρατήρηση ενός φαινόμενου μέσα από το VBL περιβάλλον καθίσταται σε ορισμένες περιπτώσεις ανώτερη από την παρατήρηση του ίδιου φαινόμενου σε πραγματικές συνθήκες, που δεν επιτρέπει την λεπτομερή παρατήρηση της κίνησης, τόσο όσον αφορά την εξαγωγή ποιοτικών συμπερασμάτων όσο και για τη δυνατότητα πραγματικών μετρήσεων (Gamboa et al., 2000). Όταν για παράδειγμα οι τιμές στον πίνακα ή σε κάποια γραφική παράσταση αποκτούν κάποια ιδιαιτερότητα (π.χ. γίνονται αρνητικές ή μηδέν ή σταθερές) ή για σημεία τομής γραφικών παραστάσεων που αντιστοιχούν στην κίνηση δύο ή και περισσοτέρων σωμάτων, τότε μπορούν οι μαθητές να χρησιμοποιήσουν το κουμπί κύλισης ή τα κουμπιά στα δεξιά της μπάρας ελέγχου και να δουν τι συμβαίνει στην κίνηση εκείνη την χρονική στιγμή.

Η δυνατότητα να «παγώνουν» τον χρόνο με αυτό τον τρόπο τους δίνει την ευκαιρία να μελετήσουν γεγονότα που συμβαίνουν πολύ γρήγορα για να τα αντιληφθεί ο ανθρώπινος νους, όπως για παράδειγμα μία σύγκρουση ή μία κίνηση που εκτυλίσσεται αστραπιαία (Boyd and Rubin, 1996).

Βήμα 2° - Συλλογή των δεδομένων

Τα δεδομένα που απαιτούνται για τη μελέτη της κίνησης ενός σώματος είναι οι συντεταγμένες κίνησης του. Αν αυτές είναι γνωστές, τότε τα υπόλοιπα μεγέθη της κινηματικής μπορούν να υπολογιστούν (Hoffmaster, 1991). Η συλλογή των συντεταγμένων γίνεται σημαδεύοντας με το ποντίκι την θέση του αντικειμένου (ή των αντικειμένων) σε κάθε καρέ του βίντεο της κίνησης. Στο παράθυρο της ταινίας υπάρχει ένα πρωτεύον «Σύστημα Αναφοράς» και όλες οι συντεταγμένες κίνησης μετρούνται αναφορικά με αυτό το σύστημα. Στην εικόνα 3.2 φαίνεται με κίτρινους άξονες και με την αρχή του κάτω αριστερά στο παράθυρο της ταινίας και έχει την ονομασία Origin 1.

Τα δεδομένα των συντεταγμένων κίνησης που συλλέγονται, εισάγονται αυτόματα από το λογισμικό σε έναν αριθμητικό πίνακα, όπου επίσης φαίνεται και η αντίστοιχη τιμή για τον χρόνο για κάθε καρέ (εικόνα 3.3).

Table

		Point S1	
	time [s]	x-pos [pixels]	y-pos [pixels]
1	0.000	122.0	120.0
2	0.03333	156.0	150.0
3	0.06667	192.0	176.0
4	0.1000	226.0	198.0
5	0.1333	260.0	218.0
6	0.1667	294.0	232.0
7	0.2000	328.0	246.0
8	0.2333	362.0	252.0
9	0.2667	394.0	260.0
10	0.3000	428.0	260.0
11	0.3333	460.0	258.0
12	0.3667	494.0	254.0
13	0.4000	526.0	246.0
14	0.4333	566.0	232.0

Εικόνα 3. 3 – Στιγμιότυπο οθόνης του πίνακα συντεταγμένων στο VideoPoint

Η διαδικασία συλλογής των δεδομένων ακολουθεί τα γενικότερα πρότυπα της ανοιχτής διαδικασίας που διέπει τη φιλοσοφία του VideoPoint, καθώς ο χρήστης δεν

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ακολουθεί γραμμική πορεία για να συλλέξει τις συντεταγμένες. Μπορεί να ξεκινήσει από οποιοδήποτε καρέ του βίντεο επιθυμεί, να επιστρέψει και να συλλέξει δεδομένα σε καρέ που είχε παραλείψει ή και να μην τελειώσει την συλλογή για όλα τα καρέ του βίντεο, παρά μόνο για αυτά που τον ενδιαφέρουν.

Ο πίνακας στον οποίο καταχωρούνται τα δεδομένα που συλλέγει ο χρήστης αποτελεί την μαθηματική αναπαράσταση της κίνησης υπό μορφή αριθμητικού πίνακα και οι μαθητές μπορούν να μελετήσουν σε αυτόν τις τιμές και τις διακυμάνσεις των τιμών για τις συντεταγμένες και να τις συνδέσουν με την κίνηση που παρατηρούν στο παράθυρο της ταινίας (Bresnahan et. al, 1994).

Το VideoPoint επιτρέπει τη δυναμική μεταχείριση των συλλεχθέντων δεδομένων, με την εξής έννοια: Για όποιες αλλαγές κάνει ο μαθητής στα σημάδια συλλογής συντεταγμένων από το παράθυρο της ταινίας (αν για παράδειγμα κάνει διορθώσεις ή θέλει να είναι πιο ακριβείς οι μετρήσεις του), οι τιμές του πίνακα συντεταγμένων μεταβάλλονται αυτόματα εκείνη τη στιγμή. Επιπλέον, ο χρήστης του προγράμματος μπορεί να μετακινήσει ή/και να περιστρέψει το Σύστημα Αναφοράς και την ίδια στιγμή να παρατηρήσει την αλλαγή που αυτές του οι ενέργειες προκαλούν στις τιμές του πίνακα συντεταγμένων. Όσον αφορά τα Συστήματα Αναφοράς, με την παραπάνω διαδικασία το VideoPoint παρέχει μια ιδιαίτερα ισχυρή οπτικοποίηση της έννοιας του Συστήματος Αναφοράς που είναι εξ ορισμού αφηρημένης φύσης. Ο J. Kaput (1994) αναφέρει τη σημασία αυτής της δυνατότητας, σε μια εργασία του που αφορά την χρήση της τεχνολογίας στη σύνδεση μαθηματικών και αυθεντικών εμπειριών. «*Η διαθεσιμότητα των αλληλεπιδραστικών και πλούσιων σε αναπαραστάσεων τεχνολογιών επιτρέπει μεταξύ άλλων την δράση από τον χρήστη πάνω στα συστήματα αναφοράς που μπορεί πλέον να τα χειρίζεται σα να ήταν φυσικά αντικείμενα*» (Kaput, 1994).

Υπάρχει λοιπόν σύνδεση ανάμεσα σε αυτά που ο χρήστης κάνει στο παράθυρο που δείχνει το βίντεο και σε αυτά που του παρουσιάζονται στην αναπαράσταση του πίνακα. Επιπλέον, ο χρήστης αντιλαμβάνεται ότι η σύνδεση αυτή είναι δυναμική και άμεση και δεν χρειάζεται να μεσολαβήσει δική του ενέργεια ούτε επιπλέον χρόνος για την ανανέωση των τιμών του πίνακα από τη στιγμή που προκαλεί μεταβολές από το παράθυρο της ταινίας. Η σύνδεση μεταξύ της αναπαράστασης του πίνακα και της πραγματικής κίνησης λειτουργεί και κατά τον αντίστροφο τρόπο. Κάνοντας διπλό κλικ σε κάποια από τις τιμές του πίνακα, το λογισμικό μεταβαίνει την ταινία στο καρέ

που αντιστοιχεί σε εκείνη την τιμή, αποκαλύπτοντας το τι συμβαίνει εκείνη τη στιγμή στην κίνηση (Rubin et. al, 1996).

Να σημειώσουμε επίσης, ότι στον ίδιο πίνακα στη συνέχεια εμφανίζονται και δεδομένα για τις τιμές μεγεθών που υπολογίζει το λογισμικό όταν του ζητηθεί να φτιάξει γραφικές παραστάσεις για αυτά τα μεγέθη, όπως είναι για παράδειγμα η ταχύτητα ή η επιτάχυνση σε κάποια διεύθυνση ή κατά μέτρο, καθώς και άλλα φυσικά μεγέθη. Οι λειτουργίες του λογισμικού για τη σύνδεση του πίνακα με την αναπαράσταση της κίνησης είναι ίδιες και για την περίπτωση που ο πίνακας περιέχει και τιμές άλλες φυσικών μεγεθών πέρα των συντεταγμένων.

Βήμα 3° – Ορισμός κλίμακας

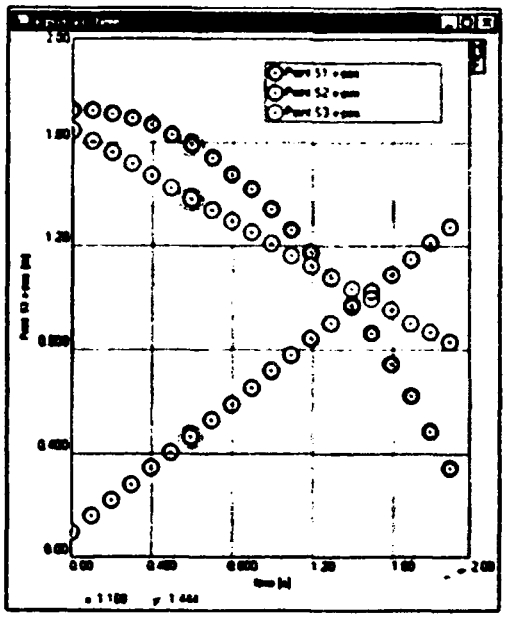
Το επόμενο βήμα για την ανάλυση της κίνησης είναι ο ορισμός μιας κλίμακας για τις αποστάσεις. Η αντιστοίχηση δηλαδή μιας τιμής πραγματικού μήκους σε κάποιο από τα αντικείμενα που φαίνονται στο παράθυρο της ταινίας. Στο πλαίσιο της καθημερινής αντίληψης της πραγματικότητας η τρισδιάστατη όψη του κόσμου, μας επιτρέπει να κάνουμε κρίσεις για το πραγματικό μέγεθος των αντικειμένων που παρατηρούμε, ενώ για τον δυσδιάστατο κόσμο απεικόνισης των VBL κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατόν (Boyd & Rubin, 1996). Χωρίς την τρίτη διάσταση δεν υπάρχει η έννοια της προοπτικής και έτσι στο πλαίσιο του βίντεο δεν μπορούμε να κάνουμε κρίσεις για τα πραγματικά μεγέθη των αντικειμένων. Για να υπερβούμε αυτό το εμπόδιο και να περάσουμε από τις σχετικές συγκρίσεις μεγεθών στα απόλυτα μεγέθη πρέπει ο χρήστης του VideoPoint να σημαδέψει με το ποντίκι μια απόσταση μέσα στο παράθυρο της ταινίας και να δώσει στο λογισμικό μια τιμή σε συνήθεις μονάδες μήκους για αυτή την απόσταση. Έτσι, με τον ορισμό μιας κλίμακας, τα δεδομένα των συντεταγμένων που ως τότε μετριόντουσαν σε εικονοστοιχεία (pixels), θα μετρούνται πλέον σε συνήθεις μονάδες απόστασης, όπως μέτρα (m), ίντσες (in) ή πόδια (ft).

Βήμα 4° – Δημιουργία και μελέτη γραφικών παραστάσεων

Η συνηθέστερη ενέργεια για τη συνέχεια είναι η δημιουργία των γραφικών παραστάσεων. Στο περιβάλλον των VBL δίνεται η δυνατότητα να δημιουργηθούν γραφικές παραστάσεις για διάφορα μεγέθη, όπως θέση, ταχύτητα, επιτάχυνση, δύναμη, ενέργεια, ορμή συναρτήσει του χρόνου για ένα ή περισσότερα αντικείμενα

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

(παράδειγμα η εικόνα 3.4). Στις γραφικές παραστάσεις αυτές μπορεί να παριστάνεται η μεταβολή κάποιου μεγέθους συναρτήσει κάποιου άλλου (συνήθως του χρόνου) για ένα ή και περισσότερα κινούμενα σώματα, αναλόγως με τους σκοπούς της εκάστοτε δραστηριότητας.



Εικόνα 3. 4 – Στιγμιότυπο οθόνης παράθυρου γραφικών παραστάσεων στο VideoPoint

Οι μαθητές μπορούν επίσης να δημιουργούν γραφικές παραστάσεις για χρονοανεξάρτητα χαρακτηριστικά της κίνησης, όπως για παράδειγμα την γραφική παράσταση της τροχιάς y(x) ή οτιδήποτε άλλο θεωρούν οι ίδιοι ή οι δάσκαλοι τους ενδιαφέρον θέμα μελέτης. Οι γραφικές παραστάσεις δημιουργούνται από το πρόγραμμα κατ' εντολή του χρήστη και η μόνη απαιτούμενη παρέμβαση του είναι ο ορισμός των μεγεθών που θέλει να παριστάνουν ο οριζόντιος και ο κατακόρυφος άξονας της γραφικής παράστασης. Οι χρήστες μπορούν φυσικά να δημιουργήσουν και περισσότερες της μίας γραφικές παραστάσεις, για ένα ή περισσότερα σώματα, που θα φαίνονται η κάθε μία στο δικό της ξεχωριστό παράθυρο.

Οι γραφικές παραστάσεις που δημιουργεί το VideoPoint, όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.4 αναπαριστούν τις τιμές που προκύπτουν από την πειραματική διαδικασία της συλλογή των συντεταγμένων. Για το λόγο αυτό παριστάνονται ως διακριτά σημεία στη γραφική παράσταση, καθώς η συλλογή των δεδομένων έγινε ανά καρέ του βίντεο[8]. Σε άλλα λογισμικά η παρεμβολή[9] (interpolation) μεταξύ των

[8] Συνήθως ένα καρέ αντιστοιχεί σε $\frac{1}{30}$ ή $\frac{1}{24}$ του δευτερολέπτου (καθώς τα περισσότερα βίντεο είναι γυρισμένα με 30 ή 24 καρέ ανά δευτερόλεπτο).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

σημείων γίνεται αυτόματα, ενώ σε άλλα (όπως το VideoPoint) η παρεμβολή δεν πραγματοποιείται από το λογισμικό αλλά συμβαίνει ως υποσυνείδητη νοητική διεργασία του χρήστη, που υπαγορεύεται από την βαθειά μας εμπειρία για τη συνέχεια του χρόνου (Boyd και Rubin, 1996). Το πλεονέκτημα της αναπαράστασης με τις διακριτές τιμές είναι πως αποτελεί την καλύτερη προσέγγιση της αναπαράστασης της πραγματικότητας όπως έχει προκύψει από την πειραματική διαδικασία συλλογής των δεδομένων που ακολουθούν οι μαθητές, ενώ ταυτόχρονα τους εξοικειώνει με την επιστημονική πειραματική μέθοδο.

Οι γραφικές παραστάσεις στο περιβάλλον του VideoPoint έχουν δυναμικά χαρακτηριστικά. Σε αντίθεση με τα στατικά μέσα, ο Η/Υ μας δίνει τη δυνατότητα να επεξεργαστούμε τις γραφικές παραστάσεις με τρόπους που στο παρελθόν δεν ήταν εφικτοί. Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά των γραφικών παραστάσεων στο VideoPoint είναι η «αναπαραγωγή» τους καθώς ο χρήστης παίζει την ταινία και παρατηρεί την κίνηση. Στην εικόνα 3.4 φαίνεται η γραφική παράσταση x(t) για την ταυτόχρονη κίνηση τριών σωμάτων. Για την 7η τιμή για κάθε σώμα βλέπουμε πως το αντίστοιχο σημείο της γραφικής παράστασης είναι σημειωμένο με ένα μπλε κύκλο. Ο κύκλος αυτός συνδέει το σημείο της γραφικής παράστασης με το στιγμιότυπο της κίνησης που φαίνεται εκείνη τη στιγμή στο καρέ της υπό μελέτης ταινίας. Αν πατήσουμε το κουμπί αναπαραγωγής της ταινίας στο αντίστοιχο παράθυρο, τότε θα παρατηρήσουμε πως ο μπλε κύκλος διατρέχει τις γραφικές παραστάσεις αναδημιουργώντας και αυτές. Αυτή η σύνδεση σε πραγματικό χρόνο μεταξύ των δεδομένων της κίνησης και των γραφικών παραστάσεων βοηθά τους μαθητές να κατασκευάσουν ποιοτικά δυναμικά νοητικά μοντέλα για τα φαινόμενα (Pena & Alessi, 1999), παρέχοντας έναν ευθύ σύνδεσμο μεταξύ της αναπαράστασης του πραγματικού φαινόμενου κίνησης και της αναπαράστασης των γραφικών παραστάσεων. Στην περίπτωση που οι μαθητές μελετούν κάποιο συγκεκριμένο τμήμα της ταινίας χρησιμοποιώντας τα αντίστοιχα κουμπιά ελέγχου, βλέπουν τον μπλε κύκλο στις γραφικές παραστάσεις που έχουν δημιουργήσει να σημαδεύει τα αντίστοιχα σημεία. Έτσι μπορούν να συνδέσουν τις δύο αναπαραστάσεις και να αποκτήσουν μια πιο βαθιά κατανόηση του φαινόμενου που παρατηρούν. Η δυναμική αυτή σύνδεση όμως λειτουργεί και με την αντίστροφη φορά. Αν οι μαθητές θέλουν να

[9] Με τον όρο «παρεμβολή» αποδίδουμε τον αγγλικό όρο «interpolation» που σημαίνει η σύνδεση των επί μέρους πειραματικών σημείων με τη βέλτιστη καμπύλη.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

εξιχνιάσουν το γιατί κάποια γραφική παράσταση έχει σε κάποιο σημείο της συγκεκριμένη μορφή, μπορούν να κάνουν κλικ και να σύρουν τον μπλε κύκλο μπρος-πίσω στη γραφική παράσταση και το λογισμικό κάνει την αντίστοιχη ενέργεια για το παράθυρο της ταινίας, προχωρώντας την προς τα μπρος ή προς τα πίσω στο χρόνο με την ταχύτητα που ο χρήστης σύρει τον μπλε κύκλο.

Πέρα από την παραπάνω σύνδεση για τις γραφικές παραστάσεις με την πραγματική κίνηση, ισχύουν και οι αντίστοιχες που περιγράψαμε για την αναπαράσταση του πίνακα. Οποιεσδήποτε δηλαδή μεταβολές στις τιμές των συντεταγμένων (π.χ. λόγω διορθώσεων ή λόγω αλλαγής της κλίμακας), ανακλώνται αυτόματα και στον ίδιο χρόνο και στη μορφή των γραφικών παραστάσεων. Το ίδιο φυσικά συμβαίνει και για αλλαγές στο σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται για την μέτρηση των συντεταγμένων κίνησης. Αν ο χρήστης το μετακινήσει ή το περιστρέψει, οι γραφικές παραστάσεις ενημερώνονται την ίδια στιγμή αλλάζοντας τιμές ή και μορφή αναλόγως με τις μεταβολές στο σύστημα αναφοράς.

Άλλες δυνατότητες για τη μελέτη της κίνησης

Εκτός από τις παραπάνω βασικές λειτουργίες για την ανάλυση της κίνησης, τα VBL συνήθως προσφέρουν και επιπλέον δυνατότητες όπως μετρήσεις αποστάσεων και γωνιών, μοντελοποίησης κ.α. Παρουσιάζουμε στη συνέχεια και εν συντομία δύο από τις πιο σημαντικές προκειμένου να είναι πληρέστερη η περιγραφή των VBL περιβαλλόντων για τον αναγνώστη, αν και δεν ασχοληθήκαμε με αυτές στα πλαίσια της δικής μας μελέτης.

Μια σημαντική δυνατότητα που παρέχουν τα VBL αφορά τις λειτουργίες μοντελοποίησης για τις γραφικές παραστάσεις. Συγκεκριμένα στο VideoPoint στο οποίο βασίσαμε την περιγραφή μας, μπορεί κανείς να παρατηρήσει επάνω δεξιά στην εικόνα 3.4 τα δύο κουμπιά «M» (από τη λέξη Modelling που σημαίνει μοντελοποίηση) και «F» (από τη λέξη Fitting που σημαίνει προσαρμογή) που αντιστοιχούν στη δημιουργία μοντέλου και στην εύρεση της βέλτιστης καμπύλης αντίστοιχα. Με τη δημιουργία μοντέλου ο χρήστης μπορεί να ορίσει ένα μοντέλο υπό τη μορφή εξίσωσης που πιστεύει ότι διέρχεται από τα σημεία της γραφικής παράστασης και κατ' επέκταση την καμπύλη που περιγράφει ολόκληρη την γραφική παράσταση. Εναλλακτικά μπορεί απλώς να θέλει να συγκρίνει το μοντέλο του (π.χ. το

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

αναμενόμενο από τη θεωρία) με την πραγματική μορφή της γραφικής παράστασης. Με το δεύτερο κουμπί, το «F», μπορεί κανείς να προσπαθήσει με τη βοήθεια του λογισμικού να βρει την εξίσωση που αντιστοιχεί στην βέλτιστη καμπύλη γύρω από την οποία ελαχιστοποιείται η διασπορά των πειραματικών σημείων.

Τέλος, το δεύτερο σημείο ιδιαίτερου ενδιαφέροντος για τις γραφικές παραστάσεις στο οποίο θα αναφερθούμε, είναι η δυνατότητα που παρέχεται από το λογισμικό να διεξάγει την ανάλυση της κίνησης από διαφορετικά συστήματα αναφοράς, κινούμενα ή στατικά. Στην παραπάνω περίπτωση, εξαιρετικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση όπου ως αρχή του Συστήματος Αναφοράς επιλέγεται ένα από τα κινούμενα αντικείμενα της ταινίας. Έτσι οι χρήστες μπορούν να μελετήσουν την σχετικότητα της κίνησης με τρόπους που στις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας δεν είναι δυνατόν. Πολύ ισχυρό παράδειγμα είναι η διδασκαλία της κυκλοειδούς κίνησης. Μια ταινία που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί, είναι μια που δείχνει τον τροχό ενός ποδηλάτου που κινείται. Οι χρήστες μελετούν ένα σημαδεμένο με χρώμα σημείο της περιφέρειας του τροχού από δύο συστήματα αναφοράς, ένα που βρίσκεται στο έδαφος (στατικό) και ένα που βρίσκεται στο κέντρο του τροχού (κινούμενο). Το αποτέλεσμα είναι εντυπωσιακό. Στο πρώτο σύστημα αναφοράς η τροχιά είναι κυκλοειδής, ενώ στο δεύτερο η τροχιά είναι κυκλική.

3.4.4. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας στην Έρευνα για τα VBL

Η έρευνα γύρω από τη χρήση του αλληλεπιδραστικού βίντεο αρχικά και των VBL αργότερα, έχει ξεκινήσει ήδη από το 1978 και έχει κινηθεί γύρω από πολλές κατευθύνσεις, αρχίζοντας από την απλή παροχή κινήτρων για μάθηση μέχρι και την λεπτομερή μελέτη πολύπλοκων φαινόμενων χρησιμοποιώντας μαθηματικά και οπτικά μοντέλα (Zollman and Fuller, 1994). Άλλες προσεγγίσεις για την χρήση των VBL αφορούν την εφαρμογή τους σε τομείς εκτός των επιστημών της αγωγής όπως για παράδειγμα είναι η Κινησιολογία (Kirtley et al 2001), η Χορογραφία (Bradley et al., 1999) ή η μελέτη φαινόμενων Φυσικής πέραν της εκπαιδευτικής σκοπιάς (Greczylo, Debowska, 2002).

Οι πρώτες σημαντικές προσπάθειες ανάπτυξης και αξιοποίησης της τεχνολογίας των VBL στην εκπαιδευτική πράξη έγιναν περίπου στα τέλη της δεκαετίας του '80 – αρχές της δεκαετίας του '90, παράλληλα από δύο ερευνητές και τους συνεργάτες

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

τους, τον R. Beichner και τον D. Zollman. Καθώς και οι δύο ήταν φυσικοί, οι έρευνες τους ασχολήθηκαν κατά κύριο λόγο με την επίδραση των VBL στην μάθηση και την διδακτική της Φυσικής. Κάποιοι ερευνητές έχουν κατά καιρούς επισημάνει την δυνατότητα για την αξιοποίηση της σε μια διεπιστημονική προσέγγιση για τη διδασκαλία των Μαθηματικών, με τη βοήθεια της Τεχνολογίας και της Φυσικής. Στην προσπάθεια αυτή έχουν αναπτυχθεί αρκετά λογισμικά για την ανάλυση της κίνησης από ψηφιακό βίντεο προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για την διδασκαλία των Μαθηματικών και της Φυσικής (Boyd and Rubin, 1996).

Παρουσιάζεται στη συνέχεια η ανασκόπηση της σχετικής με την έρευνα πάνω στα VBL βιβλιογραφίας, κατηγοριοποιημένη στις παρακάτω ενότητες:

- Τα VBL ως τεχνολογικό μέσο – Ανάπτυξη και εξέλιξη.
- Σύγκριση των VBL με άλλα τεχνολογικά εκπαιδευτικά μέσα.
- Έρευνα για την αξιοποίηση των VBL στην εκπαίδευση για τη Φυσική.
- Έρευνα για την αξιοποίηση των VBL στην εκπαίδευση πέραν της Φυσικής.
- Τα VBL ως εργαστηριακό εργαλείο συλλογής και ανάλυσης δεδομένων.

3.4.4.1. Τα VBL ως τεχνολογικό μέσο – Ανάπτυξη και εξέλιξη

Οι πρώτες προσπάθειες

Οι L. και D. Kirkpatrick, το 1985 αναφέρουν πως η εποχή που η τυχαία και γρήγορη πρόσβαση σε οποιοδήποτε μέρος ενός φιλμ υψηλής ποιότητας, είχε πλέον φτάσει (Kirkpatrick and Kirkpatrick, 1985). Οι ψηφιακοί οπτικοί δίσκοι που περιείχαν βίντεο (videodisks) ήταν πλέον πραγματικότητα και με τη βοήθεια ειδικού υλικού (videodisk player) μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη διδασκαλία. Την εποχή εκείνη, την ουσιαστική χρήση τους συνιστούσε απλώς η παρουσίαση των κινήσεων που περιείχαν τα βίντεο και η συζήτηση των φαινόμενων που περιείχαν μέσα στην σχολική τάξη. Η δυνατότητα όμως να ελέγχουν ποιο σημείο όλου του δίσκου θα επιλέξουν για προβολή καθώς και η πλοήγηση προς τα μπρος ή πίσω, ήταν μεγάλη επανάσταση για εκείνη την εποχή, που το μόνο παρόμοιο εποπτικό μέσο ήταν ο κλασικός προβολέας φιλμ. Η αλληλεπίδραση (έστω και σε τόσο χαμηλό επίπεδο) που εισάχθηκε με τη νέα τεχνολογία αποτέλεσε τη μεγάλη διαφορά από τις

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

προηγούμενες χρήσεις του βίντεο και για το λόγο αυτό, το νέο μέσο ονομάστηκε αλληλεπιδραστικό βίντεο (Interactive Video). Η τελευταία λέξη της τεχνολογίας εκείνη την εποχή ήταν η σύνδεση των οδηγών των δίσκων (players) με μικροϋπολογιστές που θα μπορούσαν να ελέγχουν την ταχύτητα που προβάλλεται το βίντεο καθώς και τη μετάβαση σε συγκεκριμένα καρέ του βίντεο (frames). Διαθέσιμοι εκείνη την εποχή, όπως αναφέρουν οι Kirkpatrcik και Kirkpatrick (1985) ήταν 6 μόνο δίσκοι με θέματα φυσικής και 11 με θέματα αστρονομίας. Ο δρόμος για την ανάπτυξη της τεχνολογίας της ανάλυσης κίνησης από ψηφιακό βίντεο είχε ανοίξει.

Στην ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού με τη μορφή ψηφιακού βίντεο, συνέβαλλε σημαντικά ο D. Zollman, ήδη από τα πρώτα στάδια στα οποία η τεχνολογία αυτή έγινε διαθέσιμη (Zollman, 1987 και 1993). Το εκπαιδευτικό υλικό είχε τη μορφή ψηφιακών οπτικών δίσκων (videodisk) με αρχεία βίντεο και σκοπός του Zollman ήταν η ανάπτυξη υλικού με ενδιαφέρουσες κινήσεις από σπορ, σκηνές σχετικές με την επιστήμη και τη Φυσική ειδικότερα, αλλά και καθημερινές σκηνές. Το υλικό αυτό ήθελε να το αξιοποιήσει ο ίδιος αλλά και η εκπαιδευτική κοινότητα γενικότερα προκειμένου να δημιουργηθούν δραστηριότητες οι οποίες θα εκπληρώνουν δύο κριτήρια. Πρώτον θα αναθέτουν ενεργούς ρόλους στους μαθητές μέσω των δραστηριοτήτων κατά τη διαδικασία της μάθησης και δεύτερον θα προωθούν την σύνδεση μεταξύ της Φυσικής που διδάσκεται στην σχολική τάξη και του εξωτερικού κόσμου (Zollman, 1993). Τα τεχνολογικά μέσα που ήταν διαθέσιμα την εποχή που ο Zollman ανέπτυσσε το βίντεο σε ψηφιακούς οπτικούς δίσκους ήταν περιορισμένα. Αποτέλεσμα ήταν πως οι κινήσεις που περιείχαν οι δίσκοι αυτοί να μπορούν να μελετώνται μόνο με χρήση εξειδικευμένου υλικού (hardware) με μορφή οδηγών ψηφιακών δίσκων (videodisk players) και αργότερα από παρόμοιους αλλά φθηνότερους οδηγούς συνδεδεμένους με υπολογιστές Apple. Το 1990 ήταν η χρονιά που έγινε εφικτή για πρώτη φορά η μελέτη αυτών των βίντεο από IBM υπολογιστές ανοίγοντας έτσι νέους δρόμους για την ταχεία ανάπτυξη και εκμετάλλευση αυτού του μέσου.

Η εισαγωγή των Η/Υ στις προσπάθειες ανάπτυξης των VBL

Ταυτόχρονα, ο R. Beichner το 1989, δημοσιεύει μία εργασία όπου προβλέποντας τον ρόλο που θα μπορούσαν να παίξουν τα VBL (χωρίς να

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

χρησιμοποιεί αυτή την ορολογία), τα εντάσσει σε μια αναθεώρηση των εκπαιδευτικών πακέτων για Φυσική που υπήρχαν την εποχή εκείνη (Beichner, 1989). Ανάμεσα στις προσομοιώσεις και τα λογιστικά φύλλα εργασίας, παραθέτει και το δικής του κατασκευής λογισμικό με τίτλο VideoGraph, και εκφράζει την ελπίδα για τη χρήση τους από φοιτητές προκειμένου να δημιουργήσουν νοητικούς συνδέσμους μεταξύ του φυσικού κόσμου και της μαθηματικής του αναπαράστασης.

Παράλληλα, άλλες τεχνικές εξερευνώνται και αναπτύσσονται, όπως αυτής του συνδυασμού πολλών καρέ από το ίδιο βίντεο για τη δημιουργία μίας εικόνας με στιγμιότυπα της εκάστοτε κίνησης (Cadmus. 1989). Άλλοι ερευνητές (Benenson και Bauer, 1993) περιγράφουν πως με μια βιντεοκάμερα συνδεδεμένη σε έναν υπολογιστή βιντεοσκόπησαν μια μπάλα που έπεφτε και αναπηδούσε στο δάπεδο και στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τα λογισμικά Microsoft Excel και Kalleidagraph διεξήγαγαν την ανάλυση της κίνησης. Αυτή την εποχή που οι τεχνικές της μελέτης της κίνησης με τα VBL γίνονται πιο ώριμες και γνώριμες στους ερευνητές, αρχίζει και η έρευνα για την χρήση τους από φοιτητές και μαθητές. Οι Benenson και Bauer δοκίμασαν την τεχνική τους με μαθητές Λυκείου και φοιτητές τμημάτων Φυσικής, εστιάζοντας σε εξισώσεις κινηματικής υπολογίζοντας διάφορα μεγέθη. Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν επίσης και εξισώσεις που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την μελέτη προχωρημένων θεμάτων της κινηματικής στο μέλλον. Τέλος σημειώνουν το σημαντικό όφελος των φοιτητών να εξοικειώνονται με τους Η/Υ αντί με όργανα εργαστηρίων φυσικής, πέρα του οφέλους που αποκομίζουν στη Φυσική ως γνωστικό αντικείμενο.

Οι Zollman και Fuller (Zollman and Fuller, 1994) συνεχίζουν να αναπτύσσουν τις τεχνικές της ανάλυσης κίνησης από ψηφιακό βίντεο εισάγοντας και αυτοί σταδιακά την βοήθεια των Η/Υ. Υιοθετούν τον ορισμό για τον αλληλεπιδραστικό βίντεο που έχουν δώσει οι Salomon κ.α. (1991), του οποίοι οι παράμετροι λειτουργίας ήταν χαρακτηριστικές της τεχνολογίας των δίσκων και οδηγών δίσκων που ο Zollman και οι συνεργάτες του είχαν στη διάθεση τους και για την οποία είχε αναπτύξει εκπαιδευτικό υλικό. Εκείνη την εποχή (Zollman and Fuller, 1994), η πιο απλή μορφή συλλογής δεδομένων ήταν να υπάρχουν όργανα μέτρησης που φαίνονται στο βίντεο και οι μαθητές να διαβάζουν τις ενδείξεις τους. Συχνά, μπορούν να παίρνουν μετρήσεις για την απόσταση, τον χρόνο και άλλα μεγέθη απ' ευθείας από την οθόνη που προβάλει το βίντεο. Η πιο δημοφιλής όμως τεχνική για τη συλλογή δεδομένων

ήταν να βάζουν οι μαθητές διαφάνειες πάνω στην οθόνη που προβαλλόταν το ψηφιακό βίντεο και να σημειώνουν σε κάθε καρέ του βίντεο τη θέση του αντικειμένου που κινείται και τους ενδιαφέρει. Μετρώντας στην ίδια διαφάνεια το μήκος ενός αντικειμένου το οποίο γνωρίζουν από πριν μπορούν να έχουν μια κλίμακα για τις μετρήσεις μήκους που κάνουν. Στη συνέχεια, η διαφάνεια τοποθετείται σε ένα χαρτί μιλεμετρέ, όπου και αντιγράφονται τα σημεία που είχαν σημειωθεί στη διαφάνεια. Από το χαρτί αυτό παίρνουν τις συντεταγμένες της κίνησης για το κάθε σημείο. Με αυτά τα δεδομένα μπορούν να υπολογίσουν ποσότητες όπως ταχύτητες και επιταχύνσεις. Αν γνωρίζουν και τις μάζες των αντικειμένων μπορούν να υπολογίσουν και δυνάμεις, ενέργειες, ορμές.

Για πρώτη φορά οι Zollman και Fuller το 1994 αναφέρονται και σε μια μέθοδο πέρα από αυτή με τις διαφάνειες, πιο «πολύπλοκη» (sophisticated) που αφορά τη χρήση Η/Υ για την συλλογή των δεδομένων από το βίντεο. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου σύμφωνα με τους Zollman και Fuller, είναι ότι ο δάσκαλος μπορεί να ελέγξει διάφορες παραμέτρους της ανάλυσης, για παράδειγμα αν δεν θέλει οι μαθητές του να υπολογίσουν την κλίμακα για το μήκος μπορεί να το έχει κάνει από πριν ο ίδιος ή να ρυθμίσει τον υπολογιστή να κάνει αυτή τη διαδικασία αυτόματα για τους μαθητές. Λόγος γίνεται στην ίδια εργασία και για τις προσπάθειες που ως τότε είχαν γίνει από άλλους ερευνητές όπως ο Beichner και η Winters (1993) σχετικά με το πώς μπορεί να χρησιμοποιήσει κανείς αυτή την τεχνολογία για την ανάλυση της κίνησης και πως οι τεχνολογίες αυτές έχουν πάρει μια μεγάλη ώθηση στην εισαγωγή τους στις αίθουσες διδασκαλίας λόγω του μειωμένου κόστους του υλικού (hardware) (Rubin, 1993). Η εργασία των Zollman και Fuller καταλήγει λέγοντας ότι αρχίζοντας από τις διαφάνειες που αυτοί χρησιμοποίησαν περνάμε πλέον στην ανάλυση από Η/Υ και ότι διάφοροι ερευνητές αναπτύσσουν διαφορετικές μεθόδους για την αξιοποίηση αυτής της τεχνολογίας, η οποία υπόσχεται πολλά στο να βοηθήσει τους μαθητές να αποκτήσουν μια οπτική αναπαράσταση των εννοιών της φυσικής.

Σε μια άλλη εργασία την ίδια χρονιά οι Zollman και Chaudhury (1994) αναλύουν τις πιθανές χρήσεις του ψηφιακού βίντεο και διεξάγουν και αυτοί μια αρχική δοκιμή αυτών των προσεγγίσεων σε φοιτητές εισαγωγικών μαθημάτων φυσικής. Οι ερευνητές αναφέρουν ότι οι μαθητές με τη χρήση αυτής της τεχνολογίας θα βλέπουν πως «ξεδιπλώνονται» οι γραφικές παραστάσεις καθώς παίζει το βίντεο. Λόγω της ψηφιακής αλληλεπιδραστικής μορφής που έχει το βίντεο οι μαθητές έχουν

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

έλεγχο στο ρυθμό και την ταχύτητα με την οποία βλέπουν το βίντεο και τα διαγράμματα και μπορούν να πάνε πίσω και να ξαναδούν την κίνηση και τα διαγράμματα. Οι Zollman και Chaudhury παραλληλίζουν την εργασία στο λογισμικό που έχουν αναπτύξει με την εργασία στα MBL. Το ψηφιακό αλληλεπιδραστικό βίντεο μας επιτρέπει να πάμε ένα βήμα παραπέρα από τους οπτικούς ψηφιακούς δίσκους (videodisks), δημιουργώντας Video-Based Laboratories (VBL) σε αντιστοιχία με τα MBL. Το ψηφιακό αλληλεπιδραστικό βίντεο έχει δύο πλεονεκτήματα σε σχέση με τα MBL. Μπορεί να αναλύσει δισδιάστατη κίνηση και –πιο σημαντικό- οι μαθητές μπορούν να βλέπουν την κίνηση στο βίντεο και τις γραφικές παραστάσεις ταυτόχρονα.

Η εργασία τους αυτή αποτέλεσε μια προσπάθεια για την εξερεύνηση άλλων δυνατοτήτων των VBL πέρα από αυτές που ήταν ως τότε γνωστές. Η έρευνα τους κινήθηκε προς τις εξής νέες κατευθύνσεις: 1) Αυτόματη Συλλογή των Δεδομένων από το λογισμικό. 2) Time-Lapse "Videography": Με αυτό τον όρο εννοούν την εξής τεχνική. Χρησιμοποιούν μια βιντεοκάμερα συνδεδεμένη με έναν Η/Υ για την καταγραφή μιας κίνησης. Ο Η/Υ όμως δεν καταγράφει όλες τα καρέ που του στέλνει η κάμερα, αλλά έχει ρυθμισθεί να καταγράφει ένα καρέ κάθε 15 δευτερόλεπτα. 3) Visual Space-Time Diagrams: Με αυτή την τεχνική συνδυάζουν τμήματα από διαφορετικά καρέ σε μία εικόνα. Σε αυτό το διάγραμμα παριστάνονται τα αντικείμενα στον οριζόντιο άξονα και στον κατακόρυφο ο χρόνος με την έννοια ότι καθώς προχωράμε στον κατακόρυφο βλέπουμε ένα διαφορετικό καρέ. Δεν είναι δηλαδή μια εικόνα όπου το ένα καρέ είναι πάνω στο άλλο. Αφού δημιουργηθεί αυτό το διάγραμμα χρησιμοποιούν κάποια τεχνική ώστε να δουν πως θα φαινόταν το ίδιο διάγραμμα από άλλα συστήματα αναφοράς.

Στην ίδια εργασία οι Zollman και Chaudhury (1994) αναφέρονται στην τεχνική «συνθετικής επεξεργασίας βίντεο» (synthetic video processing) με την οποία θα μπορούν εφόσον έχουν συλλέξει δεδομένα από διαφορετικά συστήματα αναφοράς να παίζουν το βίντεο και να φαίνεται σαν να είναι τραβηγμένο από κάποιο διαφορετικό σύστημα αναφοράς. Αυτό το θεωρούν ιδιαίτερα σημαντικό γιατί αν και μπορεί κανείς να βιντεοσκοπήσει ένα γεγονός από διαφορετικά συστήματα αναφοράς δεν μπορεί, για παράδειγμα να βάλει μια κάμερα στο κέντρο μάζας δύο σωμάτων που συγκρούονται.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Οι τελευταίες εξελίξεις

Για χρόνια οι καθηγητές και οι μαθητές ήταν αναγκασμένοι να χρησιμοποιούν έτοιμες ταινίες. Με την σημαντική μείωση όμως του κόστους της τεχνολογίας έγινε πλέον δυνατόν να βιντεοσκοπούν και να αναλύουν τις δικές τους ταινίες (Escalada et al, 1996). Τα εργαλεία που ανέπτυξαν οι ερευνητές αυτοί και αναφέρουν στην ίδια εργασία (1996) είναι δύο. Το *Video Analyzer* χρησιμοποιείται για την μετατροπή του βίντεο σε ψηφιακή μορφή, το παίξιμο της ταινίας και την συλλογή δεδομένων θέσης και χρόνου από τα καρέ της ταινίας. Το *Visual Space-Time Analyzer* συνδυάζει διαφορετικά καρέ, βρίσκει αυτόματα τις θέσεις των αντικειμένων στα διαδοχικά καρέ και μπορεί να παίζει σκηνές από διαφορετικά συστήματα αναφοράς από αυτό στο οποίο τραβήχτηκε η ταινία. Με αυτές τις τεχνικές οπτικοποίησης, οι μαθητές μπορούν να δουν από διαφορετικές προοπτικές το ίδιο γεγονός και να βιώσουν τη σχέση μεταξύ πραγματικών γεγονότων και του φορμαλισμού τους στη φυσική.

Στην τελευταία του εργασία σχετικά με τα VBL, ο Beichner μιλά για την πρόοδο της τεχνολογίας και πως έχει βοηθήσει στην ανάπτυξη των τεχνικών χαρακτηριστικών των VBL καθώς και στην ενσωμάτωση τους στην διδακτική πράξη λόγω του προσιτού κόστους (Beichner και Abbot, 1999). Παρουσιάζει μια σύντομη ανακεφαλαίωση της δουλειάς του καθώς και της δουλειάς άλλων στα VBL και επίσης, προτείνει και κάποιες πιθανές χρήσεις σε προχωρημένα θέματα μηχανικής.

Στις μέρες μας, η σύγχρονη μορφή των VBL είναι αυτή που περιγράφεται νωρίτερα σε αυτό το κεφάλαιο στην ενότητα με τίτλο «Χαρακτηριστικά των VBL», (ενότητα 3.4.2) και η τυπική πορεία δράσης των μαθητών στο περιβάλλον των VBL, είναι αντίστοιχα αυτή που περιγράφεται στην ενότητα με τίτλο «Διαδικασία Ανάλυσης Κίνησης με VBL» (ενότητα 3.4.3). Τυπικά πακέτα λογισμικού που εξυπηρετούν τον ρόλο των VBL και έχουν καθιερωθεί πλέον ως τα πιο γνωστά και καταξιωμένα είναι τα παρακάτω: VideoPoint, των Mark Luetzelschwab, Priscilla Laws και Michael Gile (Lenox Softworks, 1997)· VideoGraph, (Beichner, 1994b) · Worlds-In-Motion, (Carlson, 1994) · Measurement-In-Motion των Marge Cappo και Kathy Darling (1996) · Vidshell (Davis, 1990) · CamMotion, (VIEW, 1995 (VIdeo for Exploring the World) project at TERC (Technical Education Research Centers)) · Coach – Data Video, των Ewa Mioduszewska, Ton Ellermeijer (AMSTEL Institute, 2000).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

3.4.4.2. Σύγκριση των VBL με άλλα τεχνολογικά εκπαιδευτικά μέσα

Επηρεασμένος από την αναγνώριση και ανάπτυξη που γνώρισαν τα MBL, ο R. Beichner διατύπωσε την υπόθεση πως η αποτελεσματικότητα των MBL οφείλεται στη φύση του πραγματικού χρόνου στον οποίο δημιουργούνται οι διάφορες γραφικές παραστάσεις (Beichner, 1990). Αν η υπόθεση αυτή αληθεύει, τότε ο Beichner πιθανολογεί πως το ίδιο πιθανόν να συμβαίνει για κάθε ταυτόχρονη οπτική συνπαράθεση ενός γεγονότος κίνησης με τα αντίστοιχα διαγράμματα κινηματικής, όπως η συνπαράθεση που παρέχουν τα VBL. Προτείνει λοιπόν και πραγματοποιεί μια έρευνα βασισμένη στην πρόταση πως αν το ζητούμενο είναι η ταυτόχρονη αντίληψη των γραφικών παραστάσεων και της παρουσίασης της κίνησης τότε η μέθοδος του μελέτης της κίνησης με το δικό του VideoGraph πρέπει να δουλέψει (Beichner, 1990). Προκειμένου να έχει μια αξιόπιστη μέτρηση για την επίδοση των φοιτητών στις γραφικές παραστάσεις, ο Beichner επικεντρώθηκε μόνο στις γραφικές παραστάσεις που αφορούσαν την κινηματική και κατασκεύασε ένα ερωτηματολόγιο αξιολόγησης για την κατανόηση των γραφικών παραστάσεων στην κινηματική, το TUG-K (Test in Understanding Graphs – Kinematics). Το TUG-K έγινε σύντομα πολύ γνωστό και καταξιωμένο διαγνωστικό ερωτηματολόγιο (Beichner, 1994). Τα αποτελέσματα της έρευνας του σε φοιτητές πανεπιστημιακών τμημάτων Φυσικής καθώς και σε μαθητές Λυκείου, έδειξαν πως δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στην επίδοση στο TUG-K (Beichner, 1994), μεταξύ της ομάδας του VBL και της ομάδας που ανάλυσε την κίνηση μόνο με φωτογραφίες και χωρίς βοήθεια Η/Υ.

Στο σχολιασμό των αποτελεσμάτων ο Beichner αποδίδει την απόρριψη των ερευνητικών του υποθέσεων σε διάφορους λόγους. Η κίνηση που χρησιμοποίησε ήταν πολύ απλή. Με μια πιο σύνθετη κίνηση ίσως το αποτέλεσμα να ήταν διαφορετικό. Επίσης θεωρεί πολύ σημαντικό ότι οι μαθητές που χρησιμοποιούν το VideoGraph δεν έχουν πολύ μεγάλο έλεγχο στον υπολογιστή. Αντίθετα αυτό συμβαίνει στα MBL όπου οι ίδιοι οι μαθητές είναι τα κινούμενα αντικείμενα και ασκούν απόλυτο έλεγχο στον τρόπο που εμφανίζονται οι γραφικές παραστάσεις. Αν μπορούσε να δοθεί περισσότερος έλεγχος και με το VideoGraph ίσως τα αποτελέσματα να ήταν διαφορετικά. Επίσης, αναφέρει την δικαιολογία ότι μόνο ένα πείραμα έγινε από τους μαθητές με αυτή τη μέθοδο και ότι ίσως χρειάζεται να γίνουν

πιο πολλά για να υπάρχει αποτέλεσμα. Τέλος ο Beichner αναφέρει ότι ίσως μια καλύτερη σχεδίαση του interface του VideoGraph να κάνει τη διαφορά.

Αν μη τη άλλο, η παραπάνω έρευνα του Beichner, ανέδειξε πως υπάρχουν πολλοί παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα μεθόδων όπως τα MBL και τα VBL. Προφανώς το ίδιο ισχύει και για τα λογισμικά προσομοιώσεων. Τα VBL, τα MBL και οι προσομοιώσεις παρουσιάζουν το καθένα διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα συγκρινόμενα μεταξύ τους και για αυτό άλλωστε δεν πρέπει να θεωρούνται αντικρουόμενα αλλά αλληλοσυμπληρωματικές μέθοδοι διδασκαλίας και μάθησης (George et al., 2000a). Ο λόγος είναι πως στην κάθε μία από τις παραπάνω μεθόδους υπάρχουν χαρακτηριστικά που είναι μοναδικά, αλλά και το ότι τα διαφορετικά περιβάλλοντα έχουν διαφορετικές προθέσεις, θέτουν διαφορετικούς μαθησιακούς στόχους και διαφορετικές προσδοκίες και επιτρέπουν διαφορετικές ενέργειες για τον μαθητή (Noble et al., 2001).

Όσον αφορά τα MBL, η δυνατότητα των μαθητών να χρησιμοποιούν το δικό τους σώμα για να παράγουν τις γραφικές παραστάσεις είναι μοναδική και ενεργοποιεί την κιναισθητική εμπειρία της κίνησης, δημιουργώντας μία πολύ ισχυρή σύνδεση μεταξύ της κίνησης του μαθητή και της γραφικής παράστασης. Ο Kaput (1996) σημειώνει τη διαφορά αυτή μεταξύ των MBL και των προσομοιώσεων. Όπως αναφέρει, «*μέσα από τον φυσικό κόσμο μπορούμε να έχουμε κιναισθητικά πλούσιες εμπειρίες για την κίνηση, αλλά ποσοτικά φτωχές, ενώ ένα περιβάλλον προσομοίωσης μπορεί να προσφέρει ποσοτικά πλούσιες εμπειρίες, αλλά προφανώς αυτές θα υστερούν κιναισθητικά*» (Kaput, 1996).

Οι προσομοιώσεις πάλι, αξιοποιούν τη μεγαλύτερη αδυναμία τους σαν το μεγαλύτερο πλεονέκτημα τους. Το γεγονός ότι οι κινήσεις που παρουσιάζουν και μελετούνται σε αυτές δεν προέρχονται από πραγματικά πειραματικά δεδομένα, αλλά είναι αποτέλεσμα υπολογισμών του λογισμικού, παρέχει τη δυνατότητα για εξερεύνηση και έλεγχο διαφόρων παραμέτρων. Στις προσομοιώσεις, αντίθετα με τα MBL και τα VBL, οι μαθητές μπορούν να αλλάζουν τις αρχικές συνθήκες ή διάφορες παραμέτρους που επηρεάζουν την κίνηση και να βλέπουν τις αλλαγές που προκαλούνται στην προσομοίωση της κίνησης (Gamboa et al., 2000). Η δυνατότητα αυτή όμως ελλοχεύει και κινδύνους, καθώς μπορεί οι μαθητές να οδηγηθούν στην προσομοίωση φαινόμενων κίνησης που δεν αντιστοιχούν σε πραγματικές

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

καταστάσεις και στερούνται φυσικού νοήματος. Για το λόγο αυτό οι προσομοιώσεις μπορούν να παίζουν το ρόλο ενός επιλόγου στην μαθησιακή πορεία του μαθητή, και όχι το εναρκτήριο σημείο, καθώς θα του δίνουν τη δυνατότητα να πειραματιστεί με μοντέλα αφού πρώτα θα έχει γνωρίσει την μελέτη και ανάλυση πραγματικών κινήσεων (Gamboa Rodriguez et. al., 2001). Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν και οι Roschelle, Kaput και Stroup (2000), σημειώνοντας πόσο αποτελεσματικές έχουν αποδειχθεί οι προσομοιώσεις και οι μικρόκοσμοι στην πρόκληση για διερεύνηση από τους μαθητές, αλλά πως πρέπει τα MBL και τα VBL να λειτουργούν παράλληλα για την σύνδεση των κινήσεων με πραγματικά φαινόμενα.

Τα VBL θεωρητικά υστερούν απέναντι στα MBL όσον αφορά τη δυνατότητα επίκλησης της κιναισθητικής εμπειρίας της κίνησης. Οι J. Pearce, M. Livett, S. Rodrigues (1998) μελέτησαν την κιναισθητική εμπειρία που μπορεί να παρέχει στο περιβάλλον των VBL η διαδικασία συλλογής δεδομένων. Στο δικό τους παράδειγμα, με μία μπάλα που αναπηδούσε στο έδαφος, θεώρησαν ότι υπήρχε κιναισθητική σύνδεση με την κίνηση, μέσω της διαφοροποίησης στην ταχύτητα που έκαναν κλικ οι μαθητές και την κίνηση του χεριού τους που στην ουσία ακολουθούσε την κίνηση της μπάλας που αναπηδούσε. Τα αποτελέσματα της έρευνας τους έδειξαν πως δεν υπήρξε σημαντική διαφοροποίηση ως προς την κατανόηση των γραφικών παραστάσεων αλλά και εννοιών που αφορούν την κινηματική (Pearce, et al., 1998).

Τα VBL, όπως έχουν αναφέρει διάφοροι ερευνητές πλεονεκτούν έναντι των MBL σε πολλούς άλλους τομείς. Οι δύο προσεγγίσεις έχουν καταρχήν δύο σημαντικά κοινά χαρακτηριστικά. Μελετούν πραγματικά φαινόμενα κίνησης και παράγουν σε πραγματικό χρόνο γραφικές παραστάσεις που αναφέρονται στις κινήσεις που μελετούν. Τα VBL, όμως έχουν τις εξής παραπάνω δυνατότητες όπως τις περιγράφουν οι Escalada και Zollman (1997) και ο Carini (1999):

- Μεγαλύτερης έκτασης κλίμακα ως προς τις αποστάσεις που μπορούν να μελετήσουν, καθώς στα MBL, οι αποστάσεις είναι από 0,6 έως 2,1 μέτρα.
- Μελέτη δισδιάστατων κινήσεων και όχι μόνο των μονοδιάστατων.
- Μελέτη πραγματικών καθημερινών κινήσεων και όχι μόνο τεχνητών κινήσεων στο χώρο του εργαστηρίου.
- Ελαχιστοποίηση του κόστους και ευκολότερη διαδικασία, καθώς απουσιάζει η ανάγκη για ειδικές συσκευές και καλωδιώσεις.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Μια επιπλέον ιδιαίτερα σημαντική διαφορά είναι η δυνατότητα των μαθητών στα VBL να δουν την κίνηση ξανά και ξανά όσες φορές θέλουν, σε αντίθεση με τα MBL, που η κίνηση διεξάγεται μία φορά και από εκεί και πέρα οι μαθητές μπορούν να την μελετήσουν μόνο από τις μαθηματικές της αναπαραστάσεις, έχοντας μόνο τη μνήμη τους για να συγκρίνουν με την πραγματική κίνηση στην οποία αυτές αντιστοιχούν (George et al., 2000b).

3.4.4.3. Έρευνα για την αξιοποίηση των VBL στην εκπαίδευση για τη Φυσική

Η προφανής εφαρμογή της ανάλυσης της κίνησης από ψηφιακό βίντεο με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού, είναι στον χώρο της Φυσικής. Αν και τα φαινόμενα κίνησης, απασχολούν και τη διδασκαλία των Μαθηματικών σε μεγάλο βαθμό, η Φυσική είναι η επιστήμη που τα μελετά και τα ερμηνεύει σε βάθος. Για το λόγο αυτό οι πρώτες έρευνες που συνόδευσαν την ανάπτυξη των εργαλείων για την ανάλυσης της κίνησης από ψηφιακό βίντεο, ήταν προσανατολισμένες στην εφαρμογή τους για τη διδασκαλία της Φυσικής.

Σε ένα από τα πρώτα λογισμικά που σχεδιάσθηκαν για τη χρήση τους ως VBL (Zollman 1994), ο Zollman και η ομάδα του σχεδίασαν μια σειρά τριών δραστηριοτήτων μέσα από τις οποίες μπορεί κανείς να εξετάσει την κίνηση ενός αντικειμένου ανάλογα με το σύστημα αναφοράς από το οποίο το παρατηρεί. Σκοπός της έρευνας αυτής ήταν η κατανόηση του ρόλου του συστήματος αναφοράς στην μελέτη της κίνησης. Οι δραστηριότητες αυτές δοκιμάστηκαν σε φοιτητές που θα γίνονταν δάσκαλοι και τα πρώτα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι φοιτητές που συμμετείχαν και στις τρεις δραστηριότητες ενισχύθηκαν σημαντικά στην κατανόηση και χρήση της έννοιας του συστήματος αναφοράς. Οι φοιτητές που συμμετείχαν μόνο σε μία ή δύο από τις τρεις δραστηριότητες επίσης ωφελήθηκαν, αλλά ο Zollman κατά τη διατύπωση των συμπερασμάτων της έρευνας του, εκφράζει την πεποίθηση ότι πρέπει να συμμετάσχει κανείς και στις τρεις δραστηριότητες –και με τη σειρά που δίνονται- για να έχει το μέγιστο όφελος.

Οι προσπάθειες του Zollman συνεχίστηκαν σε συνεργασία με άλλους ερευνητές τόσο όσον αφορά την ανάπτυξη του λογισμικού που χρησιμοποιούσαν όσο και του σχεδιασμού των δραστηριοτήτων ανάλυσης κίνησης που θα το συνόδευαν. Το 1996,

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

δημοσιεύουν μια εργασία που παρουσιάζουν τις δραστηριότητες που ανέπτυξαν για να χρησιμοποιηθούν με τη νέα έκδοση του λογισμικού τους (Escalada et. al., 1996). Πέντε δραστηριότητες αναπτύχθηκαν σχετικά με την φυσική της κίνησης και τα συστήματα αναφοράς. Οι στρατηγικές βάσει των οποίων γράφηκαν αυτές οι δραστηριότητες ήταν οι παρακάτω: Ενσωμάτωση στρατηγικών που ευνοούν την νοηματική μάθηση, συσχετισμός διδακτικού υλικού με προηγούμενες εμπειρίες των μαθητών, χρησιμοποίηση προσανατολιστικών δραστηριοτήτων.

Οι δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν για αυτή την έρευνα είναι της μορφής μιας σύντομης ιστορίας που θέτει κάποια ερωτήματα στα οποία οι μαθητές καλούνται να δώσουν απάντηση. Οι ιστορίες προέρχονται από την καθημερινότητα και αφορούν έναν αγώνα ταχύτητας με αυτοκίνητα, μια επίσκεψη στα συγκρουόμενα αυτοκίνητα σε λούνα-παρκ, τη ρίψη ενός πακέτου από ένα αεροπλάνο και την βολή ενός ανθρώπου από κανόνι σε ένα τσίρκο. Η μελέτη τους όμως δεν γίνεται από αντίστοιχα βίντεο, όπως επιβάλει η πρακτική καλής χρήσης των VBL για την αξιοποίηση του πλεονεκτήματος της σύνδεσης της πραγματικότητας με την επιστημονική μελέτη. Αντίθετα, χρησιμοποιούνται βίντεο τραβηγμένα σε εργαστήριο Φυσικής, που δείχνουν τις αντίστοιχες κινήσεις σε αεροτροχιές. Αν και οι κινήσεις αυτές προσομοιάζουν τις κινήσεις που περιγράφουν οι ιστορίες, αποκλείουν από την αρχή την δυνατότητα για την μελέτη πραγματικών σκηνών που παρέχουν τα VBL. Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρονται σε μια εργασία (Bowden, et. al., 1992) που λέει ότι η εννοιολογική κατανόηση των συστημάτων αναφοράς επιτυγχάνεται μόνο αν γίνει η διδασκαλία μέσα σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο (contextual). Αν και η μελέτη των κινήσεων από τα τεχνικά βίντεο και όχι τις πραγματικές σκηνές, πράγματι παρέχει συγκεκριμένα πλαίσια μελέτης, σίγουρα αυτά υστερούν σε σχέση με τα αντίστοιχα πλαίσια που θα παρείχαν τα βίντεο της αντίστοιχης πραγματικής σκηνής για κάθε ιστορία.

Οι έννοιες που επέλεξαν να μελετήσουν μέσω αυτών των δραστηριοτήτων ήταν η ταχύτητα, η επιτάχυνση, η επιβράδυνση, η διατήρηση της ορμής και η σχετικότητα της κίνησης, όπως παρουσιάζονται από διαφορετικά συστήματα αναφοράς. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής (Escalada et. al., 1996) έδειξαν ότι η πλειοψηφία των μαθητών που έλαβαν μέρος σε αυτές τις δραστηριότητες αισθάνονταν ότι: Οι δραστηριότητες ήταν από αποτελεσματικές έως πολύ αποτελεσματικές στο να τους βοηθήσουν να κατανοήσουν έννοιες σχετικές με τα συστήματα αναφοράς., τα δύο

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

προγράμματα Η/Υ που χρησιμοποίησαν δεν ήταν δύσκολα στη χρήση τους, οι τεχνικές οπτικοποίησης σε συνδυασμό με τη συζήτηση ήταν πολύ αποτελεσματικές στο να τους βοηθήσουν να κατανοήσουν έννοιες σχετικές με τα συστήματα αναφοράς.

Αρνητικά σχόλια υπήρχαν κυρίως σχετικά με τον χρόνο που χρειαζόταν για να ολοκληρωθούν οι δραστηριότητες, καθώς πολλοί από τους μαθητές αισθάνονταν ότι τους δίνονταν υπερβολικές πληροφορίες υποβάθρου.

Τις πέντε αυτές δραστηριότητες στο περιβάλλον του VBL είχαν την ευκαιρία να αξιοποιήσουν οι Escalada και Zollman (Escalada & Zollman, 1997) σε μία άλλη, καλά οργανωμένη έρευνα που σκοπό είχε την διερεύνηση της επίδρασης των VBL σε φοιτητές με φτωχό υπόβαθρο στα Μαθηματικά και τη Φυσική, όσον αφορά στη στάση τους απέναντι στους Η/Υ αλλά και στα πιθανά μαθησιακά οφέλη. Το δείγμα της έρευνας τους αν και προέρχεται από τους συμμετέχοντες φοιτητές σε ένα πανεπιστημιακό μάθημα Φυσικής, δεν αποτελείται από φοιτητές Φυσικού τμήματος, αλλά από μελλοντικούς δάσκαλους. Οι φοιτητές του δείγματος επομένως δεν είχαν ένα ισχυρό ενδιαφέρον ή γνωστικό υπόβαθρο όσον αφορά τη Φυσική και τα Μαθηματικά.

Χρησιμοποιώντας τις πέντε δραστηριότητες που αναφέρθηκαν νωρίτερα (Escalada et. al., 1996), και ακολουθώντας μια πολύ καλά σχεδιασμένη μεθοδολογία οι Escalada και Zollman έφτασαν στα παρακάτω αποτελέσματα:

- Όσον αφορά τη στάση των φοιτητών απέναντι στους Η/Υ, τα αισθήματα τους απέναντι στη χρήση τους βελτιώθηκαν σημαντικά, ενώ η άποψη τους για την χρησιμότητα τους παρέμεινε αμετάβλητη.
- Όσον αφορά τις δραστηριότητες που χρησιμοποιήθηκαν, οι φοιτητές αισθάνονταν πως ήταν πολύ χρήσιμες στο να τους βοηθήσουν να μάθουν, εκτίμησαν τις αναπαραστάσεις που παρείχαν τα λογισμικά και διατύπωσαν την άποψη πως οι αναπαραστάσεις αυτές σε συνδυασμό με τη μεταξύ τους συζήτηση τους βοήθησαν πολύ να μάθουν.
- Τέλος, όσον αφορά τα μαθησιακά οφέλη, για ακόμη μία φορά, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στην επίδοση μεταξύ φοιτητών που είχαν λάβει μέρος στις δραστηριότητες και άλλων φοιτητών που δεν είχαν συμμετάσχει.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

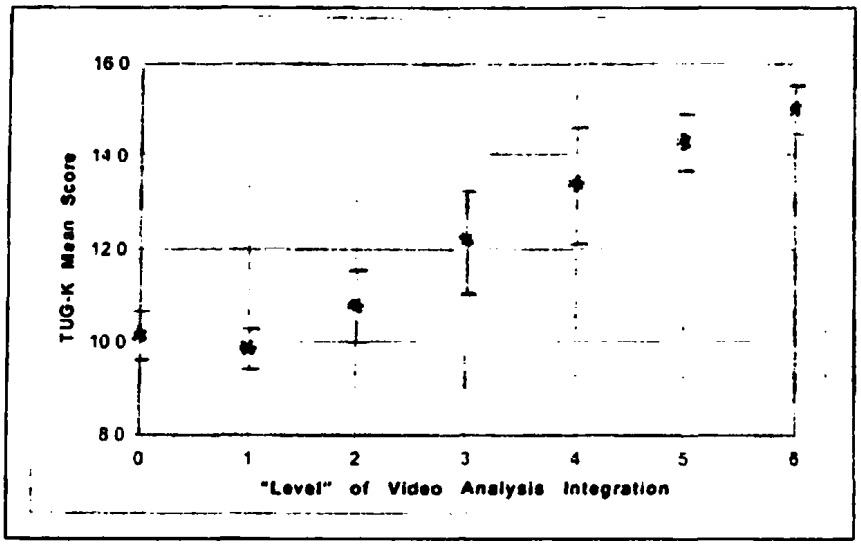
Την ίδια περίπου εποχή μια πολύ σημαντική έρευνα πραγματοποίησε ο R. Beichner σχετικά με την επίδραση των VBL στην κατανόηση των γραφικών παραστάσεων που αφορούν την κινηματική (Beichner, 1996). Η αρχική του έρευνα (Beichner. 1990) είχε παρουσιάσει αμφιλεγόμενα αποτελέσματα και έτσι, προκειμένου να δώσει απάντηση στα ερωτήματα που είχαν προκύψει, ο Beichner προχωρά στον προσεχτικό σχεδιασμό και στην πραγματοποίηση μιας μεγαλύτερης έρευνας για το αποτέλεσμα της χρήσης των VBL στην μάθηση σχετικά με τις γραφικές παραστάσεις μεγεθών κινηματικής. Στη νέα εργασία του μελετά καλύτερα τις σχετικές ερευνητικές εργασίες που έχουν γίνει και αναφέρεται σε λογισμικά προσομοιώσεων, όπως τα *Workshop Physics*[10] και *Graph and Tracks* (Pasco)[11]. Σε αυτή την εργασία του ο Beichner, θα προσπαθήσει να αξιολογήσει τα αποτελέσματα της διδασκαλίας με τεχνολογίες βίντεο αφού τα δοκιμάσει χρησιμοποιώντας καλύτερα και πιο εκτενώς τις δυνατότητες αυτής της τεχνολογίας σε σχέση με την πρώτη του ερευνητική προσπάθεια.

Η νέα έκδοση του λογισμικού που χρησιμοποιεί είναι βελτιωμένη σε σχέση με αυτή της πρώτης του έρευνας. Για την πραγματοποίηση της έρευνας του συνεργάστηκε με διάφορους καθηγητές που κλήθηκαν να εισάγουν το VideoGraph στις τάξεις τους. Η επιλογή έγινε ώστε να δημιουργηθεί μια κλίμακα αυξανόμενης ενασχόλησης με αυτή την τεχνική από τάξη σε τάξη και τελικά δημιουργήθηκαν 7 επίπεδα ενασχόλησης. Για την αξιολόγηση χρησιμοποίησε το TUG-K (Beichner, 1994). Η κυριότερη ερευνητική του παράμετρος ήταν ο βαθμός ενσωμάτωσης των VBL στη διδασκαλία. Ο χωρισμός στα επίπεδα δεν πραγματοποιήθηκε με «απλές» γραμμικές μεθόδους, όπως π.χ. χρόνος ενασχόλησης, αριθμός δραστηριοτήτων, αλλά προέκυψε και μετά από συνεντεύξεις και εργασίες των μαθητών και συζήτηση με τους δασκάλους.

Η ανάλυση των δεδομένων της έρευνας του έδειξε ότι η διαφοροποίηση του σκορ στο TUG-K μεταξύ των ομάδων είναι μεγαλύτερη από τη διαφοροποίηση του σκορ μέσα στις ομάδες (εικόνα 3.5). Αν ο καθορισμός των επιπέδων ενασχόλησης με VBL είναι σωστός, τότε συμπεραίνει ο Beichner ότι οι διαφορές που φάνηκαν οφείλονται εκεί.

[10] Λεπτομέρειες στον δικτυακό τόπο:
http://physics.dickinson.edu/~wp_web/Old_WP_Website/WP_Homepage.html
[11] Λεπτομέρειες στον δικτυακό τόπο:
http://store.pasco.com/pascostore/showdetl.cfm?&DID=9&Product_ID=52281&Detail=1

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ



Εικόνα 3. 5 – Σχηματική παρουσίαση αποτελεσμάτων της έρευνας του Beichner (1996)

Η ανάλυση, συμπεραίνει ο Beichner, δείχνει καθαρά ότι όσο πιο πλούσιο το πρόγραμμα σε έκθεση των μαθητών σε VBL, τόσο καλύτερα τα αποτελέσματα. Συγκρίνοντας με τα αποτελέσματα της προηγούμενης έρευνας του (Beichner, 1990), δηλώνει ότι είναι προφανές ότι για τα αρνητικά αποτελέσματα τότε έφταιγε η μία και μοναδική έκθεση των μαθητών στο VideoGraph που δεν οδήγησε σε αλλαγή στην επίδοση τους, ενισχύοντας έτσι την ίδια υπόθεση που είχε κάνει εκείνη την εποχή ο Zollman με τους συνεργάτες του (Escalada et. al., 1996).

Η χρήση των VBL για τη διδασκαλία της Φυσικής αξιολογείται πολύ θετικά και στην περίπτωση της έρευνας που πραγματοποιήθηκε σε ένα κολλέγιο που βασίζεται στην μάθηση χωρίς διαλέξεις, αλλά αποκλειστικά από δραστηριότητες των ίδιων των φοιτητών (Laws & Pfister, 1998). Οι Laws και Pfister βοηθούν τους φοιτητές τους στα τμήματα Μηχανικής να εξελίξουν δραστηριότητες μελέτης της κίνησης με VBL. Χρησιμοποιούν ταινίες τόσο από την καθημερινότητα όσο και από το εργαστήριο, αφήνοντας την επιλογή στους φοιτητές τους. Οι ταινίες που επιλέγουν οι φοιτητές να αναλύσουν καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα περιλαμβάνοντας κινήσεις ανθρώπων και ειδικά αθλητών, αντικειμένων, ακόμα και σκηνές από κινούμενα σχέδια. Οι έννοιες που αναλύουν, ύστερα και από την βοήθεια των καθηγητών τους καλύπτουν όλο το φάσμα της Μηχανικής. Στα συμπεράσματα των Laws και Pfister αναφέρεται πως οι φοιτητές τους θεωρούν αυτού του είδους τις εργασίες ως τις πλέον βοηθητικές για να μάθουν σε σχέση με τις υπόλοιπες εργασίες που χρησιμοποιούνται στο συγκεκριμένο κολλέγιο για τη διδασκαλία των ίδιων εννοιών.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Άλλες έρευνες έχουν εστιάσει ακόμη περισσότερο στον χώρο της Φυσικής και σε πολύ συγκεκριμένες έννοιες. Οι Φανίδης και Πύρζα (2000) δεν χρησιμοποίησαν κάποιο εξειδικευμένο VBL λογισμικό, αλλά από χρονοφωτογραφίες μελέτησαν με τους μαθητές τους τις ταλαντώσεις με απόσβεση. Με τη βοήθεια λογισμικού γενικής χρήσης προχώρησαν στην συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων που χρειάζονταν για την μελέτη των συγκεκριμένων κινήσεων. Στα πλεονεκτήματα της εργασίας των μαθητών με αυτή την μέθοδο αναφέρουν την ενεργή συμμετοχή τους στη μαθησιακή διαδικασία, τη θετική στάση και την εξοικείωση που αποκτούν απέναντι στις πειραματικές διαδικασίες της Φυσικής και την επιστημονική μέθοδο, και την εξοικείωση τους με εργαλεία των τεχνολογιών της πληροφορίας. Προβλήματα στη μεθοδολογία που ακολούθησαν, εμποδίζουν τους ερευνητές στο να διατυπώσουν ασφαλή συμπεράσματα ως προς την επίδραση της μεθόδου τους στα μαθησιακά οφέλη των μαθητών.

Οι Williamson, Torres-Isea και Kleitzing (2000), εξερεύνησαν την χρήση των VBL για τη διδασκαλία της αρχής διατήρησης της στροφορμής σε φοιτητές τμημάτων Φυσικής. Στην δική τους προσπάθεια, το περιβάλλον του VBL είχε δύο ρόλους. Ο ένας και κυριότερος ήταν ότι τους επέτρεψε να συλλέξουν τα δεδομένα της κίνησης και να εκτυπώσουν ένα στιγμιότυπο της κίνησης, στο οποίο όμως φαίνεται και η τροχιά. Με αυτά τα δεδομένα οι φοιτητές τους προχώρησαν στα ζητούμενα της ανάλυσης. Ο δεύτερος ρόλος του VBL ήταν υποστηρικτικός και αφορούσε στη δυνατότητα των φοιτητών να επανεξετάσουν την κίνηση που μελετούσαν σε όποιο στάδιο της διαδικασίας το επιθυμούσαν, εμβαθύνοντας έτσι την μελέτη που έκαναν και συνδέοντας τις εξισώσεις που μελετούσαν με την πραγματική κίνηση.

Το συνηθέστερο (αν όχι το αποκλειστικό) παράδειγμα που χρησιμοποιείται για τη διδασκαλία της αρχής διατήρησης της στροφορμής περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα σώματα που εκτελούν κάποιο είδος περιστροφικής κίνησης. Το παράδειγμα της κίνησης που επέλεξαν οι ερευνητές για την διδασκαλία της αρχής διατήρησης της στροφορμής προερχόταν από βίντεο βασισμένο σε εργαστηριακή κίνηση, αλλά παρόλα αυτά κρίνεται πολύ επιτυχημένο. Ο λόγος είναι ότι προκαλεί γνωστική σύγκρουση στους φοιτητές με πολύ προφανή τρόπο, κινώντας την περιέργεια τους για την εξήγηση του φαινόμενου σε αντίθεση με τα κλασσικά παραδείγματα που η αρχή διατήρησης της στροφορμής είναι η προφανής εξήγηση για τις περιστροφικής κινήσεις. Η κίνηση που χρησιμοποίησαν οι ερευνητές αφορά την

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

δισδιάστατη κίνηση δύο σωμάτων που συγκρούονται σε ένα τραπέζι που έχει μηδαμινές τριβές. Το ένα σώμα έχει κυκλική συμμετρία, ενώ το άλλο όχι. Τα δύο σώματα αρχικά δεν εκτελούν περιστροφική κίνηση, όμως μετά τη σύγκρουση το σώμα που δεν έχει κυκλική συμμετρία αρχίζει να περιστρέφεται. Οι φοιτητές τώρα εύκολα διαπιστώνουν πως το σώμα αυτό έχει στροφορμή και καθώς γνωρίζουν ότι η στροφορμή διατηρείται υπό τις συνθήκες του πειράματος, προβληματίζονται έντονα προσπαθώντας να εξηγήσουν από που «εμφανίστηκε» η στροφορμή που προηγουμένως δεν υπήρχε. Στα συμπεράσματα της εργασίας τους, οι ερευνητές (Williamson et. al., 2000) τονίζουν πως η χρήση των VBL παρέχει στους φοιτητές τους μια απευθείας σύνδεση μεταξύ πειράματος και θεωρίας για μια έννοια που είναι δύσκολο να διδάξει κανείς με άλλους τρόπους και άλλα παραδείγματα. Κρίνοντας τα VBL και ως εργαστηριακό εργαλείο συλλογής δεδομένων, διατυπώνουν την άποψη πως παρέχουν ευκολία και ευκρίνεια σε σχέση με άλλες τεχνικές όπως η στροβοσκοπική φωτογραφία, καθώς και το πλεονέκτημα της δυνατότητας για τους φοιτητές να ξαναδούν την κίνηση όποτε το επιθυμούν.

Στο ίδιο κλίμα κινείται και ο Wehrbein (2001), που προτείνει την αξιοποίηση των VBL για την διδασκαλία εννοιών της Φυσικής πέραν των βασικών που διδάσκονται στα εισαγωγικά μαθήματα Φυσικής. Η εργασία του δεν παρουσιάζει τα αποτελέσματα κάποιας εμπειρικής μελέτης αλλά προτείνει τρόπους ανάλυσης κίνησης για σύνθετες έννοιες και κινήσεις, όπως του στερεού σώματος, σύνθετων ταλαντώσεων, του διπλού εκκρεμούς. Παρομοίως ο Zollman (2001) αναφέρεται στη δυνατότητα μελέτη της φυσικής κινήσεων που συμβαίνουν πολύ γρήγορα και για τις οποίες το βίντεο μπορεί να «επιβραδύνει» τον χρόνο προκειμένου να μελετηθούν. Σαν παράδειγμα παρουσιάζει την ανάλυση για μια δοκιμή πρόσκρουσης αυτοκινήτου καθώς και την κίνηση που κάνει ένας αθλητής του άλματος εις ύψος (Zollman, 2001).

3.4.4.4. Έρευνα για την αξιοποίηση των VBL στην εκπαίδευση πέραν της Φυσικής

Η πρώτη απόπειρα να αξιοποιηθούν τα VBL για την εκπαίδευση γενικότερα, ξεφεύγοντας από την αυστηρή εφαρμογή τους στη Φυσική, γίνεται το 1993 από τον Dean Zollman. Ο Zollman δοκιμάζει την εφαρμογή των VBL που είχε αναπτύξει εκείνη την εποχή με φοιτητές παιδαγωγικών τμημάτων που θα γίνονταν δάσκαλοι

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Zollman, 1993). Στόχος του ήταν στα πλαίσια της θεωρίας του κονστρουκτιβισμού να εφαρμόσει ένα μοντέλο διδασκαλίας που θα επέτρεπε στους φοιτητές του να μάθουν με τρόπο παρόμοιο με αυτόν που θα δίδασκαν οι ίδιοι στο μέλλον. Απόρροια αυτού του στόχου ήταν δύο βασικές κατευθύνσεις που θα έπρεπε να ακολουθηθούν: α) Οι φοιτητές να ασχοληθούν με πολλές δραστηριότητες πρακτικών ασκήσεων (hands-on), και β) να μπορέσουν να δουν άμεσες συνδέσεις μεταξύ της Φυσικής που διδάσκεται στην σχολική τάξη και την συμπεριφορά του φυσικού κόσμου γενικότερα. Οι δραστηριότητες που χρησιμοποίησε ήταν απλές «εξερευνήσεις» και δραστηριότητες εφαρμογής της νέας γνώσης σε νέες καταστάσεις. Όσον αφορά το τεχνολογικό μέρος των VBL, ο Zollman εξηγεί πως αυτό βρισκόταν σε διαρκή αναδιαμόρφωση από το 1979 ως το 1993 που γραφόταν αυτή η εργασία, ακολουθώντας τις εξελίξεις της τεχνολογίας και σύμφωνα με την περιγραφή αυτής της εξέλιξης που παραθέσαμε νωρίτερα σε αυτό το κεφάλαιο (ενότητα 3.4.4.1). Αν και δεν παραθέτει συγκεκριμένα στοιχεία και αποδείξεις, αναφέρει πως ο στόχος της βελτίωσης της ποιότητας της διδασκαλίας επιτεύχθηκε με τη συγκεκριμένη μέθοδο. Την επιτυχία αυτή την αποδίδει στη δυνατότητα των φοιτητών να κάνουν καλύτερες συνδέσεις μεταξύ όσων διδάσκονταν στην τάξη και στον εξωτερικό κόσμο της καθημερινής εμπειρίας.

Δύο χρόνια αργότερα, οι Zollman και Brungardt αναλύοντας το πόσο σημαντική είναι η ικανότητα κατανόησης γραφικών παραστάσεων στην κατανόηση επιστημονικών και άλλων πληροφοριών, αναφέρονται στις προσπάθειες που είχαν γίνει τα τελευταία χρόνια με τα MBL και ότι η προσοχή είχε δοθεί κυρίως στο πεδίο της κινηματικής (Brungardt και Zollman, 1995). Αναφέρονται στις δουλειές των Brasell (1987) και Beichner (1990) λέγοντας ότι η πρώτη βρήκε ότι είναι η φύση πραγματικού χρόνου (real-time) των MBL που τα κάνει τόσο αποτελεσματικά, ενώ ο δεύτερος βρήκε ότι και για καθυστερημένου χρόνου (delayed-time) αναπαραστάσεις δεν υπήρχε διαφορά στην επίδοση των μαθητών. Στην δική τους έρευνα οι Brungardt και Zollman εξετάζουν την επίδραση των VBL στις εναλλακτικές ιδέες 31 μαθητών Λυκείου και στην κατανόηση τους στις γραφικές παραστάσεις, ειδικά όσον αφορά τη συνθήκη της παρουσίασης τους σε πραγματικό ή καθυστερημένο χρόνο.

Σύμφωνα με τους Brungardt και Zollman, ένα από τα προβλήματα των μαθητών είναι ότι δεν συνδέουν τη φυσική της κίνησης με τις εμπειρίες τους από την καθημερινή ζωή. Για παράδειγμα, έχουν εννοιολογικές δυσκολίες με την έννοια της

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

αρνητικής ταχύτητας, εν μέρει διότι ένα ταχύμετρο αυτοκινήτου τους δίνει μονάχα την «θετική» ερμηνεία της ταχύτητας. Όταν ο δάσκαλος τους λέει ότι 20m/s προς ανατολή είναι θετική ενώ 20m/s προς δύση είναι αρνητική, οι μαθητές μπερδεύονται. Συνεπώς, οι μαθητές έχουν πρόβλημα με τη διανυσματική φύση κάποιων μεγεθών. Μέχρι την εποχή που έγινε αυτή η έρευνα, δεν υπήρχαν αποδείξεις ότι τα VBL μπορεί να βοηθήσουν στην βελτίωση της κατανόησης των γραφικών παραστάσεων αν και κάτι τέτοιο ο Zollman το θεωρεί εύλογο. Ο λόγος που υποθέτει πως μπορούν να συμβάλλουν θετικά είναι ότι παρότι δεν αποτελούν εμπειρία από πρακτικές ασκήσεις (hands-on), δίνουν την δυνατότητα να αναπαρασταθεί ένα ρεαλιστικό γεγονός για τους μαθητές, όπως για παράδειγμα ένα σουτ στο μπάσκετ – κάτι που αναμένεται να βελτιώσει και τα κίνητρα τους για μάθηση.

Στην εργασία τους αυτή, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν 4 ταινίες, ενώ για την συλλογή των δεδομένων της κίνησης, οι μαθητές χρησιμοποίησαν μια διαφάνεια στην οθόνη (Zollman & Fuller, 1994). Τα δεδομένα, όμως, αυτή τη φορά τα εισήγαγαν σε ένα λογιστικό φύλλο εργασίας όπου έγινε ο υπολογισμός των ποσοτήτων της κινηματικής, καθώς και οι γραφικές παραστάσεις. Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 31 μαθητές Λυκείου οι οποίοι χωρίστηκαν με τυχαίο τρόπο σε δύο ομάδες, την πειραματική που έβλεπε τις γραφικές παραστάσεις ταυτόχρονα με την κίνηση και την ομάδα ελέγχου που έβλεπε τις γραφικές παραστάσεις καθυστερημένα. Χρησιμοποιήθηκε μόνο μετά-τεστ (post-test) και συγκεκριμένα το "Questions on Linear Motion" του "Tools for scientific thinking" (Thornton, 1987). Επίσης, οι ερευνητές διεξήγαγαν συνεντεύξεις οι οποίες βιντεοσκοπήθηκαν και στη συνέχεια έγινε ανάλυση και κατηγοριοποίηση των λεγομένων.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η πειραματική ομάδα (του simultaneous-time) είχε καλύτερα αποτελέσματα στο μετά-τεστ από την ομάδα ελέγχου (του delayed-time), αλλά όχι σημαντικά καλύτερα. Μια από τις διαφορές που βρήκαν μεταξύ των ομάδων είναι στα διαγράμματα επιτάχυνσης - χρόνου, όπου η πειραματική ομάδα είχε καλύτερη συμπεριφορά αν και είχαν το ίδιο σκορ. Συγκεκριμένα, είχαν λιγότερες περιπτώσεις που να φαίνεται ότι μπερδεύουν τα διαγράμματα επιτάχυνσης-χρόνου με τα διαγράμματα ταχύτητας-χρόνου. Μια πιθανή αιτιολογία, σύμφωνα με τον Zollman, είναι ότι σε αντίθεση με τα διαγράμματα θέσης-χρόνου, όπου δεν υπήρχε σύγχυση από την ομάδα ελέγχου, τα διαγράμματα με την επιτάχυνση αφορούν μια πιο αφηρημένη και σύνθετη έννοια. Φάνηκε ότι η

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

πειραματική ομάδα τα πήγε καλύτερα σε πιο προχωρημένο επίπεδο αφαιρετικής σκέψης. Φαίνεται λοιπόν σε αυτό το σημείο από την έρευνα των Zollman και Brungardt πως η επιλογή τους για την συλλογή ερευνητικών δεδομένων με ποιοτικές μεθόδους παράλληλα με τις ποσοτικές δικαιώνεται, καθώς αποκαλύπτει πτυχές τις οποίες η ποσοτική μέθοδος απέτυχε να διακρίνει. Στο τμήμα των συμπερασμάτων, συνοψίζουν λέγοντας ότι αυτή η έρευνα μέσω ποιοτικών και ποσοτικών μετρήσεων έδειξε ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ πειραματικής και ομάδας ελέγχου αλλά ότι η μέθοδος παρουσίασης των γραφικών παραστάσεων σε πραγματικό χρόνο που ακολουθήθηκε στην πειραματική ομάδα φαίνεται να έχει κάποια ποιοτικά πλεονεκτήματα στους εξής τομείς: α) οι μαθητές σε αυτή την ομάδα καταλάβαιναν το simultaneous-time effect και αυτό βελτίωνε τα κίνητρα τους, β) Οι μαθητές σε αυτή την ομάδα συζητούσαν περισσότερο κατά τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων, γ) είχαν λιγότερα μπερδέματα μεταξύ γραφικών παραστάσεων επιτάχυνσης-χρόνου και ταχύτητας-χρόνου, δ) κατανοούσαν τις μικρές διακυμάνσεις στις τιμές και δεν έδιναν σημασία. Επίσης, οι ερευνητές σημειώνουν ότι η έλλειψη άλλων και ασφαλών αποτελεσμάτων ίσως οφείλεται στο μικρό δείγμα της έρευνας αυτής.

Οι Bresnahan, Ducas και Rubin (1994) καινοτομούν σε σχέση με την ως τότε έρευνα, καθώς αναφέρουν σε μια εργασία τους (Bresnahan et. al., 1994) την ανάπτυξη ενός λογισμικού VBL για τη χρήση του αποκλειστικά για την εκπαίδευση των Μαθηματικών. Τονίζοντας την ανάγκη της σύνδεσης της διδασκαλίας των Μαθηματικών με την ζωή των μαθητών, εξηγούν πως πρέπει να χρησιμοποιούνται δραστηριότητες που ενώνουν τα Μαθηματικά και τις εμπειρίες των μαθητών. Το λογισμικό που ανέπτυξαν ονομάζεται CamMotion και είναι ένα τυπικό VBL περιβάλλον. Επιτρέπει την εξερεύνηση και ανάλυση των καθημερινών εμπειριών κάνοντας μετρήσεις σε πραγματικά φαινόμενα που έχουν καταγραφεί σε βίντεο. Μέσω αυτής της διαδικασίας τα φαινόμενα και οι εμπειρίες μετατρέπονται σε αριθμούς που μπορούν να μελετηθούν σε πίνακες και να μετατραπούν σε γραφικές παραστάσεις. Εκτός από μετρήσεις για τις συντεταγμένες, το CamMotion επιτρέπει και την μέτρηση αποστάσεων, γωνιών και εμβαδών δίνοντας έτσι περισσότερες δυνατότητες για την αξιοποίηση του στη διδασκαλία και μάθηση των Μαθηματικών. Όπως και στην γενικότερη περίπτωση των VBL, έτσι και εδώ οι ερευνητές αναφέρουν πως η δύναμη του λογισμικού τους προέρχεται από τη δυνατότητα που παρέχει στους μαθητές να συλλέξουν δεδομένα από διάφορες καταστάσεις και να τα

μελετήσουν μέσα από πολλαπλές αναπαραστάσεις (MERs) συνδεδεμένες μεταξύ τους. Στην εργασία τους αυτή (Bresnahan et. al., 1994), παρουσιάζουν το παράδειγμα της ανάλυσης της κίνησης μιας χορευτικής φιγούρας ενός παιδιού, από δύο μαθητές που συνεργάζονται στο περιβάλλον του CamMotion. Παρουσιάζεται ο τρόπος που συνεργάζονται οι μαθητές και πως το λογισμικό τους βοηθά να φτάσουν στους στόχους τους. Τέλος, οι ερευνητές, όπως έχει αναφερθεί και σε άλλες περιπτώσεις, σημειώνουν πως όταν οι ίδιοι μαθητές μαγνητοσκοπούν τις κινήσεις μόνοι τους και μετά τις μελετούν, τα οφέλη αναμένεται να είναι ακόμη μεγαλύτερα.

Η προσπάθεια για την αξιοποίηση των VBL στη διδασκαλία και μάθηση των Μαθηματικών συνεχίζεται με μια πολύ σημαντική εργασία που δημοσιεύουν οι Boyd και Rubin το 1996. Στην εργασία αυτή αναπτύσσουν τις απόψεις τους για τη χρήση του ψηφιακού βίντεο ως μέσο για τη διδασκαλία των γραφικών παραστάσεων (Boyd & Rubin, 1996). Ένας από τους λόγους που χαρακτηρίζουμε την εργασία τους ως πολύ σημαντική είναι ότι πρόκειται για την πρώτη εργασία που αφορά τη μελέτη της κίνησης με ψηφιακό βίντεο με σκοπό τη διδασκαλία οποιουδήποτε αντικειμένου που δε γίνεται προσπάθεια να συνδεθεί με τη Φυσική. Ένας δεύτερος λόγος αφορά το γεγονός ότι είναι η πρώτη και μοναδική μέχρι σήμερα εργασία στην οποία έχει γίνει προσπάθεια για την ανάπτυξη ενός θεωρητικού πλαισίου κατανόησης του τρόπου που οι μαθητές μαθαίνουν με το ψηφιακό βίντεο. Ένας ακόμη λόγος που θεωρούμε την εργασία αυτή ως ιδιαίτερα σημαντική είναι ότι είναι η πιο «κοντινή» στην δική μας προσέγγιση αξιοποίησης των VBL στη διδακτική πράξη.

Η εργασία των Boyd και Rubin εστιάζει στην προσπάθεια της σύνδεσης της κίνησης όπως την αντιλαμβάνονται οι μαθητές από την καθημερινή τους εμπειρία και της κίνησης όπως παρουσιάζεται με μαθηματικό τρόπο, σε γραφικές παραστάσεις και πίνακες. Από τους κύριους σκοπούς των ερευνητών είναι να μάθουν οι μαθητές πως το σχήμα μιας καμπύλης αντιστοιχεί σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της κίνησης (για παράδειγμα 'πηγαίνει όλο και πιο γρήγορα', 'πηγαίνει σταθερά', 'επιβραδύνει'). Επίσης, πως οι σύνθετες καμπύλες μπορούν να μελετηθούν τμηματικά και πως από τις γραφικές παραστάσεις θέσης – χρόνου μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες για τις παραστάσεις ταχύτητας–χρόνου και επιτάχυνσης–χρόνου. Η σημαντικότερη διαφοροποίηση της εργασίας των Boyd και Rubin από την δική μας μελέτη είναι πως εξετάζει τις γραφικές παραστάσεις που κατασκευάζουν οι ίδιοι οι μαθητές και όχι την κατανόηση τους σε έτοιμες από πριν γραφικές παραστάσεις.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Οι Boyd και Rubin εντάσσουν την εργασία τους στις εργασίες που ασχολούνται με «πλούσια φαινόμενα» κίνησης, ορίζοντας ως «πλούσια φαινόμενα» κίνησης οποιαδήποτε δεν περιορίζονται μόνο σε λεκτικές περιγραφές. Κατά αυτό τον ορισμό η εργασία τους έχει κοινά χαρακτηριστικά με τις εργασίες που αφορούν τα MBL και τις προσομοιώσεις, αλλά και μεθόδους που δεν αξιοποιούν την τεχνολογία, όπως για παράδειγμα την εργασία των Russel κ.α όπου οι μαθητές σχημάτιζαν την τροχιά της κίνησης τους αφήνοντας ίχνη από μικρούς σάκους πίσω τους καθώς περπατούσαν (Russel et al., 1994-1996). Αναφέρουν στη συνέχεια της εργασίας τους, πως σε σχέση με την μέθοδο με τα ίχνη από σάκους καθώς και με τη μέθοδο των MBL, το ψηφιακό βίντεο παρουσιάζει ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα: Μόλις η κίνηση τελειώσει, η εμπειρία της κίνησης δεν τελειώνει, καθώς το βίντεο έχει τη μοναδική (σε σχέση με τα άλλα μέσα) δυνατότητα να ξαναπαίξει την κίνηση για τους μαθητές.

Στην μελέτη τους οι Boyd και Rubin, επέλεξαν να εξετάσουν τις ικανότητες των μαθητών τους να κατασκευάζουν οι ίδιοι τις γραφικές παραστάσεις για την κίνηση που είχαν μελετήσει. Χρησιμοποίησαν το λογισμικό CamMotion το οποίο είναι ένα τυπικό VBL λογισμικό. Παραλληλίζουν την εργασία τους με αυτή του diSessa (1991) όπου οι μαθητές «εφεύραν» τις γραφικές παραστάσεις που περιγράφουν την κίνηση, αφού είχαν εκτελέσει κάποιες δραστηριότητες στο περιβάλλον ενός λογισμικού προσομοίωσης της κίνησης.

Το θεωρητικό πλαίσιο που ανέπτυξαν οι Boyd και Rubin στην εργασία τους (1996) εξετάζει την κατανόηση για τις έννοιες του χρόνου, του χώρου, του μεγέθους των αντικειμένων, της κλίμακας και ορισμένων άλλων πτυχών της κίνησης σε τρία διαφορετικά πλαίσια, αυτό της καθημερινής εμπειρίας, της εμπειρίας μέσα από τα VBL και τέλος, μέσα από τις μαθηματικές αναπαραστάσεις. Στο θεωρητικό αυτό πλαίσιο εξηγούν τις διαφορές για τις έννοιες που αναφέραμε ως προς το πλαίσιο μέσα από το οποίο της βιώνει ένας μαθητής. Η μεγαλύτερη διαφοροποίηση υπάρχει για την έννοια του χρόνου, όπου καταργείται η συνέχεια και η ροή του στα πλαίσια πέρα της καθημερινής εμπειρίας. Άλλες σημαντικές διαφοροποιήσεις αφορούν τη μεταφορά στο δυσδιάστατο χώρο στα VBL από τον τρισδιάστατο των καθημερινών εμπειριών καθώς και την έννοια της κλίμακας που κρίνεται απαραίτητη στα VBL προκειμένου να γνωρίζουμε το πραγματικό μέγεθος των αντικειμένων. Το θεωρητικό πλαίσιο των Boyd και Rubin, αν και το μοναδικό και σημαντικό για την εποχή του, μοιάζει στην εποχή μας να εξηγεί τα αυτονόητα, καθώς από τότε που διατυπώθηκε, οι προτάσεις

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

του έχουν επιμέρους αναφερθεί και μελετηθεί κατά καιρούς από διάφορους ερευνητές. Εντός αυτού του θεωρητικού πλαισίου οι Boyd και Rubin προσπαθούν να αναλύσουν και να ερμηνεύσουν τις συνεντεύξεις που διεξήγαγαν με μαθητές της τελευταίας τάξης του δημοτικού. Οι συνεντεύξεις αναλύονται καταρχήν εκτός του θεωρητικού πλαισίου και στη συνέχεια με βάση το θεωρητικό πλαίσιο προσπαθούν να αναδιατυπώσουν τα ευρήματα τους. Από αυτή τη διαδικασία φτάνουν στα τελικά συμπεράσματα τους σχετικά με την επίδραση των VBL στον τρόπο που οι μαθητές μεταφράζουν την κίνηση σε γραφικές παραστάσεις:

1. *Όταν μια γραφική παράσταση έχει προκύψει από τη μελέτη των καρέ του βίντεο, η εμφάνιση του υπό μελέτη αντικειμένου στο βίντεο μπορεί να επηρεάσει την αναπαράσταση του στη γραφική παράσταση.*
2. *Όταν μια γραφική παράσταση που αναφέρεται σε κίνηση που παρατηρήθηκε σε βίντεο πρέπει να αναφέρεται σε 'πραγματικές αποστάσεις', πρέπει να οριστεί κάποια κλίμακα χρησιμοποιώντας κάποιο αντικείμενο που εμφανίζεται στο βίντεο.*
3. *Οι μαθητές που μελέτησαν τις κινήσεις στο βίντεο, ενδέχεται να εμφανίσουν την τάση να σχεδιάζουν την απόσταση στον οριζόντιο άξονα της γραφικής παράστασης.*
4. *Το βίντεο και παρόμοια μέσα παρουσιάζουν την κίνηση με διακριτά χρονικά διαστήματα και για αυτό το λόγο η έννοια της ταχύτητα γίνεται προφανής για τους μαθητές.*

Μια ακόμη σημαντική εργασία που κινήθηκε σε άλλο πλαίσιο ήταν αυτή των Hein και Zollman το 1997 και πιο αναλυτικά το 2000, όπου δημοσιεύουν τα αποτελέσματα μιας σημαντικής προσπάθειας τους για την διερεύνηση πτυχών της διδασκαλίας με VBL (Hein & Zollman 1997 και 2000). Η μελέτη αυτή είναι σημαντική εν μέρει διότι επικεντρώθηκε αποκλειστικά σε μαθητές που δεν είχαν ως κύριο γνωστικό αντικείμενο την Φυσική. Στην εργασία τους αναφέρουν πως πολλές έρευνες έχουν τεκμηριώσει την μάθηση των εννοιών της κινηματικής σε εισαγωγικά μαθήματα φυσικής καθώς και τις δυσκολίες που έχουν συνήθως οι φοιτητές με αυτές τις έννοιες και αυτοί διεξήγαγαν μία μελέτη ως μέρος μια συνεχιζόμενης προσπάθειας να αποκαλυφθούν επιπλέον δυσκολίες στην κατανόηση βασικών εννοιών της κίνησης μέσω της ερμηνείας διαγραμμάτων κινηματικής. Ένας από τους στόχους της εργασίας

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

τους ήταν να συγκρίνει την κατανόηση των γραφικών παραστάσεων της κινηματικής έπειτα από διδασκαλία με τις παραπάνω τεχνικές σε αντιπαράθεση με την παραδοσιακή διδασκαλία. Εστιάζοντας όμως περισσότερο στις διαδικασίες της μάθησης παρά στο αντικείμενο της, οι Hein και Zollman θέτουν το παρακάτω ερώτημα: Για μαθητές με διαφορετικά στυλ μάθησης μπορούν αυτά τα τεχνολογικά εργαλεία να οδηγήσουν σε αυξημένη κατανόηση των εννοιών της κινηματικής; Ένα επιπλέον λοιπόν σημείο ενδιαφέροντος αυτής της εργασίας είναι η διερεύνηση για τα στυλ μάθησης των μαθητών – ιδιαίτερα αυτά που σχετίζονται με τις γραφικές παραστάσεις στην κινηματική, έπειτα από παραδοσιακή αλλά και με χρήση των τεχνολογικών εργαλείων διδασκαλίας. Επιπλέον ερώτημα έχει να κάνει με τα κίνητρα των μαθητών που χρησιμοποιούν το αλληλεπιδραστικό ψηφιακό βίντεο.

Οι Hein και Zollman ανέπτυξαν ένα νέο VBL εργαλείο που εξυπηρετούσε ακριβώς τους σκοπούς της έρευνας τους, το Vidshell[12]. Σχεδίασαν και χρησιμοποίησαν δύο δραστηριότητες και από τα δεδομένα που οι μαθητές συλλέξαν με το Vidshell, υπολόγισαν τις ταχύτητες των κινούμενων σωμάτων. Στη συνέχεια οι μαθητές έφτιαξαν με το χέρι διαγράμματα για την ταχύτητα συναρτήσει του χρόνου και από την κλίση αυτού του διαγράμματος υπολόγισαν την επιτάχυνση της βαρύτητας. Στο περιβάλλον του λογισμικού που χρησιμοποίησαν, όσο οι μαθητές συλλέγουν τα δεδομένα βλέπουν ταυτόχρονα γραφικές παραστάσεις της θέσης, ταχύτητας και επιτάχυνσης συναρτήσει του χρόνου. Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων στους μαθητές, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν το TUG-K (Beichner, 1994) και το Productivity Environmental Preference Survey (PEPS), ένα τεστ που αφορά τα στυλ μάθησης. Επίσης χρησιμοποίησαν τη μέθοδο των φακέλων, όπου οι μαθητές κρατούσαν ένα φάκελο με εργασίες που τους δίνονταν για το σπίτι. Οι εργασίες αυτές δεν ήταν προς βαθμολόγηση και για αυτό οι μαθητές μπορούσαν να απαντούν ελεύθερα με κύριο σκοπό να βοηθηθούν στην δική τους οργάνωση της γνώσης τους.

Από το TUG-K δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά στην επίδοση των μαθητών από την επίδραση του ψηφιακού αλληλεπιδραστικού βίντεο. Διαφορά όμως φάνηκε να υπάρχει μεταξύ αγοριών και κοριτσιών. Τα αποτελέσματα του PEPS σε συνδυασμό με το TUG-K έδειξαν ότι δεν μπορεί να αποδοθεί διαφορά στην επίδοση λόγω διαφορετικών στυλ μάθησης. Η μελέτη των γραπτών εργασιών έδειξε ότι οι

[12] Περισσότερες πληροφορίες στο δικτυακό τόπο: http://192.233.237.47/vidshell/vidshell.htm

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

μαθητές που έμαθαν με βίντεο μπορούσαν μετά το πέρας της διδασκαλίας να λύσουν καλύτερα ασκήσεις πάνω στα αντικείμενα που διδάχθηκαν από αυτούς του παραδοσιακού γκρουπ. Και τα δύο γκρουπ είχαν διάφορες δυσκολίες. Από παρατηρήσεις που έγιναν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας οι μαθητές που χρησιμοποίησαν το βίντεο εξέφρασαν ένα αίσθημα αυτό-ικανοποίησης επειδή τα κατάφερναν καλά στη χρήση νέων τεχνολογιών. Στους μαθητές της παραδοσιακής μεθόδου άρεσε η δυνατότητα να ασχοληθούν με δραστηριότητες πρακτικής φύσης (hands-on). Οι μαθητές του βίντεο είπαν ότι τους άρεσε ο τρόπος λειτουργίας του προγράμματος καθώς και ότι τους έδειχνε ταυτόχρονα τα διαγράμματα. Οι μαθητές του βίντεο-γκρουπ ήταν πιο πρόθυμοι να κάνουν επαναληπτικές αναλύσεις κίνησης από ότι οι μαθητές της άλλης ομάδας.

Τέλος, μια τελείως διαφορετική προσέγγιση στη χρήση των VBL για την εκπαίδευση ήταν αυτής της M. Gross. H Gross (1998) εξέτασε τη χρήση των VBL για την μελέτη και κατανόηση της ανθρώπινης κίνησης σε φοιτητές κινησιολογίας. Τα αποτελέσματα της έρευνας της έδειξαν πως οι φοιτητές ωφεληθήκαν από τη χρήση των VBL και μετά το πέρας των μαθημάτων που έκαναν με αυτά είχαν αποκτήσει ένα ισχυρό υπόβαθρο στην βιο-μηχανική ανάλυση της ανθρώπινης κίνησης. Αιτία σύμφωνα με την Gross, ήταν η πρακτικής φύσης (hands-on) εμπειρία τους στο περιβάλλον ενεργής μάθησης που προσέφεραν τα VBL. Επιπλέον, η Gross, όπως και άλλοι ερευνητές σε παρόμοιες έρευνες, τονίζει το παράπλευρο όφελος της εξοικείωσης των φοιτητών με την επιστημονική μέθοδο αντιμετώπισης των φαινόμενων και της εξοικείωσης τους με σύγχρονα εργαλεία Η/Υ.

3.4.4.5. Τα VBL ως εργαστηριακό εργαλείο συλλογής και ανάλυσης δεδομένων

Εκτός από τις προσεγγίσεις στη χρήση των VBL που έχουν παρουσιαστεί ως τώρα σε αυτό το κεφάλαιο, υπάρχει και η χρήση των VBL ως εργαστηριακό εργαλείο συλλογής και ανάλυσης δεδομένων. Αρκετές εργασίες διάφορων ερευνητών παρουσιάζουν αυτή την προοπτική, προτείνοντας τα VBL ως ένα εναλλακτικό μέσο συλλογής δεδομένων για τους χώρους των εργαστηρίων. Τα VBL πλεονεκτούν απέναντι στα πραγματικά εργαστήρια στο εξής σημείο: Επιτρέπουν την συνεχόμενη αδιάκοπτη μαθησιακή εμπειρία, αντίθετα με τα παραδοσιακά εργαστήρια όπου οι

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

μαθητές μελετούν ένα πείραμα ανά εργαστήριο και τα εργαστήρια απέχουν συνήθως μια βδομάδα μεταξύ τους (Hoffer et al., 1992).

Ήδη το 1991, ο Hoffmaster αναφέρεται στις αλλαγές της τεχνολογίας βίντεο εκείνης της εποχής και πως θα μπορούσαν να βελτιώσουν τη χρήση του βίντεο σαν εργαλείο εργαστηρίου φυσικής (Hoffmaster, 1991). Περιγράφοντας την τυπική για την εποχή χρήση του βίντεο γράφει: «*Η τυπική χρήση του βίντεο είναι να βιντεοσκοπήσεις μια κίνηση, στη συνέχεια να σημαδέψεις την θέση του αντικειμένου σε κάθε καρέ και τέλος γνωρίζοντας το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί σε δύο καρέ να υπολογίσεις την ταχύτητα και την επιτάχυνση του αντικειμένου που κινείται. Οι υπόλοιπες ποσότητες της μηχανικές μπορούν να υπολογιστούν*». Παρόμοια προσέγγιση για την αξιοποίηση των VBL παρουσιάζει και η Winters (1993) που περιγράφει πως με μια βιντεοκάμερα βιντεοσκόπησαν οι μαθητές της μια πετσέτα που χτύπησαν στον αέρα (σαν μαστίγιο). Με τη βοήθεια των VBL μέτρησαν ότι ή άκρη της πετσέτας ταξιδεύει με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή του ήχου - και έτσι εξήγησαν τον χαρακτηριστικό κρότο που ακούγεται αν κάποιος εκτελέσει αυτό το πείραμα.

Το 1994 ο Zollman (Zollman, 1994a), δίνει έμφαση στο ψηφιακό αλληλεπιδραστικό βίντεο ως εργαλείο εργαστηρίου και για πρώτη φορά αναφέρεται σε αυτό με τον όρο Video-Based Laboratories ή VBL (αν και ο όρος είχε εισαχθεί από την Andee Rubin). Το λογισμικό που είχε αναπτύξει με την ομάδα του λειτουργεί περισσότερο ως εργαστηριακό εργαλείο συλλογής και ανάλυσης δεδομένων παρά ως λογισμικό για εκπαιδευτική χρήση. Διαφέρει ως προς τα υπόλοιπα VBL λογισμικά ως προς το ότι η διαδικασία συλλογής των δεδομένων γίνεται με ημί-αυτόματο τρόπο. Συγκεκριμένα στο παράθυρο της ταινίας στο λογισμικό αυτό, ο χρήστης κάνει κλικ και σέρνει σχηματίζοντας ένα ορθογώνιο γύρω από την περιοχή που περιέχει την κίνηση που τον ενδιαφέρει. Στη συνέχεια με τον κέρσορα μπορεί να σημειώσει δύο αντικείμενα μέσα σε αυτό το ορθογώνιο, των οποίων την κίνηση θέλει να παρακολουθήσει. Στα υπόλοιπα καρέ κάνει τη συλλογή των δεδομένων το πρόγραμμα τους. Δύο λευκές τελείες δείχνουν τα σημεία που πάρθηκαν ως δεδομένα στα καρέ. Στη συνέχεια το πρόγραμμα δείχνει αυτά τα λευκά σημεία-ίχνη όλα μαζί δημιουργώντας έτσι ένα διάγραμμα θέσης-χρόνου. Τέλος, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη του προγράμματος να δει το ίδιο διάγραμμα από το σύστημα αναφοράς που έχει σαν αρχή κάποιο από τα δύο κινούμενα αντικείμενα, το κέντρο μάζας τους, ή κάποιο άλλο σημείο που θα ορίσει ο χρήστης με κάποιον Γαλιλαϊκό μετασχηματισμό.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Η πιο πρόσφατη εργασία στη διερεύνηση της χρήσης των VBL ως εργαστηριακό εργαλείο είναι και η πιο διεξοδική (McCullough, 2000). Η L. McCullough στα πλαίσια της διδακτορικής της διατριβής σύγκρινε τη χρήση των VBL από φοιτητές, ως εργαλείου συλλογής δεδομένων σε ένα πανεπιστημιακό εργαστήριο φυσικής, με τα παραδοσιακά όργανα συλλογής δεδομένων του εργαστηρίου. Δεν βρήκε αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων, αλλά διαπιστώθηκε σε κάποιο βαθμό πως στην ομάδα που χρησιμοποιούσε τα VBL συζητούσε περισσότερο θέματα γύρω από τη Φυσική, ενώ η ομάδα με τα παραδοσιακά όργανα, ανάλωνε περισσότερο χρόνο συζήτησης γύρω από δυσκολίες που αντιμετώπιζαν με τον εξοπλισμό τους.

3.5. Περίληψη

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν οι προσπάθειες που έχουν γίνει για τη μελέτη της κίνησης με τη βοήθεια Η/Υ προκειμένου να συμβάλλουν στη μάθηση των Μαθηματικών και της Φυσικής. Αφού αναλύθηκε ο λόγος που τόσοι ερευνητές επιλέγουν την μελέτη της κίνησης ως τον πλέον πρόσφορο χώρο για την διεπιστημονική διδασκαλία της Φυσικής και των Μαθηματικών, παρουσιάστηκαν οι σημαντικότερες διαφορετικές προσεγγίσεις που έχουν αναπτυχθεί για την επίτευξη αυτού του στόχου. Στη συνέχεια του κεφαλαίου επικεντρωθήκαμε στην περίπτωση ανάλυσης κίνησης από ψηφιακό βίντεο με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού (VBL), που αποτέλεσε και την προσέγγιση της δικής μας έρευνας. Παρουσιάστηκε η διαδικασία ανάλυσης κίνησης στο VBL περιβάλλον και έγινε εκτενής ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, διαρθρωμένη ανάλογα με τις προσεγγίσεις που έχουν υπάρξει στην έρευνα για τα VBL.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Κεφάλαιο 4° – Μεθοδολογία

4.1. Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφεται ο ερευνητικός σχεδιασμός, καθώς και όλες οι διαδικασίες και μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή και την ανάλυση των ερευνητικών δεδομένων. Παρουσιάζεται αρχικά η προκαταρκτική μελέτη, οι ερευνητικοί άξονες που προέκυψαν για την κυρίως μελέτη και διατυπώνονται οι ερευνητικές υποθέσεις που τέθηκαν προς έλεγχο. Στη συνέχεια περιγράφεται ο πληθυσμός της έρευνας και αναλύονται θέματα δειγματοληψίας, αλλά και του πειραματικού σχεδιασμού που επιλέχθηκε. Παρουσιάζεται συνολικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη συλλογή των ερευνητικών δεδομένων και τεκμηριώνεται η επιλογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας. Δίνονται στοιχεία για τα μέσα συλλογής δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν και πληροφορίες για το πώς αναλύθηκαν τα συλλεχθέντα δεδομένα προκειμένου να απαντηθούν τα ερωτήματα της έρευνας μας. Τέλος, αναφέρονται οι περιορισμοί που επιβάλει η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε όσον αφορά τα συμπεράσματα που μπορούν να αντληθούν από τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας.

4.2. Προκαταρκτική Μελέτη

Κατά το χειμερινό εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2000-2001 διεξήχθη μια προκαταρκτική έρευνα με 5 φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Η έρευνα αυτή δεν μπορεί να θεωρηθεί ολοκληρωμένη λόγω του περιορισμένου αριθμού των φοιτητών που συμμετείχαν σε αυτή και των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της. Σκοπός της προκαταρκτικής μελέτης ήταν να διαπιστωθούν οι σημαντικές παράμετροι που σχετίζονται με την μάθηση με τη βοήθεια του υπολογιστή και της μεθόδου της ανάλυσης κίνησης από ψηφιακό βίντεο. Ο προσδιορισμός αυτών των παραμέτρων θα επέτρεπε τον καλύτερο προσδιορισμό των ερωτημάτων που προκύπτουν για τη χρήση της μεθόδου της ανάλυσης κίνησης με υπολογιστή ως μέσο υποστήριξης της μάθησης, και κατά συνέπεια και τον καλύτερο προσδιορισμό των μεθόδων της

κυρίως έρευνας μας. Αντίστοιχα οι αδυναμίες που θα επισημαίναμε στον σχεδιασμό και την διαδικασία υλοποίησης της προκαταρκτικής μελέτης θα χρησίμευαν στον καλύτερο σχεδιασμό και υλοποίηση της κυρίως έρευνας. Λεπτομέρειες για τον σχεδιασμό, την υλοποίηση και τα αποτελέσματα της προκαταρκτικής μελέτης που οδήγησαν στον σχεδιασμό της κυρίως έρευνας παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο (κεφάλαιο 5). Η μεθοδολογία που περιγράφεται στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου αφορά την κυρίως έρευνας και κατά μεγάλο μέρος έχει διαμορφωθεί σύμφωνα με τα συμπεράσματα που αντλήσαμε από την προκαταρκτική μελέτη.

4.3. Σπουδαιότητα – Πρωτοτυπία της Μελέτης

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο (κεφάλαιο 3), καθίσταται σαφές πως τα VBL είναι ένα σύγχρονο εργαλείο Η/Υ με μεγάλες δυνατότητες συμβολής στην εκπαίδευση, κυρίως χάρη στις πολλαπλές δυναμικές αναπαραστάσεις του, αλλά και στην ικανότητα του να μελετάει σκηνές από τον πραγματικό κόσμο με αληθείς πειραματικές μεθόδους. Από το προηγούμενο κεφάλαιο, όμως, επίσης φάνηκε πως δεν έχει πραγματοποιηθεί επαρκής έρευνα στην χρήση και αξιοποίηση αυτού του νέου μέσου για την εκπαίδευση στη Φυσική και τα Μαθηματικά. Οι έρευνες που έχουν γίνει μέχρι στιγμής σχετικά με τη χρήση των νέων τεχνολογιών γενικότερα, αλλά και των VBL ειδικότερα, αν και δείχνουν τάσεις για θετικά αποτελέσματα στη μάθηση, έχουν παράγει και αμφιλεγόμενα και αντικρουόμενα σε ορισμένες περιπτώσεις αποτελέσματα, όπως φάνηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Σε άλλες περιπτώσεις οι επιδιωκόμενοι μαθησιακοί στόχοι αποδείχθηκαν εφικτοί, ενώ σε άλλες όχι. Στα συμπεράσματα τέτοιων ερευνών (Beichner 1990 και 1996, Escalada & Zollman, 1997) τονίζεται η σημασία στον τρόπο που αξιοποιείται το περιβάλλον των VBL για την μάθηση, κάτι που άλλωστε καθορίζει την επιτυχία χρήσης νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση γενικότερα (Wood, 1999, UNESCO-Cairo Office, 2003).

Η δική μας μελέτη αποκτά βαρύνουσα σημασία, διότι αξιοποιώντας τα αποτελέσματα των προηγούμενων ερευνών σχετικά με τον τρόπο αξιοποίησης των VBL στην εκπαίδευση, έρχεται να αποσαφηνίσει το θολό ως τώρα τοπίο που διακατέχεται από αντικρουόμενες απόψεις. Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών για αρχές σχεδιασμού δραστηριοτήτων, σύνδεση της μελέτης

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

των φοιτητών με πραγματικές καθημερινές σκηνές, ενεργό συμμετοχή, συνεργασία των φοιτητών, διάρκεια έκθεσης στις δραστηριότητες και το νέο μέσο, η δική μας έρευνα καλείται να δώσει μια απάντηση στο ερώτημα της επίδρασης των VBL στην εννοιολογική μάθηση Φυσικής και Μαθηματικών με αυξημένη βεβαιότητα και αξιοπιστία.

Περαιτέρω, οι όποιες ερευνητικές προσπάθειες έχουν γίνει στο παρελθόν, περιορίζονται κυρίως στη Φυσική ενώ λίγες έρευνες έχουν εξετάσει σε κάποιο βαθμό τη χρήση των VBL και στα Μαθηματικά. Η δική μας μελέτη είναι σημαντική αλλά και πρωτότυπη, διότι έρχεται να καλύψει το κενό στην έρευνα της χρήσης αυτών των τεχνολογιών για μια διεπιστημονική προσέγγιση στη διδασκαλία και μάθηση των δύο επιστημών. Τα πλεονεκτήματα μιας τέτοιας προσέγγισης είναι σημαντικά και αναλύθηκαν στο 2° κεφάλαιο (ενότητες 2.2.4 και 2.3.3), ενώ τα VBL αποτελούν ιδανικό περιβάλλον για τη μελέτη της κίνησης και μέσω της Φυσικής αλλά και των Μαθηματικών. Η έρευνα μας θα συμβάλλει στην ανάπτυξη δραστηριοτήτων με διεπιστημονικό χαρακτήρα και θα εξετάσει την επίδραση τους σε έννοιες και γνωστικά αντικείμενα κοινά και για τις δύο επιστήμες.

Ένας τρίτος λόγος που καθιστά την παρούσα μελέτη σημαντική και πρωτότυπη είναι το γεγονός ότι θα ερευνήσει την επίδραση δραστηριοτήτων ανάλυσης κίνησης σε περιβάλλον VBL στις γραφικές παραστάσεις συνολικά και όχι αποκλειστικά σε αυτές που αναφέρονται στα πλαίσια της Κινηματικής. Όλες οι έρευνες γύρω από την κατανόηση γραφικών παραστάσεων και τη χρήση VBL έχουν εστιάσει αποκλειστικά στις γραφικές παραστάσεις Κινηματικής. Αποτέλεσμα είναι να υπάρχει αμφιβολία για την δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων αυτών των ερευνών στις γενικότερες γνώσεις και ικανότητες γύρω από τις γραφικές παραστάσεις, καθώς τα όποια αποτελέσματα ίσως οφείλονται αποκλειστικά στη βελτίωση της κατανόησης των εννοιών της Κινηματικής. Η παρατήρηση αυτή προκύπτει και από τη σκοπιά της αξιοποίησης των γνώσεων στα Μαθηματικά για τις γραφικές παραστάσεις που δεν μπορούν να εφαρμοσθούν με επιτυχία στις γραφικές παραστάσεις της Φυσικής (Beichner, 1990), αλλά και με την αντίθετη φορά, όταν η κατανόηση γραφικών παραστάσεων έχει αποδειχθεί ότι εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το πλαίσιο στο οποίο παρουσιάζονται και δεν μπορεί να γενικευθεί σε άλλα πλαίσια (Roth & Bowen, 2001).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Ένας επιπλέον λόγος που καθιστά τη μελέτη μας πρωτότυπη και σημαντική είναι ο ερευνητικός πληθυσμός που επιλέξαμε να μελετήσουμε. Η έρευνα σε πληθυσμούς πέρα από φοιτητές τμημάτων Φυσικής ή άλλων τμημάτων θετικών επιστημών είναι σχετικά περιορισμένη (Zollman 1993, 1994 και Escalada & Zollman, 1997) και ακόμη και για αυτές τις λίγες περιπτώσεις, τα γνωστικά αντικείμενα που εξετάζει η δική μας μελέτη δεν είχαν ερευνηθεί επαρκώς. Η έρευνα με πληθυσμό φοιτητές παιδαγωγικών τμημάτων αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς έχουν τον διπλό ρόλο του μαθητή αλλά και του μελλοντικού δάσκαλου που θα κληθεί πιθανώς να εφαρμόσει τέτοιου είδους τεχνολογίες στην σχολική πράξη (Bowers & Doerr, 2001). Επιπλέον, από τους φοιτητές των παιδαγωγικών τμημάτων, ο δικός μας πληθυσμός περιορίζεται στην περίπτωση εκείνων που δεν έχουν προηγούμενο έντονο ενδιαφέρον ή υπόβαθρο για τις θετικές επιστήμες ή την πληροφορική. Έτσι, για πρώτη φορά σε σχέση με τις έως τώρα έρευνες, έχουμε μέσω της δικής μας μελέτης την ευκαιρία να αντλήσουμε συμπεράσματα για την επίδραση μιας νέας μεθόδου σε γνωστικά αντικείμενα για υποκείμενα που δεν ακολουθούν σπουδές θετικής κατεύθυνσης.

4.4. Ερευνητικοί Άξονες

Οι επιμέρους ερευνητικοί άξονες της μελέτης μας είναι οι εξής:

1. Η υποστήριξη της εννοιολογικής μάθησης στη Φυσική και τα Μαθηματικά μέσω ενός περιβάλλοντος Η/Υ που προσφέρει πολλαπλές δυναμικά συνδεδεμένες αναπαραστάσεις.
2. Η αξιοποίηση των περιβαλλόντων VBL στην διεπιστημονική προσέγγιση για τη διδασκαλία και μάθηση της Φυσικής και των Μαθηματικών.
3. Η επίδραση δραστηριοτήτων ανάλυσης κίνησης σε ένα περιβάλλον VBL στην κατανόηση γραφικών παραστάσεων.
4. Η επίδραση δραστηριοτήτων ανάλυσης κίνησης σε ένα περιβάλλον VBL στην κατανόηση εννοιών της κινηματικής που αφορούν τη μελέτη τόσο της Φυσικής όσο και των Μαθηματικών.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

4.5. Ερευνητικές Υποθέσεις

Από την προκαταρκτική μελέτη είχε προκύψει ένα πλήθος εννοιών και ικανοτήτων στις οποίες φάνηκε να μπορεί να συμβάλει θετικά η ανάλυση κίνησης από ψηφιακό βίντεο μέσω κατάλληλων δραστηριοτήτων και με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού. Από το σύνολο των εννοιών αυτών δεν ήταν δυνατό να διερευνήσουμε την κατανόηση όλων καθώς αυτό θα οδηγούσε σε μία ιδιαίτερα εκτενή μελέτη πέρα των πλαισίων που θέτει μια διδακτορική διατριβή. Έτσι, περιορίσαμε τον αριθμό που θα διερευνούσαμε ύστερα από ανάλυση των αποτελεσμάτων της προκαταρκτικής μελέτης και συζήτηση τους με ειδικούς του χώρου, όπως αναλύεται λεπτομερέστερα στο κεφάλαιο της προκαταρκτικής μελέτης.

Ακολουθώντας λοιπόν εκείνους τους ερευνητικούς άξονες (ενότητα 4.4) που προέκυψαν ύστερα από τη διεξαγωγή της προκαταρκτικής μελέτης και ήταν ιδιαίτερου ενδιαφέροντος για τον ερευνητή και σύμφωνα με τους σκοπούς της έρευνας μας, προχωράμε σε αυτή την ενότητα στον ορισμό των υποθέσεων της έρευνας μας. Αρχικά παρουσιάζουμε τις ανεξάρτητες και εξαρτημένες μεταβλητές της έρευνας και στη συνέχεια διατυπώνουμε τις ερευνητικές μας υποθέσεις. Τις υποθέσεις αυτές θα πρέπει να επαληθεύσουν ή να διαψεύσουν τα αποτελέσματα της κυρίως έρευνας μας.

4.5.1. Μεταβλητές της Έρευνας

Προσδιορίζουμε σε αυτό το σημείο επακριβώς τις μεταβλητές της έρευνας μας, παρέχοντας τον εννοιολογικό και τον λειτουργικό τους ορισμό. Ο εννοιολογικός ορισμός αναφέρεται στην κοινή «σημασία» της κάθε μεταβλητής, ενώ ο λειτουργικός ορισμός προσδιορίζει τις ενέργειες και τις μετρήσεις οι οποίες θα αντιπροσωπεύουν κάθε μεταβλητή στα πλαίσια της έρευνας μας. Δίνουμε τον ορισμό για συνολικά πέντε μεταβλητές. Οι τέσσερις πρώτες αποτελούν τις εξαρτημένες μεταβλητές ενώ η τελευταία την ανεξάρτητη μεταβλητή αυτής της έρευνας.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

4.5.1.1. Κατανόηση γραφικών παραστάσεων που αναφέρονται σε πραγματικές καταστάσεις

Εννοιολογικός Ορισμός

Η κατανόηση που προκύπτει από την κατοχή των γνώσεων και ικανοτήτων που σχετίζονται με την ερμηνεία μιας γραφικής παράστασης που περιγράφει κάποια πραγματική κατάσταση και την άντληση πληροφοριών από αυτήν όσον αφορά τα παρακάτω:

- Συντεταγμένες (ανάγνωση, πράξεις, ασυνήθιστα συστήματα συντεταγμένων).
- Κλίμακα των αξόνων.
- Εύρεση και ερμηνεία αρχικής τιμής y_0 στα πλαίσια της γραφικής παράστασης.
- Κλίση (υπολογισμός, ερμηνεία, ιδιότητες).
- Αφήγηση ιστορίας (ερμηνεία) της γραφικής παράστασης.
- Κατασκευή γραφικής παράστασης που να περιγράφει μια ιστορία που δίνεται (απλές περιπτώσεις, περιπτώσεις με αρνητική κλίση).
- Κατασκευή γραφικής παράστασης που να περιγράφει μια ιστορία ιδίας έμπνευσης.
- Ασυνέχειες σε γραφική παράσταση.
- Αντιμετώπιση δύο καμπύλων στην ίδια γραφική παράσταση.

Λειτουργικός Ορισμός

- Ο βαθμός που θα πάρει το υποκείμενο στο Α Μέρος του τεστ Hadjidemetriou (Hadjidemetriou, 2002), που μετράει την κατανόηση στις γραφικές παραστάσεις που παριστάνουν πραγματικά προβλήματα.
- Στα πλαίσια δομημένης συνέντευξης, η αιτιολόγηση από τα υποκείμενα των απαντήσεων τους στις αντίστοιχες ερωτήσεις του τεστ Hadjidemetriou, καθώς και σε αντίστοιχες ερωτήσεις του ερευνητή γύρω από τις επιμέρους έννοιες που θα βασίζονται στα πλαίσια των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου Hadjidemetriou.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

4.5.1.2. Κατανόηση γραφικών παραστάσεων που αναφέρονται σε αόριστα, αφηρημένα πλαίσια

Εννοιολογικός Ορισμός

Η κατανόηση που προκύπτει από την κατοχή των γνώσεων και ικανοτήτων που σχετίζονται με την ερμηνεία μιας γραφικής παράστασης που αναφέρεται σε αόριστο - αφηρημένο πλαίσιο και η άντληση πληροφοριών από αυτή όσον αφορά τα παρακάτω:

- Συντεταγμένες (ανάγνωση, πράξεις).
- Κλίμακα των αξόνων.
- Νοερή επέκταση (extrapolation) γραφικής παράστασης.
- Νοερή παρεμβολή (interpolation) γραφικής παράστασης.
- Εύρεση αρχικής τιμής y_0 της γραφικής παράστασης.
- Κλίση (υπολογισμός, ερμηνεία, ιδιότητες).
- Αφήγηση ιστορίας (ερμηνεία) της γραφικής παράστασης.
- Αντιμετώπιση δύο καμπύλων στην ίδια γραφική παράσταση.

Λειτουργικός Ορισμός

- Ο βαθμός που θα πάρει το υποκείμενο στο Β Μέρος του τεστ Hadjidemetriou, που μετράει την κατανόηση στις γραφικές παραστάσεις που δεν αναφέρονται σε πραγματικές καταστάσεις.
- Στα πλαίσια μιας δομημένης συνέντευξης, η αιτιολόγηση από τα υποκείμενα των απαντήσεων τους στις αντίστοιχες ερωτήσεις του τεστ Hadjidemetriou, καθώς και σε αντίστοιχες ερωτήσεις του ερευνητή γύρω από τις επιμέρους έννοιες που θα βασίζονται στα πλαίσια των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου Hadjidemetriou.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

4.5.1.3. Κατανόηση γραφικών παραστάσεων

Εννοιολογικός Ορισμός

Η συνολική κατανόηση των γραφικών παραστάσεων που αφορά τόσο στην κατανόηση αυτών που αναφέρονται σε συγκεκριμένα πλαίσια όσο και στην κατανόηση αυτών που είναι διατυπωμένες σε αφηρημένα πλαίσια, όπως περιγράφηκε για τις δύο προηγούμενες μεταβλητές (ενότητες 4.6.1.1 και 4.6.1.2).

Λειτουργικός Ορισμός

- Ο συνολικός βαθμός που θα πάρει το υποκείμενο στο τεστ Hadjidemetriou, που μετράει την κατανόηση στις γραφικές παραστάσεις.
- Στα πλαίσια μιας δομημένης συνέντευξης, η αιτιολόγηση από τα υποκείμενα των απαντήσεων τους στις αντίστοιχες ερωτήσεις του τεστ Hadjidemetriou, καθώς και σε αντίστοιχες ερωτήσεις του ερευνητή γύρω από τις επιμέρους έννοιες που θα βασίζονται στα πλαίσια των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου Hadjidemetriou.

4.5.1.4. Κατανόηση διεπιστημονικών εννοιών από τα Μαθηματικά και την Φυσική που σχετίζονται με τη μελέτη της κινήσης

Εννοιολογικός Ορισμός

Η κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με τη μελέτη της κίνησης και αποτελούν αντικείμενο μελέτης της Φυσικής και των Μαθηματικών. Ειδικότερα, έμφαση δίνεται στην έκφραση αυτών των εννοιών όπως γίνονται αντιληπτές μέσα από την καθημερινή εμπειρία, του ορισμού τους ως φυσικά μεγέθη και του ορισμού και χειρισμού τους μέσα από τον μαθηματικό φορμαλισμό. Στα πλαίσια των παραπάνω διαστάσεων για κάθε έννοια, επιλέχθηκε να διερευνηθούν οι παρακάτω έννοιες:

- Η θέση ενός κινητού.
- Η ταχύτητα ενός κινητού.
- Η σχέση μεταξύ θέσης και ταχύτητας.
- Συστήματα συντεταγμένων – συστήματα αναφοράς.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

- Ο χρόνος ως δυναμική και ανεξάρτητη μεταβλητή.
- Γραφικές παραστάσεις ταχύτητας – χρόνου.
- Αλλαγή συστήματος αναφοράς και γραφικές παραστάσεις.

Λειτουργικός Ορισμός

Στα πλαίσια μιας δομημένης συνέντευξης, η περιγραφή, ο ορισμός, η ερμηνεία και η εκάστοτε απάντηση που θα αφορούν ερωτήσεις για την κάθε έννοια από αυτές που παρατέθηκαν παραπάνω (4.5.1.4).

4.5.1.5. Δραστηριότητες ανάλυσης κίνησης από ψηφιακό βίντεο σε περιβάλλον Εργαστηρίου Βασισμένου στο Βίντεο (VBL)

Εννοιολογικός Ορισμός

Συλλογή συντεταγμένων κίνησης από ταινία σε ψηφιακό βίντεο μέσω VBL λογισμικού (VideoPoint), επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων, δημιουργία γραφικών παραστάσεων για διάφορα μεγέθη της κινηματικής, σύμφωνα με γραπτές οδηγίες και ερωτήσεις υπό μορφή δραστηριοτήτων.

Λειτουργικός Ορισμός

Έξι φύλλα εργασίας (παραρτήματα 4.4 – 4.9) με οδηγίες για την διεξαγωγή της ανάλυσης της κίνησης που περιέχεται σε έξι διαφορετικά ψηφιακά βίντεο και ερωτήσεις για την κάθε κίνηση. Οι ταινίες αφορούν την δισδιάστατη κίνηση ενός ή δύο σωμάτων και οι δραστηριότητες σχεδιάσθηκαν από τον ερευνητή με σκοπό τη διερεύνηση των εννοιών και ικανοτήτων που περιγράφουν οι εξαρτημένες μεταβλητές της έρευνας. Λεπτομερής περιγραφή για τις δραστηριότητες δίνεται στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

4.5.2. Ερευνητικές Υποθέσεις

Μετά τον εννοιολογικό και λειτουργικό ορισμό των μεταβλητών της έρευνας μας, μπορούν να διατυπωθούν επακριβώς οι ερευνητικές υποθέσεις αυτής της μελέτης που ως τώρα αποτελούσαν στο σύνολο τους την γενικότερη ερευνητική μας κατεύθυνση και εκφράζονταν με τους ερευνητικούς άξονες που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.4.

4.5.2.1. Ερευνητική Υπόθεση 1:

Τα υποκείμενα της έρευνας θα επιδείξουν βελτιωμένη κατανόηση στις γραφικές παραστάσεις όταν ασκηθούν στην ανάλυση κίνησης που περιέχεται σε ψηφιακό βίντεο μέσα σε ένα VBL περιβάλλον και μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες.

4.5.2.2. Ερευνητική Υπόθεση 2:

Η κατανόηση των υποκειμένων της έρευνας στις γραφικές παραστάσεις πραγματικών καταστάσεων θα βελτιωθεί σημαντικά όταν αυτά ασκηθούν στην ανάλυση κίνησης που περιέχεται σε ψηφιακό βίντεο μέσα σε ένα VBL περιβάλλον και μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες.

4.5.2.3. Ερευνητική Υπόθεση 3:

Η κατανόηση των υποκειμένων της έρευνας στις γραφικές παραστάσεις που αναφέρονται σε αόριστο, αφηρημένο πλαίσιο θα βελτιωθεί σημαντικά όταν αυτά ασκηθούν στην ανάλυση κίνησης που περιέχεται σε ψηφιακό βίντεο μέσα σε ένα VBL περιβάλλον και μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες.

4.5.2.4. Ερευνητική Υπόθεση 4:

Τα υποκείμενα της έρευνας θα επιδείξουν σημαντικά βελτιωμένη κατανόηση διεπιστημονικών εννοιών που προέρχονται από τα Μαθηματικά και από την Φυσική

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

όταν αυτά ασκηθούν στην ανάλυση κίνησης που περιέχεται σε ψηφιακό βίντεο μέσα σε ένα VBL περιβάλλον και μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες.

4.6. Πληθυσμός – Δείγμα

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται ο ορισμός και η περιγραφή του πληθυσμού της έρευνας, η επιλογή του δείγματος και τα χαρακτηριστικά του, καθώς επίσης και η μέθοδος δειγματοληψίας που ακολουθήθηκε.

4.6.1. Πληθυσμός της Έρευνας

Οι γραφικές παραστάσεις είναι μια μορφή αναπαράστασης που όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο 2, αφορούν όλες τις μερίδες πληθυσμού με έναν ή άλλο τρόπο. Η έρευνα αυτή επιδιώκει να εξετάσει την επίδραση μιας μεθόδου μάθησης με τη βοήθεια Η/Υ στην κατανόηση των γραφικών παραστάσεων και των εννοιών που χρησιμοποιούνται στην διεπιστημονική προσέγγιση της διδασκαλίας των Μαθηματικών και της Φυσικής. Ο πληθυσμός επομένως της έρευνας αυτής θα πρέπει να αποτελείται από υποκείμενα που έχουν ήδη κάποιες γνώσεις στις γραφικές παραστάσεις, στη Φυσική και στα Μαθηματικά ώστε να μπορεί η επίδραση της νέας μεθόδου να έχει πιθανότητες για βελτίωση του αρχικού γνωστικού επιπέδου. Επιλέξαμε πληθυσμός αυτής της έρευνας είναι οι φοιτητές/τριες των Παιδαγωγικών Τμημάτων Δημοτικής Εκπαίδευσης στην χώρα μας που έχουν εισαχθεί στη σχολή τους από θεωρητικές κατευθύνσεις του Λυκείου και παραθέτουμε στη συνέχεια τους λόγους που οδήγησαν σε αυτή την επιλογή.

Πιστεύουμε ότι η μελέτη των γνώσεων, ικανοτήτων και εννοιών που σχετίζονται με φαινόμενα κίνησης και ιδιαίτερα όπως αυτές εκφράζονται στις σχετικές γραφικές παραστάσεις παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον για τους φοιτητές/τριες που δεν φοιτούν σε τμήματα θετικών επιστημών. Οι φοιτητές των τμημάτων θετικών επιστημών είναι φυσιολογικό να έχουν ήδη μια καλή κατανόηση στις γραφικές παραστάσεις, ιδιαίτερα αυτές που αφορούν τον κλάδο σπουδών τους. Μια έρευνα των επιπτώσεων της άσκησης σε δραστηριότητες ανάλυσης κίνησης από ψηφιακό βίντεο με τη βοήθεια λογισμικού σε φοιτητές τμημάτων θετικών επιστημών

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

θα έπρεπε να πραγματεύεται έννοιες και ικανότητες πέρα των βασικών τις οποίες αυτοί οι φοιτητές ήδη κατέχουν. Πέραν του γεγονότος πως μια έρευνα για τέτοιες ανώτερου επιπέδου έννοιες και ικανότητες δεν εμπίπτει στα άμεσα ενδιαφέροντα μας, υπάρχει ήδη προηγούμενη έρευνα όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο που να εξετάζει τέτοιες περιπτώσεις. Έτσι, θεωρούμε πολύ πιο ενδιαφέρουσα την μελέτη της επίπτωσης της ανάλυσης κίνησης από ψηφιακό βίντεο μη Η/Υ σε φοιτητές που έχουν ελάχιστες έως βασικές γνώσεις και ικανότητες. Η μελέτη με έναν πληθυσμό που το αναμενόμενο επίπεδο του στις γραφικές παραστάσεις έχει έντονη αντίθεση με το επιδιωκόμενο τελικό επίπεδο γνώσεων, παρέχει τη δυνατότητα για την αποκάλυψη σε μεγαλύτερο βαθμό των πτυχών εκείνων στις οποίες μπορεί να υπάρξει βελτίωση του επιπέδου γνώσεων και ικανοτήτων των φοιτητών.

Από τους φοιτητές όλων των θεωρητικών σχολών στους οποίους θα θέλαμε να μπορούν να γενικευτούν τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης, περιορίζουμε τον πληθυσμό στους φοιτητές των Παιδαγωγικών Τμημάτων. Τα πλεονεκτήματα αυτού του πληθυσμού σχετίζονται με τη φύση του αντικειμένου των παιδαγωγικών τμημάτων. Οι φοιτητές αυτοί εκτός από το ρόλο του μαθητή έχουν και το ρόλο του μελλοντικού δάσκαλου. Όπως αναφέρουν οι Bowers & Doerr (2001), σαν μαθητές κατασκευάζουν νέους τρόπους σκέψης γύρω από γνώριμες μαθηματικές έννοιες και γύρω από τους τρόπους που άλλοι μπορεί να μαθαίνουν. Σαν μελλοντικοί δάσκαλοι, έχουν πάντα υπόψη πως οι δικιές τους εμπειρίες μάθησης θα συσχετιστούν με τις μελλοντικές τους εμπειρίες σαν δάσκαλοι σε δικιά τους τάξη. Λόγω αυτού του διπλού τους ρόλου, οι φοιτητές των παιδαγωγικών τμημάτων αποτελούν ιδανικό πληθυσμό για έρευνες που εξετάζουν την επίδραση νέων μεθόδων στη μάθηση.

Ο περιορισμός του εύρους του πληθυσμού συνεπάγεται και περιορισμό του εύρους στη γενίκευση των αποτελεσμάτων που θα μπορούσε να γίνει. Είμαστε όμως πρόθυμοι να συμβιβαστούμε με αυτό τον περιορισμό, καθώς ταυτόχρονα κατά αυτό τον τρόπο αυξάνεται ο βαθμός εμπιστοσύνης στα αποτελέσματα αυτής της έρευνας. Καθώς η έρευνα αυτή είναι καινοτόμα και δοκιμάζει μία σχετικά νέα μέθοδο σε τελείως νέες συνθήκες, θεωρούμε ιδιαίτερα χρήσιμο τα αποτελέσματα της να χαρακτηρίζονται από αυξημένο βαθμό εμπιστοσύνης πριν γίνει μια επέκταση της έρευνας με αυτή τη μέθοδο και για αυτές τις έννοιες σε ευρύτερες ομάδες πληθυσμού.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

4.6.2. Δείγμα της Έρευνας

4.6.2.1. Μέθοδος Δειγματοληψίας

Η επιλογή της μεθόδου δειγματοληψίας είναι σημαντική διότι καθορίζει κατά πόσο το δείγμα της έρευνας είναι αντιπροσωπευτικό του ερευνητικού πληθυσμού. Ακρογωνιαίος λίθος της ορθόδοξης δειγματοληψίας είναι η «τυχαία» δειγματοληψία στην οποία κάθε μέλος του πληθυσμού έχει ίδια πιθανότητα να συμπεριληφθεί στο δείγμα. Στην πράξη αληθώς τυχαίο δείγμα είναι αδύνατο να συγκροτηθεί παρά για πολύ λίγες και συγκεκριμένες περιπτώσεις ερευνητικών πληθυσμών. Έτσι, η επιλογή της μεθόδου δειγματοληψίας γίνεται κατά περίσταση μέσα από μια διαδικασία συμβιβασμού μεταξύ της ιδεατής μεθόδου και των πρακτικών εμποδίων και πλεονεκτημάτων της κάθε δειγματοληπτικής μεθόδου.

Ο επιτρεπτός βαθμός παρέκκλισης από την «τυχαία» δειγματοληψία (που εξασφαλίζει τη μέγιστη δυνατή αντιπροσωπευτικότητα για το δείγμα) εξαρτάται από το είδος της έρευνας που επιχειρείται. Μια ποσοτική μελέτη που στοχεύει στη γενίκευση των αποτελεσμάτων της και θα χρησιμοποιήσει στατιστική ανάλυση για την διεξαγωγή και διατύπωση τους απαιτεί μικρό βαθμό παρέκκλισης από την «τυχαία» δειγματοληψία. Στον αντίποδα, μια ποιοτική μελέτη με συνεντεύξεις γύρω από το ίδιο θέμα, στοχεύει στην εις βάθος διερεύνηση, αποσαφήνιση και κατανόηση των παραμέτρων που συμμετέχουν στο υπό διερεύνηση φαινόμενο και η ευρεία γενίκευση των αποτελεσμάτων της δεν είναι στους σκοπούς της. Κατά συνέπεια, για την ποιοτική μελέτη η μέθοδος της δειγματοληψίας δεν είναι απαραίτητο να είναι αληθινά «τυχαία». Μάλιστα, αναλόγως την έρευνα και τους σκοπούς της μπορεί να επιλεγεί μια δειγματοληπτική μέθοδος που δεν είναι καθόλου τυχαία διότι παρουσιάζει συγκεκριμένα μεθοδολογικά πλεονεκτήματα που θα επιτρέψουν την καλύτερη διερεύνηση του εκάστοτε φαινόμενου.

Για την συγκρότηση του δείγματος της δικής μας έρευνας, χρησιμοποιήθηκε η «κατά συστάδες» τυχαία δειγματοληψία. «*Στην «κατά συστάδες» τυχαία δειγματοληψία, η δειγματοληψία δεν φθίνει έως το επίπεδο της ατομικής περίπτωσης όπως γίνεται στην «απλή» τυχαία δειγματοληψία, αλλά έως μια ολόκληρη ομάδα ατομικών περιπτώσεων (συστάδα) που φυσικώς υπάρχει στην πράξη*» (Παρασκευόπουλος, 1993). Έτσι, από τους φοιτητές όλων των Παιδαγωγικών Τμημάτων επιλέχθηκε να συμμετέχουν στην έρευνα αυτοί του Πανεπιστημίου

Ιωαννίνων. Στη συνέχεια και με τη μέθοδο που περιγράφεται στις παρακάτω δύο ενότητες (4.6.2.2 και 4.6.2.3) προχωρήσαμε στην επιλογή μικρότερων ομάδων (συστάδων) μέχρι το σχηματισμό του τελικού δείγματος από το οποίο αντλήσαμε τα ερευνητικά δεδομένα.

4.6.2.2. Περιγραφή του Δείγματος

Δείγμα αυτής της έρευνας ήταν 48 φοιτητές/τριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων που συγκέντρωναν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά αυτά, επιλέχθηκαν με βάση τον πληθυσμό, τους σκοπούς και τις μεθόδους της έρευνας μας. Η επιλογή των φοιτητών του δείγματος με βάση τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά εκτός από τα μεθοδολογικά πλεονεκτήματα που παρείχε, συμβάλλει και στην διατήρηση της ομοιογένειας του δείγματος μας.

Τα κοινά χαρακτηριστικά των φοιτητών του δείγματος ήταν τα εξής:

- Προέρχονταν όλοι από την θεωρητική κατεύθυνση του Λυκείου. Κατά συνέπεια είχαν όλοι διδαχθεί σε ίδιο επίπεδο Μαθηματικά και Φυσική κατά τις σχολικές τους σπουδές.
- Ήταν όλοι φοιτητές στο τρίτο έτος σπουδών τους. Σύμφωνα με το πρόγραμμα σπουδών του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων αυτό σημαίνει πως κατά τις πανεπιστημιακές τους σπουδές έχουν διδαχθεί μόνο ένα υποχρεωτικό εισαγωγικό μάθημα στα Μαθηματικά και ένα στη Φυσική. Αντικείμενο αυτών των δύο μαθημάτων σε μεγάλο βαθμό είναι η επανάληψη των εννοιών και ικανοτήτων που είχαν διδαχθεί στο Λύκειο.
- Κανείς τους δεν είχε διαλέξει να ακολουθήσει των Μαθηματικό Κύκλο Σπουδών του Τμήματος. Έτσι, κανείς τους δεν αναμενόταν να έχει γνώσεις και ικανότητες στις Θετικές Επιστήμες που να διέφεραν από τους υπόλοιπους εξαιτίας περισσότερων σχετικών μαθημάτων που θα είχαν παρακολουθήσει.
- Είχαν όλοι την ίδια ηλικία με απόκλιση ± 1 έτος.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

4.6.2.3. Συγκρότηση του Δείγματος

Σύμφωνα με την περιγραφή της επιλογής του δείγματος όπως περιγράφηκε στις δύο προηγούμενες ενότητες, παραθέτουμε σε αυτό το σημείο τα βήματα της διαδικασίας που ακολουθήθηκαν για την συγκρότηση του δείγματος της έρευνας μας.

1. Κατάρτιση καταλόγου φοιτητών/τριών που βρίσκονταν στο τρίτο έτος σπουδών. Τον κατάλογο αυτό προμηθευτήκαμε από τη Γραμματεία του Π.Τ.Δ.Ε. και αριθμούσε περίπου 180 φοιτητές.

2. Κατασκευή ερωτηματολογίου (Ερωτηματολόγιο Συγκρότησης Δείγματος) για την καταγραφή των χαρακτηριστικών των φοιτητών (παράρτημα 4.1).

3. Καταγραφή των στοιχείων των φοιτητών του τρίτου έτους του Π.Τ.Δ.Ε.. Μοιράστηκε το ερωτηματολόγιο προς συμπλήρωση στην ολομέλεια του τρίτου έτους του Π.Τ.Δ.Ε. κατά τη διάρκεια υποχρεωτικού μαθήματος στο οποίο υπήρχαν απουσίες για τους φοιτητές που δεν παρακολουθούν. Σε συνδυασμό με την παράταση για τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου κατά 10 μέρες, εξασφαλίσαμε ότι θα το συμπλήρωναν όλοι οι εν ενεργεία τριτοετείς φοιτητές του τμήματος και έτσι θα καταγράφαμε τα στοιχεία που ενδιαφέρουν την έρευνα μας. Συγκεντρώσαμε συνολικά 128 συμπληρωμένα ερωτηματολόγια.

4. Κατάρτιση προσκαλούμενου στην έρευνα δείγματος: Τα δεδομένα του Ερωτηματολογίου Συγκρότησης Δείγματος κωδικοποιήθηκαν, εισήχθησαν και επεξεργάσθηκαν στο λογισμικό MS-Excel 2000. Αποτέλεσμα αυτής της επεξεργασίας ήταν η κατάρτιση της λίστας των φοιτητών που συγκέντρωναν τα χαρακτηριστικά τα οποία παραθέσαμε νωρίτερα σε αυτό το κεφάλαιο, δηλαδή του προσκαλούμενου δείγματος. Η λίστα αυτή αριθμούσε 62 άτομα που αποτέλεσαν το προσκαλούμενο στην έρευνα δείγμα.

5. Πρόσκληση στους φοιτητές του προσκαλούμενου δείγματος για ενημέρωση για συμμετοχή στην έρευνα μας: Με ανακοίνωση στον πίνακα ανακοινώσεων του Εργαστηρίου Διδασκαλίας Μαθηματικών προσκαλέσαμε ονομαστικά τους φοιτητές οι οποίοι συγκέντρωναν τα χαρακτηριστικά που επιθυμούσαμε να έχουν οι φοιτητές του δείγματος, όπως είχε προκύψει από την επεξεργασία του Ερωτηματολογίου Συγκρότησης Δείγματος.

6. Συγκρότηση συμμετέχοντος στην έρευνα δείγματος. Οι φοιτητές που ανταποκρίθηκαν στην πρόσκληση μας, ενημερώθηκαν για τους σκοπούς της

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

έρευνας μας και για την επιθυμία μας να συμμετάσχουν εθελοντικά σε αυτήν. Τους έγινε γνωστό πως η συμμετοχή τους στην έρευνα μας θα είχε τη μορφή εθελοντικής εργασίας στα πλαίσια του μαθήματος «Διδακτική των Μαθηματικών Ι» που διδάσκονταν ως υποχρεωτικό μάθημα σε εκείνο το εξάμηνο. Εξηγήσαμε στους φοιτητές πως για αυτούς σκοπός της εργασίας που εντάσσεται στα πλαίσια του συγκεκριμένου μαθήματος θα ήταν η ανακάλυψη μιας νέας μεθόδου, με τη βοήθεια Η/Υ, για τη διδασκαλία και τη μάθηση σχετικά με τις γραφικές παραστάσεις. Επίσης, στα πλαίσια της ενημέρωσης ορίσαμε για τους φοιτητές τον χρόνο διεξαγωγής της έρευνας, το χρόνο που θα έπρεπε να αφιερώσουν οι ίδιοι, το υποχρεωτικό του χαρακτήρα της συμμετοχής τους και τη μεθοδολογία που θα ακολουθούσαμε (ερωτηματολόγιο αξιολόγησης και συνεντεύξεις).

Από τους φοιτητές που προσήλθαν για ενημέρωση, 48 ήταν αυτοί που τελικά δέχθηκαν να συμμετάσχουν στην έρευνα μας και αποτέλεσαν το συμμετέχον δείγμα. Καθώς δεν παρατηρήθηκαν διαρροές – απώλειες υποκειμένων έως το τέλος της ερευνητικής διαδικασίας, το συμμετέχον στην έρευνα δείγμα ταυτίζεται με το προμηθεύον τα δεδομένα δείγμα.

4.6.2.4. Μέγεθος του Δείγματος

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο ο αριθμός των φοιτητών που αποτέλεσαν το δείγμα της έρευνας μας ανήλθε σε 48. Ο αριθμός αυτός για το μέγεθος του δείγματος κρίθηκε ικανοποιητικός. Το μέγεθος του δείγματος για κάθε έρευνα εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων. Καθώς δεν υπάρχει μαθηματική φόρμουλα υπολογισμού του μεγέθους του δείγματος μιας έρευνας, ο κάθε παράγοντας λαμβάνεται υπόψη ως προς το αν χρειάζεται ένα «μεγάλο» ή αν μας αρκεί ένα «μικρό» δείγμα. Σκοπός είναι να προσδιορισθεί προσεγγιστικά ένας αριθμός ώστε το δείγμα που θα προκύψει να έχει τέτοιο μέγεθος ώστε να είναι αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού με το μικρότερο δυνατό κόστος και τα δεδομένα διαθέσιμα μέσα, εξασφαλίζοντας ικανοποιητική εγκυρότητα στην διατύπωση των αποτελεσμάτων της έρευνας. Αναλύουμε στη συνέχεια τα κριτήρια που καθόρισαν το μέγεθος του δείγματος για την έρευνα μας.

Ο σημαντικότερος παράγοντας που συνέβαλε στην επιλογή ενός σχετικά μεγάλου δείγματος ήταν η μείωση του «τυχαίου σφάλματος». Όσον αφορά την

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

στατιστική ανάλυση των δεδομένων του ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την έρευνα, ήταν ανάγκη το δείγμα να είναι αρκετά μεγάλο[13] ώστε να αυξηθεί ο βαθμός ακρίβειας των γενικεύσεων μας και να μειωθεί το «τυχαίο σφάλμα». Το «τυχαίο σφάλμα» αναφέρεται στην αδυναμία της ακριβούς εφαρμογής της στατιστικής θεωρίας στην ερευνητική πράξη των κοινωνικών επιστημών, λόγω της άγνοιας μας για όλα τα στοιχεία που απαιτεί η εφαρμογή της σε αυτές τις επιστήμες (Παρασκευόπουλος, 1993).

Σύμφωνα με την επιλογή του δείγματος όπως αυτή αναλύθηκε στην ενότητα 4.6.2.2 και σύμφωνα με τον ερευνητικό σχεδιασμό που ακολουθήθηκε, όλοι οι υπόλοιποι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για τον προσδιορισμό του μεγέθους του δείγματος, συνέβαλαν στον προσδιορισμό ενός σχετικά μικρού δείγματος. Συγκεκριμένα, η ομοιογένεια του πληθυσμού διατηρήθηκε υψηλή, απαιτώντας έτσι ένα σχετικά μικρό δείγμα. Επιπλέον, η διατύπωση των ερευνητικών υποθέσεων δεν απαιτούσε την κατά στρώματα του πληθυσμού διερεύνηση, επιτρέποντας μας να διατηρήσουμε τον αριθμό του δείγματος σχετικά μικρό. Στην ίδια κατεύθυνση συνέβαλαν ο έλεγχος των τρίτων παραγόντων (όπως αναλύεται στην επόμενη ενότητα 4.7, του ερευνητικού σχεδιασμού), η αναμενόμενη χαμηλή ως μηδενική διαρροή – απώλεια των υποκειμένων λόγω της σχετικής πρόνοιας στην επιλογή του δείγματος και τέλος, το μέγεθος του πληθυσμού που είναι σχετικά μικρό. Να σημειώσουμε επίσης πως και το πλήθος των πληροφοριών που πήραμε από κάθε υποκείμενο ήταν σχετικά υψηλό λόγω της σχεδίασης του ερωτηματολογίου και της χρήσης και της μεθόδου των συνεντεύξεων, γεγονός που επίσης συμβάλει στην επιλογή μικρού σχετικά δείγματος.

Έτσι, ο τελικός αριθμός του προμηθεύοντος τα δεδομένα δείγματος, που ανήλθε σε 48 κρίθηκε ικανοποιητικός. Ο αριθμός αυτός καλύπτει κριτήρια που απαιτεί τόσο η ποσοτική όσο και η ποιοτική μελέτη που χρησιμοποιήσαμε στην έρευνα μας. Συγκεκριμένα υπερβαίνει τον αριθμό 30 και έτσι θεωρείται στατιστικά μεγάλο δείγμα και επιτρέπει την διερεύνηση των ερευνητικών υποθέσεων με παραμετρικά στατιστικά τεστ. Επιπλέον, προσεγγίζει τον αριθμό 50 που θεωρείται μια καλή βάση για έρευνες που συγκρίνουν μέσους όρους (Παρασκευόπουλος, 1993). Αλλά και όσον αφορά την ποιοτική μελέτη, ο αριθμός 48 είναι μεγαλύτερος των αριθμών που

[13] Στη στατιστική ένα δείγμα θεωρείται «μεγάλο» όταν αριθμεί περισσότερες από 30 (n=30) περιπτώσεις.

προτείνονται ως δείγμα για ποιοτικής φύσης μελέτες με τη μέθοδο των συνεντεύξεων. Αν και στις ποιοτικές έρευνας αποφεύγεται ο αριθμητικός προσδιορισμός για το μέγεθος του δείγματος και προτείνεται η λήψη των δεδομένων να σταματά απλώς όταν έχουν συγκεντρωθεί επαρκή δεδομένα, ορισμένοι ερευνητές (Douglas, 1985) τολμούν και αναφέρουν πως αριθμοί υποκειμένων γύρω στο 20 – 25 για δείγματα ποιοτικών ερευνών είναι επαρκείς.

4.7. Ερευνητικός Σχεδιασμός

4.7.1. Πειραματικό Σχέδιο

Χρησιμοποιήσαμε τον σχεδιασμό που στην βιβλιογραφία αναφέρεται ως προ-πειραματικό σχέδιο ή σχέδιο διπλής μέτρησης (Cohen & Manion, 1994). Στο προ-πειραματικό σχέδιο χρησιμοποιείται μία πειραματική ομάδα με έλεγχο πριν και μετά την πειραματική παρέμβαση. Το προ-πειραματικό σχέδιο χρησιμοποιείται συχνά όταν ερευνάται η αξία μιας νέας διδακτικής μεθόδου. Χρησιμοποιεί μια ομάδα βάσει μιας εξαρτημένης μεταβλητής (O_1) και έπειτα εισάγει έναν πειραματικό χειρισμό (X). Ακολουθώντας τον πειραματικό χειρισμό, ο ερευνητής μετρά και πάλι την ίδια μεταβλητή στην αρχική ομάδα (O_2) και προχωρά στον υπολογισμό των διαφορών O_2–O_1 τις οποίες αποδίδει στις επιδράσεις του X. Το προ-πειραματικό σχέδιο μπορεί να αναπαρασταθεί με τον συνήθη πειραματικό συμβολισμό όπως τον αναφέρουν οι Cohen & Manion (1994) ως εξής:

Πειραματική Ομάδα	O_1	X	O_2

Όπου:

- Το X αντιπροσωπεύει την έκθεση μιας ομάδας σε ένα πειραματικό γεγονός τα αποτελέσματα του οποίου πρέπει να υπολογιστούν.
- Το O αναφέρεται στη διαδικασία παρατήρησης ή μέτρησης.
- Η σειρά από τα αριστερά προς τα δεξιά φανερώνει χρονική ακολουθία.

Το βασικότερο πλεονέκτημα αυτού του πειραματικού σχεδίου είναι η αποφυγή των εξωτερικών μεταβλητών που υπεισέρχονται στα πειραματικά σχέδια που χρησιμοποιούν περισσότερες της μίας πειραματικές ομάδες και επηρεάζουν την

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ομοιογένεια των ομάδων του δείγματος. Το βασικότερο μειονέκτημα του προ-πειραματικού σχεδίου είναι η επίδραση εξωτερικών μεταβλητών, πέρα της πειραματικής παρέμβασης Χ, που βρίσκονται εκτός του ελέγχου του ερευνητή και απειλούν να ακυρώσουν τις ερευνητικές προσπάθειες. Όπως θα αναλύσουμε στη συνέχεια, λήφθηκε κάθε μέριμνα ώστε να εξαλειφθούν ή να ελαχιστοποιηθούν κατά το δυνατόν τέτοιες επιδράσεις. Επίσης, θα παραθέσουμε την προβληματική η οποία μας οδήγησε στην επιλογή αυτού του πειραματικού σχεδίου έναντι άλλων γνωστών σχεδίων.

4.7.2. Εσωτερική και Εξωτερική Εγκυρότητα

Σύμφωνα με τους Campbell και Stanley (1963) και τους Bracht και Glass (1968) οι επιδράσεις εξωτερικών παραγόντων και ανάλογα με το ερευνητικό σχέδιο που χρησιμοποιείται συνιστούν απειλές για την εγκυρότητα της έρευνας. Οι απειλές αυτές κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με αυτούς τους ερευνητές σε επτά απειλές για την εσωτερική εγκυρότητα και έξι απειλές για την εξωτερική εγκυρότητα. Η εσωτερική εγκυρότητα μιας έρευνας σχετίζεται με το κατά πόσον οι παρατηρούμενες διαφορές οφείλονται πράγματι στην πειραματική παρέμβαση, ενώ η εξωτερική εγκυρότητα σχετίζεται με το ερώτημα κατά πόσον μπορεί να γενικευθούν με αξιοπιστία τα ευρήματα της έρευνας στον ερευνητικό πληθυσμό.

4.7.2.1. Απειλές στην Εσωτερική Εγκυρότητα που περιορίστηκαν στην έρευνα μας

Από τις επτά γνωστές απειλές για την εσωτερική εγκυρότητα μιας έρευνας, ο ερευνητικός μας σχεδιασμός και η ειδική κατά περίσταση πρόνοια ήταν τέτοια, ώστε αντιμετωπίστηκαν εκ των προτέρων με επιτυχία τέσσερις από αυτές.

1. <u>Ιστορία</u>

Ιστορία ονομάζεται η απειλή της εσωτερικής εγκυρότητας που αναφέρεται σε γεγονότα πέρα των πειραματικών παρεμβάσεων που μπορεί να έχουν παρεμβληθεί μεταξύ των μετρήσεων O_1 και O_2 και στα οποία πιθανώς οφείλεται η παρατηρούμενη διαφορά O_2–O_1. Προκειμένου να αντιμετωπίσουμε αυτή την απειλή λάβαμε 3 μέτρα κατά τον σχεδιασμό του δικού μας πειραματικού σχεδίου.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Το πρώτο αφορά στο ίδιο το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε μεταξύ των δύο μετρήσεων O_1 και O_2. Το χρονικό αυτό διάστημα ήταν το ελάχιστο δυνατό που επέτρεπε την διεξαγωγή της πειραματικής παρέμβασης και κυμάνθηκε κατά μέσο όρο σε χρόνο μίας έως δύο εβδομάδων. Ο χρόνος αυτός είναι τόσο μικρός που το ενδεχόμενο να συνέβησαν γεγονότα που να επηρέασαν την πειραματική μας ομάδα ως προς τις μετρούμενες μεταβλητές είναι μάλλον απομακρυσμένο.

Το δεύτερο μέτρο αντιμετώπισης της απειλής «Ιστορία» σχετίζεται με την επιλογή του δείγματος που χρησιμοποιήσαμε. Συγκεκριμένα, η επιλογή τριτοετών φοιτητών του Π.Τ.Δ.Ε. έγινε καθώς στο τρίτο έτος σπουδών οι φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε. δεν διδάσκονται κάποιο μάθημα στα Μαθηματικά ή στη Φυσική το οποίο θα μπορούσε πραγματικά να δράσει ως ανεξέλεγκτος παράγοντας.

Το τρίτο μέτρο για την αποφυγή της απειλής «Ιστορία» ήταν η οδηγία που δώσαμε στους συμμετέχοντες στην έρευνα μας φοιτητές να μην συμβουλευτούν κανένα βιβλίο και κανέναν γνωστό ή φίλο σχετικά με τις έννοιες που θα τους απασχολούσαν κατά τη διάρκεια των εργαστηριακών μαθημάτων. Τους διαβεβαιώσαμε πως κάθε απορία τους θα λυνόταν μετά το πέρας της πειραματικής παρέμβαση καθώς και θα απαντούνταν όλα τα ερωτήματα των δραστηριοτήτων εφόσον το επιθυμούσαν. Επίσης, τους καταστήσαμε σαφές πως δεν μας ενδιέφερε η επίδοση τους στις δραστηριότητες παρά μόνο ο τρόπος σκέψης τους, ώστε να τους αποθαρρύνουμε περαιτέρω να συμβουλευτούν κάποιο βιβλίο για τις έννοιες που πραγματεύεται η έρευνα μας.

2. <u>Ωρίμανση</u>

Το πρόβλημα της ωρίμανσης αναφέρεται στις μεταβολές που μπορεί να συμβούν στα ίδια τα υποκείμενα της έρευνας λόγω της ωρίμανσης τους ως άτομα. Το πρόβλημα της ωρίμανσης εμφανίζεται σημαντικό μόνο στις μακροχρόνιες μελέτες και έτσι είναι φυσιολογικό να μην υφίσταται στον δικό μας σχεδιασμό που ήταν ένα σύντομο χρονικά εργαστηριακό πείραμα.

3. <u>Επιλογή</u>

Η επιλογή είναι η μεγαλύτερη απειλή της εσωτερικής εγκυρότητας για ερευνητικά σχέδια που χρησιμοποιούν πολλαπλές ερευνητικές ομάδες. Συνίσταται στις αποκλίσεις που είναι δυνατόν να υπάρξουν ως αποτέλεσμα των διαφορών στην

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

επιλογή των διαφορετικών ομάδων. Η απειλή της «επιλογής» εξ ορισμού δεν υφίσταται στον προ-πειραματικό σχεδιασμό που χρησιμοποιήσαμε στην δική μας έρευνα.

4. Πειραματική θνησιμότητα

Η απώλεια υποκειμένων στην πορεία της έρευνας ονομάζεται πειραματική θνησιμότητα. Αποτελεί απειλή για την εσωτερική εγκυρότητα μιας έρευνας καθώς ο τελικός αριθμός υποκειμένων πιθανόν διαφέρει σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά από τα υποκείμενα που αποχώρησαν, και έτσι χάνεται η τυχαιότητα που είχε τηρηθεί στον τρόπο επιλογής του αρχικού δείγματος. Στα πλαίσια της δικής μας έρευνας φροντίσαμε ιδιαιτέρως για την πλήρη και σωστή ενημέρωση των υποκειμένων για τους σκοπούς, τους όρους διεξαγωγής και τη χρονική διάρκεια της ερευνητικής διαδικασίας. Αποτέλεσμα των παραπάνω ενεργειών ήταν να μην παρουσιαστεί καθόλου το φαινόμενο της πειραματικής θνησιμότητας στην έρευνα μας, καθώς και οι 48 φοιτητές που προσήλθαν για συμμετοχή στην έρευνα μας συμμετείχαν ως τέλους.

4.7.2.2. Απειλές στην Εξωτερική Εγκυρότητα που περιορίστηκαν στην έρευνα μας

Από τις πέντε γνωστές απειλές για την εξωτερική εγκυρότητα μιας έρευνας για παιδαγωγικά θέματα, ο ερευνητικός μας σχεδιασμός και η ειδική κατά περίσταση πρόνοια ήταν τέτοια, ώστε αντιμετωπίστηκαν εκ των προτέρων με επιτυχία δύο από αυτές.

1. Αποτυχία σαφούς περιγραφής των ανεξάρτητων μεταβλητών

Αποτυχία για σαφή περιγραφή των ανεξάρτητων μεταβλητών της έρευνας, συνεπάγεται αδυναμία για ακριβή επανάληψη των πειραματικών συνθηκών στο μέλλον. Για το λόγο αυτό η συγκεκριμένη απειλή για την εξωτερική εγκυρότητα αντιμετωπίστηκε με τον έγκαιρο και πλήρη εννοιολογικό και λειτουργικό ορισμό της ανεξάρτητης μεταβλητής της έρευνας μας, την ανάλυση κίνησης από ψηφιακό βίντεο με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού και μέσα από συγκεκριμένες δραστηριότητες.

2. Ανεπαρκής λειτουργικός ορισμός των εξαρτημένων μεταβλητών

Ο λειτουργικός ορισμός των εξαρτημένων μεταβλητών μιας έρευνας πρέπει να είναι τέτοιος ώστε αν χρησιμοποιηθεί εκτός των πλαισίων της έρευνας για να μετρήσει τις ίδιες μεταβλητές να υπάρχει η ίδια εγκυρότητα και αξιοπιστία. Χρησιμοποιώντας το ερωτηματολόγιο Hadjidemetriou (2002) που είναι ένα ερωτηματολόγιο αξιολόγησης σταθμισμένο και δοκιμασμένο σε έναν μεγάλο πληθυσμό, εξασφαλίζουμε τον επαρκή λειτουργικό ορισμό στο μεγαλύτερο βαθμό και για τις περισσότερες εξαρτημένες μεταβλητές της έρευνας μας. Η χρήση της μεθόδου της συνέντευξης που επίσης υπεισέρχεται στον λειτουργικό ορισμό των εξαρτημένων μεταβλητών εμπεριέχει μεγαλύτερο κίνδυνο για την εμφάνιση της συγκεκριμένης απειλής. Το γεγονός αυτό είναι φυσιολογικό, καθώς κάθε ποιοτική μελέτη πάσχει σε αυτό το ζήτημα. Παρόλα αυτά ο σχεδιασμός της συνέντευξης υπό τη μορφή δομημένης και όχι ελεύθερης συνέντευξης θέτει τους κατάλληλους περιορισμούς που αυξάνουν την εξωτερική εγκυρότητα της έρευνας. Επιπλέον, η διασταύρωση των ευρημάτων των συνεντεύξεων με τα ευρήματα του ερωτηματολογίου για τις ίδιες μεταβλητές απομακρύνει ακόμη περισσότερο την απειλή της μειωμένης εξωτερικής εγκυρότητας από ανεπαρκή λειτουργικό ορισμό των εξαρτημένων μεταβλητών.

4.7.3. Επιλογή Μέσων Συλλογής Δεδομένων

Παρουσιάζουμε σε αυτό το σημείο και πριν από τα ίδια τα μέσα συλλογής ερευνητικών δεδομένων τον προβληματισμό που οδήγησε στην επιλογή τους, που προσδιορίζεται καταρχήν από τους σκοπούς της εκάστοτε έρευνας και τον γενικότερο ερευνητικό σχεδιασμό. Οι σκοποί της κάθε έρευνας καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το αν η μελέτη πρέπει να έχει ποσοτικό ή ποιοτικό χαρακτήρα ή αν θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποια πολυμεθοδολογική προσέγγιση. Οι ποσοτικές μελέτες έχουν ως κύριο στόχο την αναζήτηση ουσιωδών αιτίων, την πρόβλεψη και την γενίκευση των ευρημάτων τους ενώ οι ποιοτικές έρευνες στοχεύουν στην αποσαφήνιση, στην κατανόηση και στην εξαγωγή συμπερασμάτων για παρόμοιες καταστάσεις (Hoepfl, 1997).

Η δική μας έρευνα στοχεύει στην διερεύνηση της επίδρασης μιας νέας μεθόδου διδασκαλίας και μάθησης στην κατανόηση συγκεκριμένων εννοιών υπό το πρίσμα της διεπιστημονικής προσέγγισης. Επιθυμούμε λοιπόν τα αποτελέσματα της μελέτης

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

αυτής να αποδεικνύουν ποια είναι η σχέση μεταξύ της προτεινόμενης νέας μεθόδου και της κατανόησης των συγκεκριμένων εννοιών, καθώς και να αναδεικνύουν και περιγράφουν με σαφήνεια τις «εκφράσεις» της πιθανής μεταβολής για τα υποκείμενα της έρευνας μας. Συντρέχουν επομένως λόγοι για την διεξαγωγή αυτής της μελέτης και με ποσοτικές αλλά και με ποιοτικές ερευνητικές μεθόδους. Οι ποσοτικές μέθοδοι επιτρέπουν αυξημένη αξιοπιστία λόγω της στατιστικής ανάλυσης και εξαγωγής των αποτελεσμάτων με μαθηματικές μεθόδους. Επίσης, επιτρέπουν τη γενίκευση των αποτελεσμάτων στον ερευνητικό πληθυσμό, κάτι που είναι δύσκολο να γίνει με ποιοτικές μεθόδους. Συμπληρωματικά, η ποιοτική ερευνητική οδός παρέχει την δυνατότητα για μελέτη σε βάθος σύνθετων και πολύπλοκων εννοιών, όπως αυτές που πραγματεύεται η έρευνα μας, που είναι δύσκολο να αποκαλυφθούν με ποσοτικές μεθόδους (Strauss and Corbin, 1990, p.19). Ένας επιπλέον λόγος για την επιλογή της συλλογής δεδομένων με ποιοτικές μεθόδους πέρα από τις ποσοτικές ήταν τα διφορούμενα ή/και αντικρουόμενα αποτελέσματα προηγούμενων σχετικών ερευνών που είχαν πραγματοποιηθεί σχετικά με τα VBL και είχαν χρησιμοποιήσει αποκλειστικά ποσοτικές μεθόδους (Brungardt & Zollman, 1995, Φανίδης και Πύρζα, 2000).

Ο συνδυασμός της ποσοτικής και της ποιοτικής μεθόδου διερεύνησης του ίδιο θέματος μας παρέχει το πολύ σημαντικό πλεονέκτημα της μεθοδολογικής τριγωνοποίησης. Σύμφωνα με τους Cohen και Manion (1994), η χρήση πολλαπλών μεθόδων (αυτό που ονομάζεται πολύ-μεθοδική προσέγγιση) έρχεται σε αντίθεση με την κυρίαρχη αλλά γενικά περισσότερο τρωτή μόνο-μεθοδική προσέγγιση, η οποία χαρακτηρίζει τις περισσότερες έρευνες στις κοινωνικές επιστήμες. Το κυριότερο πλεονέκτημα της πολύ-μεθοδικής προσέγγισης σύμφωνα με τους Cohen και Manion (1994) αφορά την υπεροχή της πολύ-μεθοδικής έναντι του σημαντικότερου μειονεκτήματος της μόνο-μεθοδικής προσέγγισης: Η αποκλειστική εμπιστοσύνη σε μία μέθοδο μπορεί να επηρεάσει ή να παραποιήσει την εικόνα που αποκτά ο ερευνητής και έτσι δεν μπορούμε να είμαστε σίγουρη αν τα αποτελέσματα που προέκυψαν δεν είναι απλώς αποτελέσματα μιας συγκεκριμένης συλλεκτικής μεθόδου. Η βεβαιότητα μπορεί να επιτευχθεί μόνον όταν διάφορες μέθοδοι συλλογής στοιχείων παράγουν ουσιαστικά τα ίδια αποτελέσματα. Επιπλέον όσο περισσότερο διαφέρουν οι μέθοδοι μεταξύ τους τόσο μεγαλύτερη μπορεί να είναι η βεβαιότητα του ερευνητή. Για τους σκοπούς της ποσοτικής μελέτης αποφασίσαμε να χρησιμοποιήσουμε ένα

ερωτηματολόγιο αξιολόγησης, ενώ για τους σκοπούς της ποιοτικής πλευράς της μελέτης αποφασίσαμε να διεξάγουμε ερευνητικές συνεντεύξεις.

Το ερωτηματολόγιο αξιολόγησης αποτελεί ένα από τα συνηθέστερα μέσα συλλογής δεδομένων στις έρευνες των κοινωνικών επιστημών. Το μεγάλο του πλεονέκτημα είναι ότι επιτρέπει την ποσοτικοποίηση στις μετρήσεις και έτσι την μετέπειτα ανάλυση τους με στατιστικές μεθόδους. Οι ερευνητικές υποθέσεις ελέγχονται κατά αυτό τον τρόπο ώστε να αξιολογηθούν ως στατιστικά ορθές ή λανθασμένες. Μάλιστα, όταν χρησιμοποιείται ένα έτοιμο ερωτηματολόγιο (όπως στην περίπτωση της δικής μας έρευνας) ο ερευνητής έχει επιπλέον την σιγουριά που προσφέρουν οι έως τότε δοκιμές του σε άλλες έρευνες, όσον αφορά την αξιοπιστία και εγκυρότητα του. Τα αποτελέσματα ενός έτοιμου ερωτηματολογίου επομένως μπορούν να γενικευθούν στον ερευνητικό πληθυσμό με σχετικά αυξημένη βεβαιότητα.

Η ερευνητική συνέντευξη επιτρέπει να εξετάσουμε το ερευνητικό πρόβλημα σε μεγαλύτερο βάθος και να εξασφαλίσουμε μεγαλύτερο πλούτο πληροφοριών, καθώς οι άνθρωποι είναι περισσότερο πρόθυμοι να μιλούν, παρά να γράφουν (Παρασκευόπουλος, 1993). Η πρόνοια που λάβαμε για ζητήματα όπως ο χρόνος και ο τόπος διεξαγωγής των συνεντεύξεων, η δημιουργία φιλικής και άνετης ατμόσφαιρας και η ενθάρρυνση της επικοινωνίας, συμβάλει στην επιτυχία της διεξαγωγής των συνεντεύξεων. Περισσότερες λεπτομέρειες για τα μέσα συλλογής δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν ακολουθούν στην επόμενη ενότητα αυτού του κεφαλαίου.

4.8. Μέσα Συλλογής των Δεδομένων

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται τα μέσα συλλογής των ερευνητικών δεδομένων. Οι μετρήσεις δηλαδή που στον ερευνητικό σχεδιασμό (ενότητα 4.7) αναφέρθηκαν ως O_1 και O_2. Αναλύεται το σκεπτικό και η σκοπιμότητα επιλογής των συγκεκριμένων μέσων καθώς και ο τρόπος με τον οποίο θα χρησιμεύσουν για τους σκοπούς της δικής μας έρευνας.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

4.8.1. Ερωτηματολόγιο Αξιολόγησης

Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυτό της Hadjidemetriou (2002) καθώς κρίθηκε ως το καταλληλότερο για τους σκοπούς της έρευνας μας και επιπλέον ήταν το μοναδικό ερωτηματολόγιο για την κατανόηση γραφικών παραστάσεων όχι σε εξειδικευμένα πλαίσια αλλά σε γενικά. Επιπλέον, το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο ήταν σταθμισμένο και ελεγμένο ως προς την αξιοπιστία του. Σκοπός αυτού του ερωτηματολογίου είναι η αξιολόγηση της κατανόησης γραφικών παραστάσεων από μαθητές και ο σχεδιασμός του ήταν τέτοιος ώστε να αποκαλύπτονται οι εναλλακτικές αντιλήψεις που οι μαθητές πιθανόν έχουν. Η κατασκευή του συγκεκριμένου ερωτηματολόγιου αποτέλεσε την διδακτορική έρευνα της Hadjidemetriou, η οποία στηρίχθηκε στην εξαντλητική μελέτη όλης της σχετικής βιβλιογραφίας για την κατανόηση γραφικών παραστάσεων και για τις συνηθισμένες εναλλακτικές αντιλήψεις που εμφανίζουν οι μαθητές κατά την μελέτη τους. Κάποια από τα ερωτήματα που περιέχει προέρχονται αυτούσια από τη διεθνή βιβλιογραφία. Το γεγονός αυτό συμβάλλει στην αξιοπιστία του ερωτηματολογίου, καθώς αυτά τα ερωτήματα είναι αναγνωρισμένα και δοκιμασμένα ως προς τις έννοιες που εξετάζουν και τις εναλλακτικές αντιλήψεις που ανιχνεύουν. Άλλα ερωτήματα κατασκευάστηκαν από την ίδια την Hadjidemetriou. Το ερωτηματολόγιο δοκιμάστηκε, με επιτυχία, ως προς την εγκυρότητα και αξιοπιστία του σε δείγμα 425 μαθητών ηλικίας 14-15 ετών στη Μ. Βρετανία.

Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου αφορούν έννοιες σχετικές με συντεταγμένες, την κλίμακα των αξόνων, την έννοια του «ρυθμού μεταβολής», την κλίση γραφικής παράστασης, τόσο σε πλαισιωμένες όσο και σε αφηρημένες μορφές. Σε ένα μικρό βαθμό το ερωτηματολόγιο αξιολογεί και ικανότητες στην άλγεβρα και σε εξισώσεις. Όπως αναφέρει η Hadjidemetriou, οι παραπάνω έννοιες και ικανότητες παρουσιάζονται μέσα από διαφορετικού επιπέδου δυσκολίας ερωτήματα, έτσι ώστε να ενθαρρυνθούν οι μαθητές να σκεφτούν διαφορετικά από τις ήδη γνωστές τους τεχνικές (Hart, 1993). Επίσης, τμήματα του ερωτηματολογίου εξετάζουν την ικανότητα για μοντελοποίηση καταστάσεων σε γραφικές παραστάσεις και τη δυνατότητα μετάφρασης μιας λεκτικής αναπαράστασης σε γραφική παράσταση.

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από δύο μέρη, το Α Μέρος που περιλαμβάνει γραφικές παραστάσεις που αναφέρονται σε πλαισιωμένες, πραγματικές καταστάσεις και το Β Μέρος που περιλαμβάνει γραφικές παραστάσεις που αναφέρονται σε

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

αόριστα, αφηρημένα πλαίσια (καταμερισμός των ερωτήσεων ανά έννοια που εξετάζεται υπάρχει στο παράρτημα 4.10). Το κάθε μέρος έχει 14 ερωτήματα που αντιστοιχούν σε σκορ 25 βαθμούς για το κάθε μέρος. Έτσι, συνολικά το ερωτηματολόγιο έχει 28 ερωτήματα που αντιστοιχούν σε 50 βαθμούς σκορ. Από τα 28 ερωτήματα, τα 20 είναι κλειστού τύπου ενώ 8 είναι ανοικτού τύπου και απαιτούν ανάπτυξη και αιτιολόγηση της απάντησης. Σύμφωνα με την Hadjidemetriou, τα ανοικτού τύπου ερωτήματα είναι απαραίτητα, καθώς παρέχουν τη δυνατότητα για επανεξέταση των απόψεων του μαθητή και ταυτόχρονα αποκαλύπτουν τις διαφορετικές μεθόδους που μπορεί να ακολουθούνται για την αντιμετώπιση ενός προβλήματος για τον ερευνητή.

Λόγω αυτού του σχεδιασμού του, το ερωτηματολόγιο ταιριάζει πολύ καλά με τους σκοπούς της έρευνας μας, καθώς επιτρέπει την αξιολόγηση της κατανόησης και των ικανοτήτων στις γραφικές παραστάσεις συνολικά (συνολικό σκορ), σε πλαίσια πραγματικών καταστάσεων (σκορ Α Μέρους) και σε αόριστα – αφηρημένα πλαίσια (σκορ Β Μέρους). Προκειμένου να χρησιμοποιήσουμε το ερωτηματολόγιο για τους σκοπούς της δικής μας έρευνας, ήρθαμε σε επαφή με την Hadjidemetriou και πήραμε την άδεια της να το μεταφράσουμε και προσαρμόσουμε στην ελληνική πραγματικότητα (παράρτημα 4.11). Το ερωτηματολόγιο μεταφράστηκε και έγιναν περιορισμένες διορθωτικές επεμβάσεις έπειτα από συνεννόηση με την Hadjidemetriou. Αποφασίσαμε να διατηρήσουμε τους κωδικούς των ερωτήσεων στα αγγλικά για λόγους αναφοράς με άλλες έρευνες που χρησιμοποιούν ή πρόκειται να χρησιμοποιήσουν το ίδιο ερωτηματολόγιο. Η τελική μορφή του μεταφρασμένου ερωτηματολογίου, όπως χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα μας υπάρχει στο παράρτημα 4.12.

4.8.2. Συνεντεύξεις

Η αξιολόγηση της εννοιολογικής κατανόησης των φοιτητών για τις συγκεκριμένες έννοιες που εξετάζει η μελέτη μας, επέβαλλαν πέραν του ερωτηματολογίου, την διενέργεια συνεντεύξεων με τους φοιτητές. Στόχος ήταν να μελετηθεί εις βάθος ο τρόπος που κατανοούν τις συγκεκριμένες έννοιες της Φυσικής και των Μαθηματικών που πραγματεύεται αυτή η έρευνα, αλλά και να ερευνηθεί το

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

κατά πόσο και με ποιους τρόπους ευελπιστούμε να ενισχυθούν αυτές μέσα από τη διδασκαλία με το ψηφιακό βίντεο.

Οι συνεντεύξεις αυτές θα πρέπει να έχουν μια κάποια δομή και να μην είναι τελείως ανοιχτές. Σύμφωνα, όμως με την θεωρία για την διενέργεια ποιοτικών ερευνών, επειδή ο ερευνητής αναζητά την παρατήρηση και ερμηνεία εντός συγκεκριμένου πλαισίου, δεν είναι δυνατόν αλλά ούτε και επιθυμητό να οριστικοποιηθούν οι ερευνητικές στρατηγικές πριν την έναρξη της διαδικασίας συλλογής δεδομένων (Patton, 1990). Έτσι, ο κανόνας στην ποιοτική μελέτη είναι η διατύπωση γενικών ερωτημάτων που θα διερευνηθούν και γενικών σχεδίων για την συλλογή δεδομένων (Hopfl, 1997). Ακολουθώντας αυτόν τον κανόνα οι πρώτες μας συνεντεύξεις είχαν ημι-δομημένη μορφή και αποτέλεσαν τον οδηγό για τον σχεδιασμό της τελικής δομής των υπολοίπων συνεντεύξεων. Οι πρώτες αυτές συνεντεύξεις αν και παρέχουν σημαντικές πληροφορίες, όπως είναι φυσιολογικό στερούνται συγκρισιμότητας με τις υπόλοιπες[14]. Για αυτό το λόγο, δεν συμπεριληφθήκαν στα δεδομένα που αναλύθηκαν για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων της έρευνας μας.

Σχεδιάσθηκαν και πραγματοποιήθηκαν τέσσερις συνεντεύξεις με κάθε φοιτητή με σκοπό την συλλογή ερευνητικών δεδομένων που θα χρησίμευαν στην διερεύνηση των ερευνητικών υποθέσεων. Οι δύο πρώτες συνεντεύξεις είχαν τον ρόλο της μέτρησης προ της πειραματικής παρέμβασης, ενώ οι δύο τελευταίες αντίστοιχα είχαν τον ρόλο της μέτρησης μετά την πειραματική παρέμβαση. Παρουσιάζουμε σε αυτό το σημείο τη σκοπιμότητα και τη δομή της κάθε συνέντευξης.

4.8.2.1. 1η Συνέντευξη

Η πρώτη συνέντευξη δεν είχε τον κλασικό ρόλο ούτε την κλασική μορφή των ερωταποκρίσεων που έχουν οι ερευνητικές συνεντεύξεις. Είχε ρόλο επικουρικό στη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκε ως προ-τεστ. Συγκεκριμένα, κάθε ένας φοιτητής αρχικά συμπλήρωνε μόνος του και υπό την επίβλεψη του ερευνητή το ερωτηματολόγιο αξιολόγησης. Οι οδηγίες που δίνονταν στον φοιτητή ήταν να προσπαθεί να εκφράζει στον ερευνητή προφορικά τη σκέψη του καθώς αυτή διαμορφώνεται. Ο ερευνητής όπου το έκρινε σκόπιμο έκανε

[14] Οι οποίες είναι και πολυπληθέστερες.

διευκρινιστικές ερωτήσεις, πάντα με μεγάλη προσοχή ώστε να μην επηρεάζει τις απαντήσεις του φοιτητή. Η όλη συνάντηση μαγνητοφωνούνταν.

Οι σκοποί της 1ης συνέντευξης ήταν πολλαπλοί. Όσον αφορά τη συλλογή ερευνητικών δεδομένων, η προφορική διατύπωση των απαντήσεων των φοιτητών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου, παρείχε συνήθως πλουσιότερες πληροφορίες από ότι οι γραπτές απαντήσεις. Επέτρεπε έτσι την λεπτομερέστερη έκφραση των συνιστωσών που υπεισέρχονταν στην απάντηση της κάθε ερώτησης. Εκτός από την εθελούσια παροχή πληροφοριών, η συλλογή ερευνητικών δεδομένων προέκυπτε επίσης από την απάντηση των φοιτητών σε διευκρινιστικές ερωτήσεις που έθετε ο ερευνητής. Οι ερωτήσεις αυτές συνήθως αφορούσαν τον τρόπο προσέγγισης του κάθε ερωτήματος και τη στρατηγική λύσης που ακολουθούσαν οι φοιτητές, ενώ σε άλλες περιπτώσεις διατυπώνονταν για να αντιμετωπίσουν διφορούμενες ή μη σαφείς απαντήσεις.

Εκτός από τη συλλογή ερευνητικών δεδομένων, η 1η συνέντευξη είχε και άλλους σκοπούς που σχετίζονταν με την υλοποίηση της ερευνητικής διαδικασίας. Συγκεκριμένα, η παρακολούθηση από τον ερευνητή της συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου, εξασφάλιζε την ορθή συμπλήρωση του έτσι ώστε να μην υπάρχουν ερωτήσεις που η διατύπωση τους τεχνικά να στερεί τη μετέπειτα δυνατότητα επεξεργασίας και ανάλυσης τους. Με την παροχή της δυνατότητας στους φοιτητές να θέτουν διευκρινιστικές ερωτήσεις στον ερευνητή σχετικά με το ερωτηματολόγιο, αποφευχθήκαν πιθανές παρανοήσεις των ερωτήσεων ή οι παραλήψεις των απαντήσεων όταν το ερώτημα δεν ήταν επαρκώς κατανοητό. Επίσης, η παρουσία του ερευνητή και η γνώση του για τη δομή του ερωτηματολογίου, βοηθούσε τους φοιτητές στη διαχείριση του χρόνου που είχαν για τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου. Σημειώνουμε πως η μόνη βοήθεια που έδινε ο ερευνητής στους φοιτητές αφορούσε την διατύπωση των ερωτήσεων και τις οδηγίες συμπλήρωσης και δεν ήταν βοήθεια σε γνωστικό επίπεδο που θα επηρέαζε τον τρόπο που θα απαντούσαν οι φοιτητές.

Τέλος, η 1η συνέντευξη αποσκοπούσε στην δημιουργία του κατάλληλου κλίματος και συνθηκών για τη διεξαγωγή και των υπολοίπων συνεντεύξεων. Καθώς, ο κυρίως όγκος των δεδομένων των ερευνητικών συνεντεύξεων θα προέκυπτε από την 2η συνέντευξη, εκμεταλλευτήκαμε την ευκαιρία της 1ης αυτής συνέντευξης για την δημιουργία μιας άνετης και φιλικής ατμόσφαιρας που θα ενίσχυε την

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

συνεργατικότητα των φοιτητών και την εξοικείωση τους με τη διαδικασία και τα μέσα της ερευνητικής συνέντευξης. Επιπλέον, παρακολουθώντας τις απαντήσεις που έδιναν στο ερωτηματολόγιο, τόσο γραπτά όσο και προφορικά, κρατούσαμε πολύτιμες σημειώσεις που χρησίμευσαν τόσο στην μετέπειτα ανάλυση των δεδομένων όσο και στην προετοιμασία της $2^{ης}$ συνέντευξης με κάθε φοιτητή.

4.8.2.2. 2η Συνέντευξη

Η $2^{η}$ συνέντευξη χωρίζονταν σε τρία μέρη, τα οποία περιγράφονται παρακάτω.

1° Μέρος

Στο πρώτο μέρος γινόταν μια καλύτερη γνωριμία του ερευνητή με τον φοιτητή/τρια και ο ερευνητής ζητούσε κάποιες πληροφορίες από τον φοιτητή. Σκοπός ήταν η διατήρηση και ανάπτυξη του θετικού κλίματος μεταξύ ερευνητή και φοιτητή και η εισαγωγή στη διαδικασία των ερωτήσεων-αποκρίσεων που δεν ήταν τόσο έκδηλη στην $1^{η}$ συνέντευξη. Ιδιαίτερης χρησιμότητας ήταν πληροφορίες όπως η στάση απέναντι στις θετικές επιστήμες, το μορφωτικό επίπεδο και το επάγγελμα των γονέων (π.χ. εκπαιδευτικοί ή καθηγητές θετικών επιστημών). Τέτοιες πληροφορίες ήταν χρήσιμες στη διαμόρφωση της συνέχειας της διεξαγωγής των συνεντεύξεων καθώς και στην επισήμανση περιπτώσεων που θα έπρεπε να αποφευχθούν ή και να εξαιρεθούν μετέπειτα στη διαδικασία της ανάλυσης των δεδομένων.

2° Μέρος

Στο δεύτερο μέρος της συνέντευξης, ο ερευνητής έπαιρνε απαντήσεις σε ερωτήσεις που αφορούσαν τα ερωτηματολόγιο κατά δύο έννοιες. Πρώτον, όσον αφορά τις απαντήσεις που είχαν δώσει οι φοιτητές. Γινόταν διερεύνηση της στρατηγικής λύσης που είχαν επιλέξει και του τρόπου που είχαν κατανοήσει τις ερωτήσεις. Οι ερωτήσεις που γίνονταν σε αυτό το δεύτερο μέρος και αφορούσαν τα ερωτήματα του ερωτηματολογίου, ήταν ερωτήσεις τις οποίες είχε αποφύγει να κάνει ο ερευνητής στην πρώτη συνέντευξη προκειμένου να μην επηρεαστεί ο φοιτητής στις απαντήσεις του.

Οι υπόλοιπες ερωτήσεις εξέταζαν την κατανόηση των εννοιών που εμπλέκονται σε κάθε ερώτημα του ερωτηματολογίου αξιοποιώντας το εκάστοτε πλαίσιο που το ερωτηματολόγιο ήδη παρείχε και με το οποίο οι φοιτητές ήταν ήδη εξοικειωμένοι. Οι

ερωτήσεις που θέταμε εκμεταλλευόμενοι το έτοιμο και γνώριμο πλαίσιο της κάθε ερώτησης του ερωτηματολογίου είχαν σκοπό να διερευνηθούν οι έννοιες που αναφέρθηκαν κατά τον ορισμό των εξαρτημένων μεταβλητών της έρευνας μας και σχετίζονται με τη μελέτη γραφικών παραστάσεων. Οι ερωτήσεις που θέταμε αξιοποιούσαν κυρίως τα ερωτήματα του Α Μέρους του ερωτηματολογίου αξιολόγησης, καθώς το Β Μέρος δεν προσφερόταν λόγω του αφηρημένου πλαισίου διατύπωσης των ερωτήσεων. Συγκεκριμένα οι ερωτήσεις που θέταμε στους φοιτητές είχαν σκοπό να διερευνήσουμε την κατανόηση τους στα παρακάτω:

- Εύρεση συντεταγμένων.
- Εύρεση συντεταγμένων σε ασυνήθιστα συστήματα συντεταγμένων.
- Ερμηνεία συντεταγμένων σε πλαίσιο.
- Πράξεις που εμπλέκουν συντεταγμένες.
- Ερμηνεία κλίσης γραφικής παράστασης εντός πλαισίου.
- Ερμηνεία παράλληλων γραμμών ως ίδιας κλίσης.
- Ερμηνεία ίδιας κλίσης ως ίδια ταχύτητα.
- Σχεδιασμός γραφικής παράστασης με αρνητική κλίση.
- Εύρεση διαστήματος όπου η κλίση είναι μεγαλύτερη.
- Ερμηνεία της «ιστορίας» της γραφικής παράστασης.
- Σχεδιασμός γραφικής παράστασης μιας «ιστορίας».
- Σωστή ερμηνεία του y άξονα γραφικής παράστασης.
- Εύρεση της κλίμακας του συστήματος συντεταγμένων.
- Ερμηνεία ασυνέχειας.
- Κατανόηση γραφικών παραστάσεων με δύο καμπύλες.
- Σύγκριση ρυθμού μεταβολής δύο καμπύλων σε ένα διάστημα.

3° Μέρος

Στο τρίτο μέρος της συνέντευξης ο ερευνητής συζητούσε-ερωτούσε για μια σειρά εννοιών που αποτελούν τον συνδετικό κρίκο της διεπιστημονικής προσέγγισης στη

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

διδασκαλία των Μαθηματικών και της Φυσικής και είναι οι έννοιες που περιέχονται στις εξαρτημένες μεταβλητές της έρευνας μας.

Σκοπός ήταν να εξεταστεί η κατανόηση των φοιτητών στις παρακάτω έννοιες:

- Θέση.
- Ταχύτητα.
- Σχέση Θέσης – Ταχύτητας.
- Συστήματα Αξόνων, συντεταγμένων, αναφοράς.
- Χρόνος ως δυναμική και ανεξάρτητη μεταβλητή.
- Γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου – Αρνητική Ταχύτητα.
- Αλλαγή συστήματος αναφοράς και γραφικές παραστάσεις.

4.8.2.3. 3η Συνέντευξη

Η 3η συνέντευξη ήταν όμοια σε δομή, ύφος και περιεχόμενο με την 1η συνέντευξη, με τις προφανείς διαφοροποιήσεις όσον αφορά το ρόλο της στην δημιουργία θετικού κλίματος, καθώς αυτό είχε ήδη εδραιωθεί από την έως τότε ερευνητική διαδικασία. Ο ρόλος της μαζί με την 4η συνέντευξη που περιγράφεται στη συνέχεια ήταν η μέτρηση των εξαρτημένων μεταβλητών της έρευνας μας μετά την πειραματική παρέμβαση.

4.8.2.4. 4η Συνέντευξη

Η 4η συνέντευξη ήταν παρόμοια σε δομή και περιεχόμενο με την 2η. Μια διαφοροποίηση της 4ης από την 2η συνέντευξη αφορά την ύπαρξη ενός τελευταίου μέρους, η σκοπιμότητα και το περιεχόμενο του οποίου παρουσιάζεται παρακάτω.

1° Μέρος

Στο πρώτο μέρος της 4ης συνέντευξης οι φοιτητές ρωτιόνταν για το αν άλλαξαν τη στάση τους απέναντι στα Μαθηματικά, τη Φυσική και τις γραφικές παραστάσεις και αν νιώθουν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση στο να λύνουν προβλήματα. Σκοπός ήταν

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

να διαπιστώσουμε πιθανή μεταβολή στη στάση τους απέναντι στις θετικές επιστήμες που πιθανώς θα μας βοηθούσε να ερμηνεύσουμε τα ευρήματα μας.

2° Μέρος και 3° Μέρος

Το 2° και 3° μέρος ήταν σε όλα όμοια με τα αντίστοιχα μέρη της 2ης συνέντευξης και σκοπό είχαν την μέτρηση των εξαρτημένων μεταβλητών της έρευνας μας μετά την πειραματική παρέμβαση.

4° Μέρος

Επιπλέον των τριών μερών υπήρχε και ένα τέταρτο μέρος με ερωτήσεις σχετικές με τις εντυπώσεις τους από τη χρήση του λογισμικού, τα εργαστηριακά «μαθήματα», τη συνεργασία τους μεταξύ ζευγαριών και μια αυτοαξιολόγηση του συγκριτικά με το στάδιο που βρισκόταν πριν ξεκινήσει η έρευνα καθώς και τους λόγους που μεταβλήθηκε αυτό (όπου υπήρχε μεταβολή). Οι απαντήσεις αυτές θα βοηθούσαν πιθανώς στο να ερμηνευθούν καλύτερα τα ευρήματα μας.

4.9. Διαδικασίες Εκτέλεσης της Έρευνας και Συλλογής των Ερευνητικών Δεδομένων

Η πραγματοποίηση της πειραματικής παρέμβασης ξεκίνησε στις 20/2/03 και τελείωσε στις 28/5/03. Τα «μαθήματα» έγιναν στο Εργαστήριο Διδασκαλίας Μαθηματικών του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, το οποίο ήταν εξοπλισμένο με 10 υπολογιστές στους οποίους ήταν εγκατεστημένο το λογισμικό ανάλυσης κίνησης από ψηφιακό βίντεο VideoPoint. Οι φοιτητές εργάστηκαν σε δυάδες και χωρίστηκαν έτσι οι φοιτητές με τυχαίο τρόπο σε 3 ομάδες των 16 ατόμων.

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται με λεπτομέρεια οι συνθήκες της πειραματικής παρέμβασης, ο τρόπος συγκρότησης των εργαστηριακών ομάδων και η διαδικασία πειραματικού χειρισμού και χορήγησης των μέσω συλλογής των ερευνητικών δεδομένων. Επίσης περιγράφεται ο σχεδιασμός, το περιεχόμενο και η δομή των δραστηριοτήτων ανάλυσης κίνησης που χρησιμοποιήθηκαν και αποτέλεσαν την ραχοκοκαλιά για την εργασία των φοιτητών με τους Η/Υ συνιστώντας σε συνδυασμό με το VBL περιβάλλον, την ανεξάρτητη μεταβλητή μας.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

4.9.1. Συνθήκες Πειραματικής Παρέμβασης

Η πειραματική παρέμβαση έγινε υπό τη μορφή εργαστηριακών μαθημάτων που εντάχθηκαν στα πλαίσια εθελοντικής εργασίας στο μάθημα «Διδακτική των Μαθηματικών Ι» που οι φοιτητές παρακολουθούσαν σε εκείνο το εξάμηνο. Η διδακτέα ύλη του μαθήματος αυτού αφορά θέματα διδακτικής των Μαθηματικών. Τα μαθήματα γίνονταν στην αίθουσα του Εργαστηρίου Έρευνας στη Διδασκαλία των Μαθηματικών που είχε τον απαιτούμενο εξοπλισμό.

Συγκεκριμένα, στο εργαστήριο υπήρχαν 12 Η/Υ τεχνολογίας Pentium III στους οποίους είχε εγκατασταθεί το λογισμικό VideoPoint που θα χρησιμοποιούσαν οι φοιτητές για τις δραστηριότητες ανάλυσης κίνησης, καθώς και τα αντίστοιχα ψηφιακά βίντεο. Αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν από τους φοιτητές οι 10 από τους 12 υπολογιστές για λόγους χωροταξικής διάταξης του εργαστηρίου αλλά και για την δυνατότητα να λειτουργούν οι εναπομείναντες 2 Η/Υ ως λύση ανάγκης στην περίπτωση που παρουσιαζόταν τεχνικό πρόβλημα. Η διάταξη των Η/Υ στον χώρο του εργαστηρίου ήταν τέτοια, ώστε επέτρεπε την εργασία δύο φοιτητών ανά Η/Υ.

4.9.2. Συγκρότηση Εργαστηριακών Ομάδων

Η διαρρύθμιση του Εργαστηρίου Έρευνας στη Διδασκαλία των Μαθηματικών ήταν τέτοια που δεν επέτρεπε την εργασία και των 48 φοιτητών ταυτόχρονα. Έτσι, οι φοιτητές χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες και εργάστηκαν σε δυάδες. Οι τρεις ομάδες εργασίας προέκυψαν με τυχαίο τρόπο, ενώ ο σχηματισμός δυάδων ήταν ζήτημα επιλογής των ίδιων των φοιτητών. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, οι φοιτητές σχημάτισαν δυάδες με συμφοιτητές τους που γνώριζαν πριν την έρευνα μας ενώ σε λίγες περιπτώσεις σχηματιστήκαν δυάδες από φοιτητές που δεν γνωρίζονταν ως τότε.

Η εργασία σε δυάδες εκτός από τα πρακτικά οφέλη στο σχεδιασμό των εργαστηρίων, ακολουθεί το γενικότερο σχεδιασμό αυτής της έρευνας, καθώς εντάσσεται στα πλαίσια της δημιουργίας ενός ενεργού ρόλου για τους φοιτητές που θα πρέπει να εργαστούν ως πειραματιστές. Η συνεργασία σε δυάδες είναι καθιερωμένη πρακτική στην συντριπτική πλειοψηφία των εργαστηριακών μαθημάτων ανεξαρτήτως κλάδου σπουδών και η αξία της θεωρείται δεδομένη. Η ανάγκη να συνεργάζονται οι φοιτητές και να έχουν ενεργό ρόλο στην μάθηση των

Μαθηματικών και της Φυσικής τονίζεται άλλωστε και από τις Laws και Hastings (2002) σε μια πρόσφατη αναθεωρητική εργασία τους που συζητά την αναμόρφωση της Διδακτικής των Μαθηματικών και της Φυσικής.

4.9.3. Δραστηριότητες Εργαστηρίων

Σχεδιάστηκαν συνολικά οκτώ δραστηριότητες, από τις οποίες η μία είχε ρόλο επίδειξης του λογισμικού και μία ακόμη είχε ρόλο προσανατολιστικής δραστηριότητας για τους φοιτητές. Οι υπόλοιπες έξι ήταν οι δραστηριότητες με τις οποίες ασχολήθηκαν οι φοιτητές στα πλαίσια της έρευνας με σκοπό να βελτιώσουν την κατανόηση τους στις γραφικές παραστάσεις και στις έννοιες της κινηματικής.

Για τη δραστηριότητα επίδειξης, μοιράστηκε στους φοιτητές ένα δισέλιδο κείμενο (παράρτημα 4.2), στο οποίο φαινόταν η διάρθρωση της επίδειξης του λογισμικού VideoPoint που είχε προετοιμάσει και πραγματοποιούσε ο ερευνητής. Με τη χρήση ενός βιντεοπροβολέα συνδεδεμένο στον υπολογιστή του ερευνητή, οι φοιτητές είχαν τη δυνατότητα να εξοικειωθούν με το περιβάλλον εργασίας του λογισμικού VideoPoint και να παρακολουθήσουν πως διεξάγεται μια δραστηριότητα ανάλυσης κίνησης. Οι περιοχές που κάλυπτε η δραστηριότητα επίδειξης ήταν: Βασικές λειτουργίες, Περιβάλλον εργασίας, Συλλογή δεδομένων, Ορισμός κλίμακας, Δημιουργία και Επεξεργασία γραφικών παραστάσεων, και τέλος, Συστήματα αναφοράς.

Ακολουθώντας τις κατευθυντήριες γραμμές που έχει υποδείξει κατά το παρελθόν η έρευνα στη μάθηση με Η/Υ, χρησιμοποιήσαμε εκτός από την δραστηριότητα επίδειξης και μια προσανατολιστική δραστηριότητα (παράρτημα 4.3), η οποία ακολουθούσε τη δραστηριότητα επίδειξης και στην οποία έπρεπε οι φοιτητές να ακολουθήσουν τις γραπτές της οδηγίες για να αναλύσουν οι ίδιοι την κίνηση κάποιου σώματος. Οι Escalada κ.α (1996) τονίζουν πως οι προσανατολιστικές δραστηριότητες βοηθούν τους μαθητές στην ενσωμάτωση νέας γνώσης. Με τις δραστηριότητες αυτού του τύπου προσελκύεται η προσοχή των μαθητών, αυξάνονται τα κίνητρα για μάθηση, προιδεάζονται οι μαθητές για το τι θα μάθουν και παρέχεται καθοδήγηση, ώστε στη συνέχεια οι μαθητές να έχουν καλύτερο έλεγχο και πιο ενεργή συμμετοχή (Hannafin, 1984, Hannafin & Hughes, 1986). Επιπλέον, με τη χρήση της προσανατολιστικής δραστηριότητας, εξοικειώναμε τους φοιτητές με τον τρόπο που

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

θα έπρεπε να εργαστούν στις κυρίως δραστηριότητες, ακολουθώντας γραπτές οδηγίες για την εκτέλεση ενεργειών με συγκεκριμένη σειρά.

Οι υπόλοιπες έξι δραστηριότητες (παραρτήματα 4.4 – 4.9) είχαν σκοπό να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητες των VBL όπως αυτές έχουν αναλυθεί μέχρι τώρα σε αυτή τη διατριβή προκειμένου να ενισχύσουν την κατανόηση των γραφικών παραστάσεων και εννοιών της κινηματικής. Σε κάθε δραστηριότητα αντιστοιχούσε μία ταινία υπό μορφή ψηφιακού βίντεο. Οι πέντε από τις έξι ταινίες προέρχονταν από καθημερινές σκηνές και αφορούσαν μια καρέκλα που σπρώχνεται, μια σκηνή από άρση βαρών, ένα αυτοκίνητο που φρενάρει, δύο ασανσέρ, δύο αυτοκίνητα που κινούνται στην αντίθετη κατεύθυνση. Επιλέξαμε αυτές τις ταινίες στα πλαίσια αξιοποίησης της σύνδεσης που παρέχει το VBL περιβάλλον μεταξύ του πραγματικού κόσμου και των μαθηματικών του αναπαραστάσεων. Η τελευταία ταινία, αποτέλεσε εξαίρεση διότι έδειχνε μια σκηνή από εργαστήριο φυσικής με τρεις δρομείς (ονομάστηκαν τρενάκια, λόγω της ομοιότητας τους με βαγόνια τρένου) να κινούνται σε παράλληλες τροχιές. Η επιλογή αυτή έγινε διότι η συγκεκριμένη ταινία παρουσίαζε μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα και σύνθετη κίνηση με πολύ απλό τρόπο, ενώ δεν καταφέραμε παρά την εκτενή έρευνα να βρούμε αντίστοιχη καθημερινή κίνηση σε κάποιο βίντεο. Οι έξι αυτές δραστηριότητες είχαν τη μορφή φύλλων εργασίας με οδηγίες, ερωτήσεις και χώρο για απαντήσεις και ο κάθε φοιτητής έπρεπε να συμπληρώνει το δικό του φύλλο εργασίας, εκφράζοντας τις προσωπικές του απόψεις, ανεξαρτήτως της συζήτησης ή των απαντήσεων του συνεργάτη του.

Οι δραστηριότητες σχεδιάστηκαν αξιοποιώντας την μέθοδο POE (Predict-Observe-Explain) που συνίσταται στην Πρόβλεψη, Παρατήρηση και Εξήγηση φαινομένων με τη σειρά που αναφέρονται, και έχει αποδειχθεί πολύ επιτυχής για τέτοιου είδους δραστηριότητες. Όταν η παρατήρηση της κίνησης προηγηθεί της όποιας συζήτησης και θεωρίας γύρω από το φαινόμενο που υπαγορεύει τη συγκεκριμένη κίνηση, τότε οι μαθητές αποκτούν περισσότερα κίνητρα για μάθηση (Zollman and Fuller, 1994). Επιπλέον η μέθοδος POE επιτρέπει την εργασία σε μικρές ομάδες, προσφέρει αυξημένο έλεγχο και ενεργητικό ρόλο στους μαθητές και ενθαρρύνει τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις καθώς και τις προσωπικές αναθεωρήσεις εννοιών (Kearney & Treagust, 2001). Έτσι οι δραστηριότητες απέκτησαν τη μορφή φύλλων εργασίας που περιείχαν οδηγίες, ερωτήσεις και χώρο για απαντήσεις και έπρεπε να συμπληρωθούν με τη σειρά που παρουσιάζονταν. Η POE μέθοδος

αξιοποιούνταν ζητώντας από τους φοιτητές να παρατηρήσουν την κίνηση που μελετούν και να προσπαθήσουν να φανταστούν την αντίστοιχη γραφική παράσταση (π.χ. της θέσης ή της ταχύτητας συναρτήσει του χρόνου). Στη συνέχεια, με τη βοήθεια του λογισμικού οι φοιτητές δημιουργούσαν την ζητούμενη γραφική παράσταση και αναθεωρούσαν την αρχική τους άποψη προκειμένου να είναι σε συμφωνία με την πραγματική μορφή της γραφικής παράστασης, εξηγώντας ταυτόχρονα τις τυχόν διαφορές και το που οφείλονται. Οι οδηγίες και οι ερωτήσεις των δραστηριοτήτων σκόπευαν να προωθήσουν μια καλύτερη κατανόηση εννοιών της κινηματικής που υπεισέρχονται στη μελέτη κινήσεων σαν αυτές που χρησιμοποιήσαμε. Τέτοιες είναι οι έννοιες της θέσης, της απόστασης, της κλίμακας αποστάσεων, του χρόνου, της ταχύτητας, της επιτάχυνσης και των συστημάτων αναφοράς. Η καλύτερη κατανόηση θα προέκυπτε από τη συζήτηση μεταξύ δυάδων των φοιτητών για την χρήση τους στην περιγραφή της κίνησης που μελετούσαν μέσα από τις κατάλληλες ερωτήσεις των δραστηριοτήτων και χάρη στη δυνατότητα των πολλαπλών δυναμικών αναπαραστάσεων του VBL λογισμικού. Επίσης, όσον αφορά τις γραφικές παραστάσεις, πάλι μέσω κατάλληλων ερωτήσεων και των χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος VBL, επιδιώξαμε να βελτιώσουμε τις γνώσεις και ικανότητες που σχετίζονται με την κατανόηση γραφικών παραστάσεων και παρουσιάζονται στον πίνακα 4.1.

Συντεταγμένες μέσα στα συστήματα αξόνων των γραφικών παραστάσεων	• Εύρεση συντεταγμένων θέσης από σύστημα αναφοράς • Εύρεση συντεταγμένων αναφορικά με άξονες γρ. παρ. • Υπολογισμός κλίμακας αξόνων • Πράξεις με συντεταγμένες θέσης για υπολογισμό αποστάσεων
Κλίση	• Υπολογισμός κλίσης ευθείας γραμμής • Ερμηνεία της κλίσης εντός πλαισίου κίνησης • Ερμηνεία κλίσης x(t) ως ταχύτητα • Εύρεση διαστήματος μέγιστης κλίσης • Εύρεση διαστήματος σταθερού ρυθμού μεταβολής • Σύγκριση ρυθμού μεταβολής 2 καμπύλων σε διάστημα • Σύγκριση ρυθμού μεταβολής 2 καμπύλων σε σημείο
Γραφικές παραστάσεις γενικότερα	• Νοητή επέκταση καμπύλης (extrapolate) • Παρεμβολή καμπύλης (interpolate) • Ερμηνεία σημείου τομής της γρ. παρ. με τον y άξονα • Εργασία με δύο καμπύλες σε μία γραφική παράσταση • Μετάφραση αναπαράστασης βίντεο σε αναπαράσταση γρ. παρ. • Μετάφραση αναπαράστασης γρ. παρ. σε άλλη γρ. παρ.

Πίνακας 4. 1 - Έννοιες και Ικανότητες που περιέχονταν στις δραστηριότητες της έρευνας

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Κάθε μια από τις τρεις πρώτες δραστηριότητες με τίτλους «Η καρέκλα που σπρώχνεται», «Άρση Βαρών», «Αυτοκίνητο που σταματά», περιείχαν ένα μόνο κινούμενο σώμα, ώστε οι φοιτητές να εξοικειωθούν με απλούστερες μελέτες προτού προχωρήσουν στις πιο πολύπλοκες μελέτες για δύο σώματα, κυρίως για λόγους σταδιακής εξοικείωσης και εκμάθησης του λογισμικού.

	Καρέκλα	Άρση Βαρών	Αυτοκίνητο που σταματά	Τα ασανσέρ	Αντίθετα αυτοκίνητα	Τα τρενάκια
Εύρεση συντεταγμένων θέσης από σύστημα αναφοράς	•	•	•	•	•	•
Εύρεση συντεταγμένων αναφορικά με άξονες γραφικής παράστασης	•	•	•	•	•	•
Πράξεις με συντεταγμένες θέσης για υπολογισμό αποστάσεων	•	•	•	•	•	•
Μετάφραση αναπαράστασης βίντεο σε αναπαράσταση λεκτικής διατύπωσης	•	•	•	•	•	•
Μετάφραση αναπαράστασης βίντεο σε αναπαράσταση γρ. παρ. (νοερά)	•	•	•	•	•	•
Μετάφραση αναπαράστασης γρ. παρ. σε αναπαράσταση λεκτικής διατύπωσης	•	•		•	•	•
Μετάφραση αναπαράστασης γρ. παρ. σε αναπαράσταση άλλης γρ. παρ.			•			
Παρεμβολή (interpolate) σε γρ. παρ.				•		•
Επέκταση (extrapolate) γραφικής παράστασης					•	•
Ερμηνεία σημείου τομής γραφικής παράστασης με τον y άξονα	•	•	•	•	•	•
Υπολογισμός κλίσης ευθείας γραμμής			•	•	•	•
Ερμηνεία κλίσης γραφικής παράστασης στα πλαίσια της κίνησης	•	•	•	•	•	•
Εύρεση διαστήματος μεγαλύτερης κλίσης σε γραφική παράσταση	•	•				
Αναγνώριση διαστήματος σταθερού ρυθμού μεταβολής σε γραφική παράσταση				•	•	•
Σύγκριση ρυθμού μεταβολής δύο καμπύλων σε διάστημα στην ίδια γραφική παράσταση				•	•	
Σύγκριση ρυθμού μεταβολής δύο καμπύλων σε σημείο στην ίδια γραφική παράσταση				•	•	•
Εργασία με γραφικές παραστάσεις που περιέχουν περισσότερες από 1 καμπύλες				•	•	•
Επιπτώσεις παράλληλης μεταφοράς συστήματος αξόνων στις αναπαραστάσεις	•	•	•			
Επιπτώσεις στροφής συστήματος αξόνων στις αναπαραστάσεις			•			

Πίνακας 4. 2 - Επιμέρους στόχοι της κάθε δραστηριότητας

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

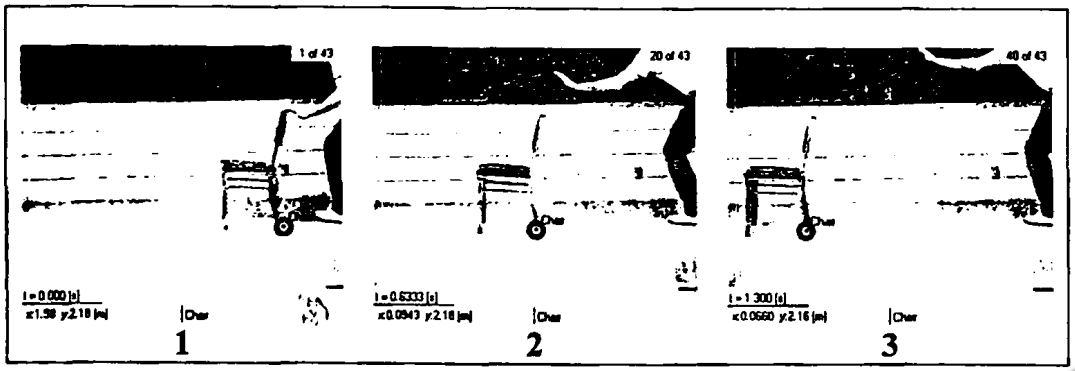
Οι τελευταίες τρεις δραστηριότητες με τίτλους «Τα ασανσέρ», «Αντίθετα κινούμενα αυτοκίνητα» και «Τα τρενάκια», περιείχαν δύο κινούμενα σώματα η κάθε μια. Αν και η δομή των δραστηριοτήτων ήταν παρόμοια, ο σχεδιασμός τους ήταν τέτοιος ώστε σε κάθε δραστηριότητα οι φοιτητές να καλούνται να χρησιμοποιήσουν στοιχεία και γνώσεις που στόχος ήταν να αποκτηθούν από τις προηγούμενες δραστηριότητες. Οι επιμέρους στόχοι που είχε η κάθε δραστηριότητα παρουσιάζονται στον πίνακα 4.2.

4.9.3.1. Περιγραφή και Περιεχόμενο των Δραστηριοτήτων

Ακολουθεί στη συνέχεια μια περιγραφή των δραστηριοτήτων ως προς το περιεχόμενο και τα ερωτήματα που έθεταν. Στις δύο πρώτες δραστηριότητες, σαν παράδειγμα, γίνεται μια σχετικά εκτενής αναφορά όσον αφορά το περιεχόμενο τους, ενώ για τις τέσσερις τελευταίες η περιγραφή είναι πιο συνοπτική (ο αναγνώστης παραπέμπεται στα παραρτήματα 4.4 – 4.9 για περισσότερες λεπτομέρειες), καθώς οι έννοιες και ικανότητες που διαπραγματεύονται είναι σε μεγάλο βαθμό ίδιες, αλλά σε διαφορετικά πλαίσια, για διαφορετικές κινήσεις και για διαφορετικό βαθμό δυσκολίας.

<u>Δραστηριότητα 1η - Η καρέκλα που σπρώχνεται</u>

Στην δραστηριότητα αυτή οι φοιτητές έπρεπε να μελετήσουν την κίνηση που εκτελεί μία καρέκλα που σπρώχνεται σε οριζόντιο επίπεδο από το χέρι ενός ανθρώπου. Τρία στιγμιότυπα της κίνησης φαίνονται στην εικόνα 4.1.



Εικόνα 4. 1 - Στιγμιότυπα από την κίνηση της δραστηριότητας "Καρέκλα"

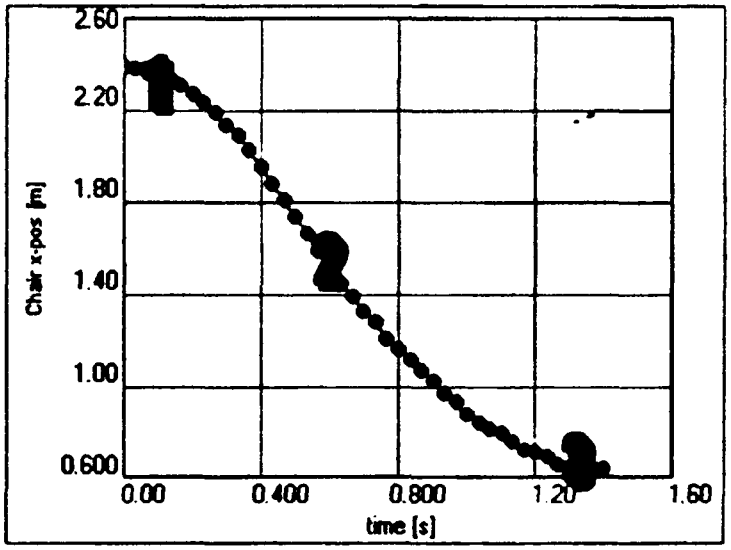
Στο 1° στιγμιότυπο φαίνεται το χέρι του ανθρώπου που σπρώχνει την καρέκλα, στο 2° στιγμιότυπο φαίνεται η καρέκλα να κινείται χωρίς πλέον να δέχεται δύναμη

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

από τον άνθρωπο, και στο 3° στιγμιότυπο φαίνεται η καρέκλα καθώς σταματά λόγω των τριβών που της ασκούνται από το δάπεδο.

Αυτό το βίντεο επιλέχθηκε για την πρώτη δραστηριότητα καθώς περιέχει μια απλή κίνηση, εύκολα παρατηρήσιμη στην καθημερινότητα και αφορά ένα μόνο αντικείμενο που εκτελεί μονοδιάστατη κίνηση. Έτσι, οι φοιτητές στην πρώτη τους δραστηριότητα δεν θα συναντούσαν δυσκολίες στο χειρισμό του λογισμικού, ενώ αν είχε επιλεγεί μια πιο σύνθετη κίνηση πιθανόν οι φοιτητές να αποθαρρύνονταν για τη μελλοντική χρήση του λογισμικού.

Η γραφική παράσταση που μελέτησαν οι φοιτητές σε αυτή τη δραστηριότητα ήταν η x(t), δηλαδή η συνιστώσα x της θέσης της καρέκλας[15] συναρτήσει του χρόνου, η οποία φαίνεται στην εικόνα 4.2.



Εικόνα 4. 2 - Γραφική Παράσταση x(t) για την δραστηριότητα "Καρέκλα"

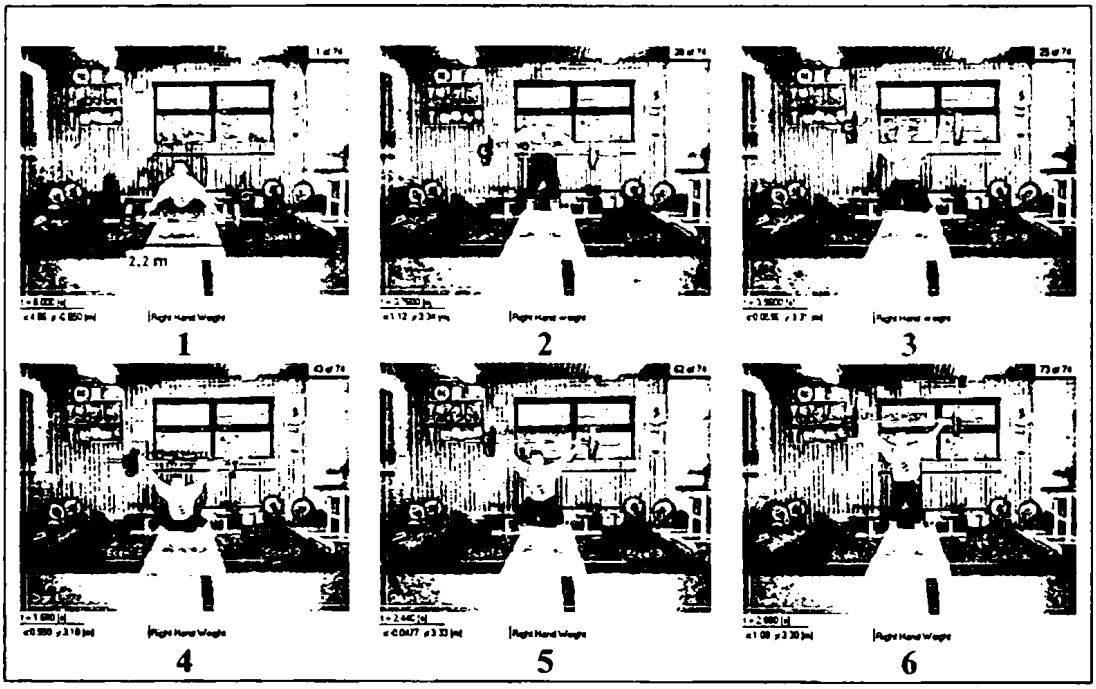
Στην εικόνα 4.2, έχουν σημειωθεί με 1, 2, 3, οι περιοχές της γραφικής παράστασης που αντιστοιχούν στα τρία στιγμιότυπα της κίνησης, όπως φαίνονται στην εικόνα 4.1. Παρατηρούμε πως μια φαινομενικά τόσο απλή κίνηση της καθημερινότητας αντιστοιχεί σε μια γραφική παράσταση στην οποία μπορούν να γίνουν πολλές ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις. Στην περιοχή 1 της γραφικής παράστασης παρατηρούμε την μικρή μεταβολή τιμών, η οποία γίνεται με γρηγορότερο ρυθμό στην περιοχή 2, για να επανέλθει σε μικρό ρυθμό μεταβολής στην περιοχή 3. Αυτή η μαθηματική αναπαράσταση της κίνησης όπως εκφράζεται από την γραφική παράσταση πρέπει να συνδεθεί από τους φοιτητές, μέσα από τις

[15] Όπως αυτή μετριέται στο σύστημα αναφοράς Origin1 (κάτω αριστερά με κίτρινο χρώμα) της εικόνας 4.1.

δραστηριότητες, με την πραγματική κίνηση που βλέπουν στο VBL λογισμικό. Έτσι, πρέπει να εξηγήσουν πως στην περιοχή 1 η θέση δεν μεταβάλλεται πολύ, καθώς ακόμα η καρέκλα δεν έχει αποκτήσει ταχύτητα. Πως στην περιοχή 2 της εικόνας 4.2 η ταχύτητα της καρέκλας είναι μέγιστη και για αυτό μεταβάλλεται τόσο γρήγορα η γραφική παράσταση της θέσης, ενώ στην περιοχή 3 της γραφικής παράστασης βλέπουμε την τιμή της θέσης να τείνει να σταθεροποιηθεί, καθώς η καρέκλα που επιβραδύνεται από το δάπεδο κατά την κίνηση της, φτάνει σε στάση.

Δραστηριότητα 2η - Άρση βαρών

Στην 2η δραστηριότητα οι φοιτητές μελετούσαν την κίνηση μιας μπάρας ενός αθλητή της άρσης βαρών. Η κίνηση του αθλητή είναι γνωστή στην άρση βαρών ως «αρασέ» και παρουσιάζεται σε έξι στιγμιότυπα στην εικόνα 4.3.



Εικόνα 4. 3 - Στιγμιότυπα της κίνησης της δραστηριότητας "Άρση Βαρών"

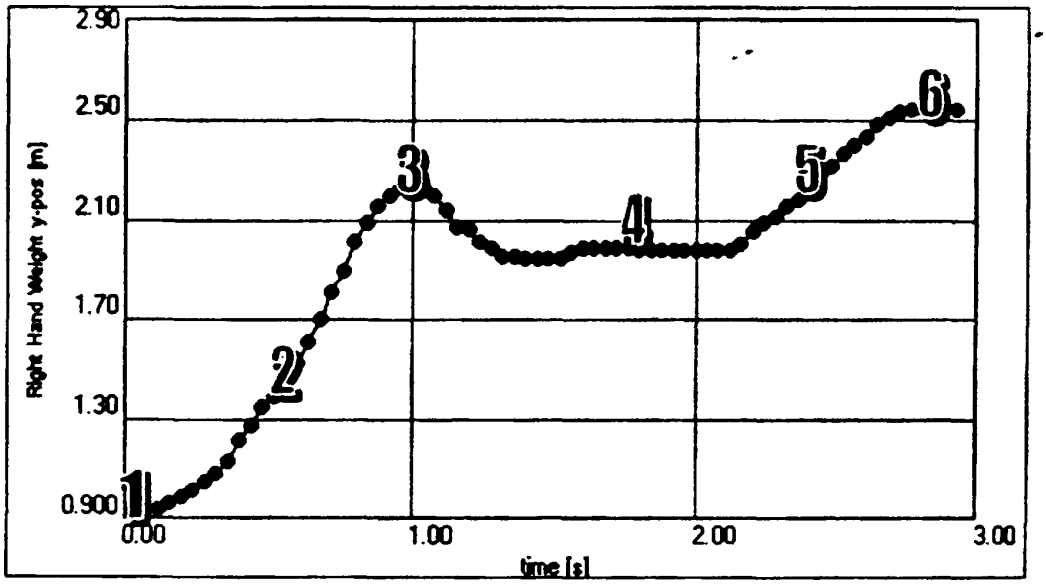
Η κίνηση που εκτελεί ο αθλητής με τη μπάρα όπως φαίνεται στα έξι στιγμιότυπα της εικόνας 4.3, έχει ως εξής:

1. Η μπάρα είναι στο έδαφος και ο αθλητής ετοιμάζεται να την σηκώσει.
2. Ο αθλητής σηκώνει την μπάρα.
3. Ο αθλητής φέρνει την μπάρα πάνω από το κεφάλι του και ετοιμάζεται να λυγίσει τα πόδια του σε πιο καθιστή θέση, ενώ οι καρποί του είναι κλειδωμένη στη μπάρα υποστηρίζοντας το βάρος.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

4. Ο αθλητής μένει ακίνητος σε αυτή τη θέση για σύντομο χρονικό διάστημα.
5. Με τα χέρια κλειδωμένα στη μπάρα ο αθλητής τεντώνει τα πόδια του για να σηκωθεί.
6. Ο αθλητής στέκεται όρθιος και με τεντωμένα τα χέρια, σηκώνοντας τη μπάρα με τα βάρη στο πιο ψηλό σημείο της διαδρομής της.

Η παραπάνω περιγραφή για την κίνηση δεν είναι αυτονόητη για τους φοιτητές και προκειμένου να την παρέχουν ως απάντηση της σχετικής ερώτησης αυτής της δραστηριότητας πρέπει να μελετήσουν καλά, για αρκετή ώρα και με αρκετούς τρόπους την κίνηση του αθλητή και της μπάρας μέσα από το περιβάλλον του VBL. Το ίδιο φυσικά ισχύει, και σε μεγαλύτερο βαθμό μάλιστα, για την δυσκολία πρόβλεψης, αλλά και μετέπειτα ερμηνείας της γραφικής παράστασης για την κατακόρυφη συνιστώσα της θέσης της μπάρας συναρτήσει του χρόνου, y(t), η οποία φαίνεται στην εικόνα 4.4.



Εικόνα 4. 4 - Γραφική Παράσταση y(t) για τη δραστηριότητα "Άρση Βαρών"

Η συγκεκριμένη δραστηριότητα αν και περιέχει μια κίνηση ενός μόνο σώματος σε μία διάσταση, προσφέρει τη δυνατότητα για σύνθετη μελέτη πολλών εννοιών και γραφικών παραστάσεων. Ενδεικτικά αναφέρουμε τα παρακάτω σημεία.

Οι φοιτητές έπρεπε να συνειδητοποιήσουν και να διαχωρίσουν την έννοια «ύψος» από την έννοια «κατακόρυφη συνιστώσα της θέσης», καθώς τα δύο δεν συμπίπτουν[16]. Η ανακάλυψη αυτή για τους φοιτητές, αν δεν γινόταν «εγκαίρως» κατά την περιγραφή της κίνησης, θα έπρεπε να γίνει στη συνέχεια όταν μελετούσαν τη

[16] Ο οριζόντιος άξονας του συστήματος αναφοράς βρίσκεται πιο «χαμηλά» από την αρχική θέση της μπάρας.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

γραφική παράσταση της εικόνας 4.4 και έπρεπε να δικαιολογήσουν γιατί η γραφική παράσταση δεν περνά από το (0,0), ενώ η μπάρα αρχικά ακουμπά στο έδαφος.

Άλλη χρήσιμη μελέτη για τη συγκεκριμένη κίνηση ήταν αυτή της γραφικής παράστασης x(t), δηλαδή της οριζόντιας συνιστώσας της θέσης της μπάρας συναρτήσει του χρόνου. Καθώς, η μπάρα δεν κινείται κατά την οριζόντια διεύθυνση η γραφική παράσταση αυτή πρέπει να βγει σταθερή. Η πρόβλεψη αυτή όμως, όπως ζητείται από την μέθοδο POE, δεν είναι αυτονόητη ή προφανής προκαλώντας έτσι γόνιμη συζήτηση και προβληματισμό μεταξύ των φοιτητών. Ακόμη και μετά τη δημιουργία της γραφικής παράστασης, οι φοιτητές παρατηρούν ότι αυτή δεν είναι τελείως σταθερή, αλλά έχει μικρές διακυμάνσεις, τις οποίες πρέπει να αιτιολογήσουν εξαιτίας της ανυπαρξίας απόλυτης σταθερότητας στην κίνηση του αθλητή, αλλά και εξαιτίας ενδεχομένως των πειραματικών σφαλμάτων κατά τη διαδικασία συλλογής δεδομένων από τους φοιτητές.

Επανερχόμενοι στη γραφική παράσταση y(t) της εικόνας 4.4, τα ερωτήματα που τέθηκαν στο φύλλο εργασίας αφορούσαν την διατύπωση παρατηρήσεων για την μεταβολή των τιμών, αναγκάζοντας τους φοιτητές να συνδέσουν την περιγραφή αυτή με την κίνηση που παρατηρούσαν. Μεταξύ άλλων, πολλά ερωτήματα αφορούσαν την κλίση της γραφικής παράστασης, ζητώντας από τους φοιτητές να περιγράψουν τη μεταβολή της κατά διαστήματα, σε ποια σημεία η κλίση είναι σταθερή, σε ποια μεγαλύτερη ή μικρότερη και τι ερμηνεία αποκτά η κλίση αναφορικά με την κίνηση της μπάρας.

Δραστηριότητα 3η - Αυτοκίνητο που σταματά

Στην τρίτη δραστηριότητα οι φοιτητές έπρεπε να μελετήσουν την κίνηση ενός αυτοκινήτου που ενώ κινείται, φρενάρει μέχρι να ακινητοποιηθεί (εικόνα 4.5).

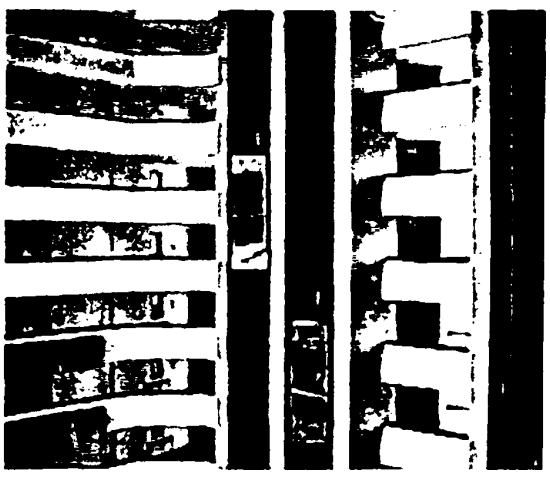
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Εικόνα 4. 5 - Στιγμιότυπο από την ταινία της 3ης δραστηριότητας

Στα ενδιαφέροντα σημεία αυτής της κίνησης είναι το γεγονός πως το αυτοκίνητο κινείται από τα δεξιά προς τα αριστερά, δηλαδή κατά την αρνητική φορά του συστήματος αναφοράς που χρησιμοποιεί (αν δεν υπάρξει παρέμβαση του χρήστη) το VidePoint. Ως αποτέλεσμα η γραφική παράσταση x(t), έχει αρνητική κλίση και στην γραφική παράσταση της ταχύτητας κατά την οριζόντια διεύθυνση $υ_x(t)$, οι φοιτητές παρατηρούν αρνητικές τιμές για την ταχύτητα, τις οποίες πρέπει να ερμηνεύσουν στα πλαίσια της κίνησης.

Δραστηριότητα 4η - Τα ασανσέρ

Αυτή ήταν η πρώτη δραστηριότητα στην οποία οι φοιτητές έπρεπε να αναλύσουν την ταυτόχρονη κίνηση δύο κινούμενων σωμάτων. Συγκεκριμένα, έπρεπε να συλλέξουν τα δεδομένα και να φτιάξουν γραφικές παραστάσεις για την θέση και την ταχύτητα δύο αντίθετα κινούμενων ασανσέρ (εικόνα 4.6). Η δραστηριότητα αυτή είχε αυξημένο ενδιαφέρον καθώς στην ίδια γραφική παράσταση οι φοιτητές δημιουργούσαν και μελετούσαν τις καμπύλες που αφορούσαν ταυτόχρονα και τα δύο σώματα.

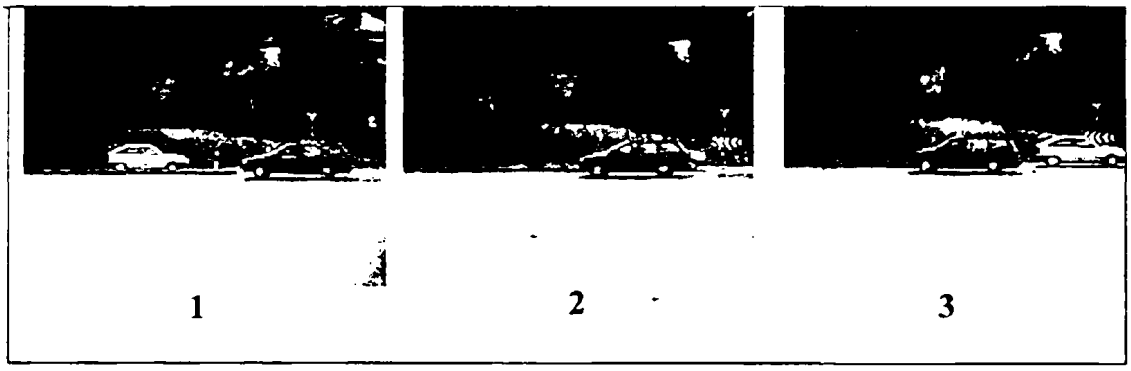


Εικόνα 4. 6 - Στιγμιότυπο από την ταινία της 4ης δραστηριότητας

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Δραστηριότητα 5η - Αντίθετα κινούμενα αυτοκίνητα

Η δραστηριότητα αυτή έμοιαζε με την προηγούμενη της υπό την έννοια ότι μελετά την κίνηση δύο αντίθετα κινούμενων σωμάτων. Η διαφοροποίηση της από την κίνηση της 4ης δραστηριότητας έγκειται στο γεγονός ότι τώρα η κίνηση γίνεται στην οριζόντια και όχι στην κατακόρυφη διεύθυνση. Η κίνηση αυτή παρότι όμοια με αυτή της 4ης δραστηριότητας επιλέχθηκε μεταξύ άλλων διότι απαιτούσε ανώτερου επίπεδου κατανόηση και χρήση του VBL περιβάλλοντος, την οποία επιθυμούσαμε να εξετάσουμε. Ο λόγος είναι πως για κάποια καρέ της κίνησης, το ένα αυτοκίνητο καλύπτει το άλλο, καθώς η αναπαράσταση της κίνησης στο βίντεο είναι δυσδιάστατη. Η παραπάνω πρόταση γίνεται καλύτερα αντιληπτή από τα τρία στιγμιότυπα της κίνησης που φαίνονται στην εικόνα 4.7.



Εικόνα 4. 7 - Στιγμιότυπα της κίνησης της δραστηριότητας "Αντίθετα κινούμενα αυτοκίνητα"

Στο πρώτο στιγμιότυπο βλέπουμε τα δύο αυτοκίνητα στην αρχή της κίνησης, το άσπρο κινείται προς τα δεξιά, ενώ το μαύρο προς τα αριστερά. Για εκείνα τα καρέ της κίνησης που το μαύρο αυτοκίνητο βρισκόταν μπροστά από το άσπρο (όπως για παράδειγμα αυτό που αντιστοιχεί στο στιγμιότυπο 2), οι φοιτητές έπρεπε κατά τη διαδικασία συλλογής των δεδομένων να κάνουν κλικ στο μαύρο αυτοκίνητο, ενώ στην πραγματικότητα σημάδευαν το άσπρο για να συλλέξουν τις συντεταγμένες του. Προκειμένου να κατορθώσουν να φέρουν σε πέρας αυτή τη διαδικασία, έπρεπε να είχαν αποκτήσει μια καλή κατανόηση του τρόπου με τον οποίο διεξάγεται η ανάλυση της κίνησης στα VBL και η διερεύνηση αυτής της υπόθεσης ήταν και η σκοπιμότητα της επιλογής αυτής της ταινίας.

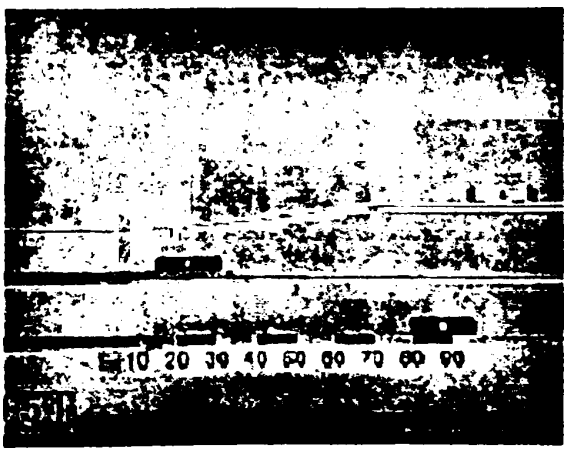
Στο περιβάλλον των VBL οι φοιτητές μελετούν την κίνηση στερεών σωμάτων και όχι υλικών σημείων. Έτσι, έρχονται για πρώτη φορά αντιμέτωποι με την απόπειρα απόδοσης συντεταγμένων σε σώματα και όχι σημεία. Αναγκάζονται λοιπόν, μέσα από

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

τις δραστηριότητες να ανακαλύψουν πως αν δεν σημαδεύουν σε κάθε καρέ της ταινίας το ίδιο σημείο του στερεού σώματος, εν προκειμένω του αυτοκινήτου, τότε οι μετρήσεις τους θα οδηγήσουν σε λανθασμένη πορεία ανάλυσης στη συνέχεια. Έτσι, για τη συγκεκριμένη δραστηριότητα έπρεπε να επιλέξουν ένα τέτοιο σταθερό σημείο στο άσπρο αυτοκίνητο που σε συνδυασμό με μια καλή κατανόηση του ρυθμού μεταβολής της θέσης, θα τους επέτρεπε να σημαδεύουν τη θέση του άσπρου αυτοκινήτου, την ώρα που το αποκρύπτει το μαύρο αυτοκίνητο.

Δραστηριότητα 6η - Τα τρενάκια

Η 6η και τελευταία δραστηριότητα ήταν η μόνη που περιείχε ένα βίντεο με μη καθημερινή σκηνή κίνησης. Το βίντεο έδειχνε τρία «τρενάκια» σε παράλληλες οριζόντιες αεροτροχιές (εικόνα 4.8).



Εικόνα 4. 8 - Στιγμιότυπο της κίνησης της δραστηριότητας "Τα τρενάκια"

Τα δύο κινούνταν σε ίδια κατεύθυνση ενώ το τρίτο σε αντίθετη. Η δραστηριότητα ζητούσε από τους φοιτητές να μελετήσουν την κίνηση για δύο από τα τρία τρενάκια, συγκεκριμένα τα δύο που είχαν αντίθετη κατεύθυνση κίνησης. Η συγκεκριμένη κίνηση προσφερόταν πολύ για ενδιαφέρουσα μελέτη, καθώς με τις γραφικές παραστάσεις που προέκυπταν μπορούσαν να διατυπωθούν πολλά και ιδιαίτερα ενδιαφέροντα ερωτήματα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

4.9.4. Διαδικασία Πειραματικών Χειρισμών και Χορήγησης Μέσων Συλλογής Δεδομένων

4.9.4.1. Τα εργαστηριακά «Μαθήματα»

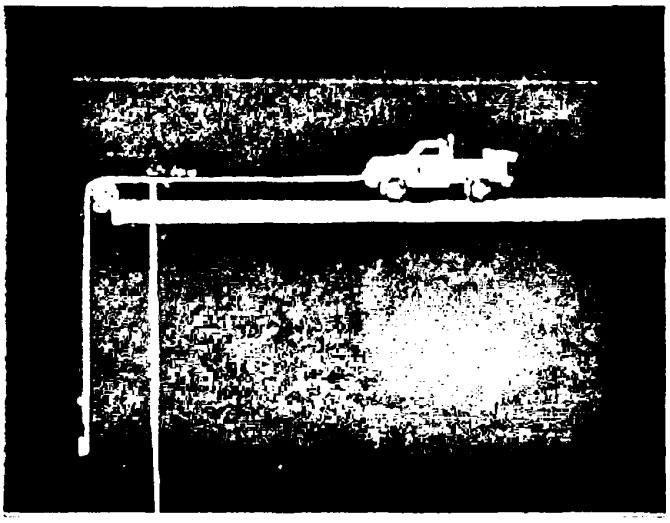
Ο όρος «Μαθήματα» χρησιμοποιείται στο πλαίσιο της έρευνας μας καταχρηστικά. Τον χρησιμοποιούμε για να περιγράψουμε την συμμετοχή των φοιτητών στις δραστηριότητες ανάλυσης κίνησης στον χώρο του εργαστηρίου. Κατά τις συναντήσεις αυτές δεν υπήρξε κάποιας μορφής διδασκαλία από οποιονδήποτε σχετικά με τα γνωστικά αντικείμενα που απασχολούν την μελέτη μας.

Σκοπός των εργαστηριακών μαθημάτων ήταν καταρχήν η εξοικείωση και στη συνέχεια η άσκηση των φοιτητών με τη διαδικασία συλλογής και ανάλυσης δεδομένων από ψηφιακό βίντεο μέσα από ειδικό λογισμικό. Οι δραστηριότητες στις οποίες συμμετείχαν οι φοιτητές είχαν την μορφή αυτοτελών δραστηριοτήτων (project) ανάλυσης κίνησης από κάποιο βίντεο. Ο σχεδιασμός των δραστηριοτήτων ήταν τέτοιος ώστε, όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 4.9.3, οι φοιτητές ακολουθούσαν μια ημικαθοδηγούμενη πορεία για να ολοκληρώσουν την κάθε δραστηριότητα. Αυτός ο σχεδιασμός κρίθηκε κατάλληλος καθώς οι συγκεκριμένες οδηγίες εστιάζουν το ενδιαφέρον των φοιτητών στις κατευθύνσεις που μας ενδιέφεραν σε αυτή την έρευνα, ενώ παράλληλα η ελευθερία που προσφερόταν στους φοιτητές, ειδικά όσον αφορά τη χρήση του λογισμικού τους έδινε την αίσθηση του ελέγχου και της ενεργής συμμετοχής, που είναι πολύ σημαντικά συστατικά για μια επιτυχημένη πορεία μάθησης με τη βοήθεια υπολογιστή. Έγιναν συνολικά τέσσερα «μαθήματα», τα οποία είχαν μέγιστη διάρκεια 3 ώρες με ένα ενδιάμεσο 15λεπτό διάλειμμα. Αν κάποιος τελείωνε νωρίτερα την συμπλήρωση των προβλεπόμενων για εκείνη την ημέρα δραστηριοτήτων, ήταν ελεύθερος να αποχωρήσει.

Στο πρώτο μάθημα ο ερευνητής ενημέρωνε τους φοιτητές για το περιεχόμενο των μαθημάτων και τον τρόπο που αυτά θα διεξάγονταν. Στη συνέχεια, οι φοιτητές διάλεγαν τον συνεργάτη τους και σχηματίζονταν ζευγάρια τα οποία θα συμμετείχαν στις δραστηριότητες με την ίδια σύνθεση μέχρι το τέλος της έρευνας. Στη συνέχεια του πρώτου μαθήματος γινόταν επίδειξη με βιντεοπροβολέα του τρόπου χρήσης του λογισμικού VideoPoint που θα χρησιμοποιούσαν οι φοιτητές για την ανάλυση κίνησης. Το βίντεο που επιλέχθηκε για την επίδειξη αυτή έδειχνε ένα παιχνίδι-

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

φορτηγό να κινείται σε μια αεροτροχιά υπό την επίδραση της δύναμης ενός βαριδιού που ήταν συνδεδεμένο με αυτό και εκτελούσε ελεύθερη πτώση (εικόνα 4.9).



Εικόνα 4. 9 - Στιγμιότυπο κίνησης από τη δραστηριότητα επίδειξης

Για την καλύτερη παρακολούθηση της επίδειξης μοιράστηκε στους φοιτητές μία δισέλιδη δραστηριότητα με τίτλο «Δραστηριότητα επίδειξη» για τους σκοπούς που αναφέρθηκαν παραπάνω σε αυτή την ενότητα. Στη συνέχεια του πρώτου μαθήματος οι φοιτητές είχαν την πρώτη τους επαφή με το VideoPoint, καθώς χωρίς καθοδήγηση έπρεπε να ακολουθήσουν την ίδια πορεία με τον ερευνητή προκειμένου να ανοίξουν, να δουν την ίδια ταινία, να συλλέξουν τα δεδομένα και να δημιουργήσουν και επεξεργαστούν γραφικές παραστάσεις. Τους δόθηκε η οδηγία να χρησιμοποιούν και οι δύο φοιτητές του κάθε ζεύγους το ποντίκι και να συμμετέχουν όσο το δυνατόν εξίσου στην πορεία που θα ακολουθούσαν, οδηγία που θα ίσχυε και για τα υπόλοιπα εργαστηριακά μαθήματα.

Στο επόμενο και τελευταίο μέρος του πρώτου μαθήματος, μοιράστηκε στους φοιτητές η Δραστηριότητα με τίτλο «Μαθαίνοντας το VideoPoint» (παράρτημα 4.3). Η δραστηριότητα αυτή είχε ως σκοπό την εξοικείωση των φοιτητών με τον τρόπο λειτουργίας του λογισμικού, τις πολλαπλές, συνδεδεμένες αναπαραστάσεις του και με τις διαδικασίες που ακολουθούνται για να συλλέξουμε και να αξιοποιήσουμε δεδομένα που αφορούν την κίνηση αντικειμένων που περιέχονται στο εκάστοτε βίντεο. Επιπλέον, είχε και τον στόχο να εξοικειώσει τους φοιτητές με τον προσδοκώμενο από αυτούς τρόπο εργασίας, σύμφωνα με τον οποίο θα έπρεπε να ακολουθούν οδηγίες και να εκτελούν μια σειρά ενεργειών όπως και όταν το απαιτούσε η κάθε δραστηριότητα. Η ελευθερία που είχαν και σε αυτή αλλά και σε

κάθε δραστηριότητα αφορούσε την στρατηγική χρήσης του προγράμματος, με τη βοήθεια του οποίου θα απαντούσαν στα ερωτήματα των δραστηριοτήτων. Εντοπιζόταν, δηλαδή, στο γεγονός ότι ήταν ελεύθεροι να χρησιμοποιήσουν με όποιο τρόπο επιθυμούσαν το λογισμικό και ειδικότερα τις αναπαραστάσεις του προκειμένου να απαντήσουν στα ερωτήματα των δραστηριοτήτων.

Στο δεύτερο μάθημα οι φοιτητές ανέλυσαν την κίνηση από δύο βίντεο μέσα από τις δραστηριότητες με τίτλους «Η καρέκλα που σπρώχνεται» και «Άρση Βαρών», τα περιεχόμενα και οι σκοποί των οποίων αναλύονται νωρίτερα σε αυτή την ενότητα. Στο τρίτο μάθημα οι φοιτητές ανέλυσαν την κίνηση από δύο ακόμα βίντεο μέσα από δύο δραστηριότητες ακολουθώντας την ίδια πορεία όπως και στο δεύτερο μάθημα. Οι δραστηριότητες είχαν αυτή τη φορά τίτλο «Αυτοκίνητο που Σταματά» και «Τα Ασανσέρ» και το περιεχόμενο τους μπορεί να βρει ο αναγνώστης στα παραρτήματα 4.6 και 4.7. Στο τέταρτο και τελευταίο μάθημα οι φοιτητές ασχολήθηκαν με ακόμη 2 δραστηριότητες που αφορούσαν την κίνηση 2 σωμάτων σε ένα βίντεο η κάθε μία. Η πρώτη είχε τίτλο «Αντίθετα κινούμενα αυτοκίνητα» και η δεύτερη «Τρενάκια» (παραρτήματα 4.8 και 4.9).

4.9.4.2. Χορήγηση Μέσων Συλλογής Δεδομένων

Η διαδικασία χορήγησης των μέσων συλλογής δεδομένων αποτελούνταν από δύο βήματα που είχαν σκοπό τη συλλογή δεδομένων πριν την πειραματική παρέμβαση και δύο βήματα που ακολουθούσαν την διαδικασία της πειραματικής παρέμβασης και σκοπό είχαν τη συλλογή ερευνητικών δεδομένων μετά από αυτή. Παρουσιάζουμε σε αυτή την ενότητα τη χρονική σειρά εκτέλεσης αυτών των βημάτων.

Βήμα 1°: Πριν από τα εργαστηριακά μαθήματα κάθε φοιτητής συμπλήρωνε μόνος του το ερωτηματολόγιο Hadjidemetriou σαν προ-τεστ, ενώ παράλληλα γινόταν και η πρώτη συνέντευξη, οι σκοποί της οποίας περιγράφονται νωρίτερα στην ενότητα 4.8.2.1.

Βήμα 2°: Σε σύντομο χρονικό διάστημα από την πρώτη συνάντηση (το πολύ μία εβδομάδα), ο κάθε φοιτητής και πάλι μόνος, προσερχόταν σε προκαθορισμένο ραντεβού με τον ερευνητή όπου γινόταν η δεύτερη συνέντευξη, οι σκοποί της οποίας περιγράφονται νωρίτερα στην ενότητα 4.8.2.2.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Μετά το 2° Βήμα ακολουθούσε η πειραματική παρέμβαση με τις δραστηριότητες ανάλυσης κίνησης στο VBL περιβάλλον, η οποία διαρκούσε περίπου μία εβδομάδα. Έπειτα συνεχιζόταν η συλλογή των ερευνητικών δεδομένων με τα βήματα 3 και 4, προκειμένου να μπορεί να γίνει η σύγκριση με τα δεδομένα προ πειραματικής παρέμβασης.

Βήμα 3°: Σε όσο το δυνατόν συντομότερο χρονικό διάστημα (1 ημέρα – 1 εβδομάδα), οι φοιτητές προσέρχονταν σε προκαθορισμένο ραντεβού και πάλι ατομικά και συμπλήρωναν το ερωτηματολόγιο Hadjidemetriou εν είδος μετά-τεστ. Ταυτόχρονα, αντίστοιχα και με το 1° βήμα, γινόταν η τρίτη συνέντευξη (ενότητα 4.8.2.3).

Βήμα 4°: Στο τελευταίο βήμα οι φοιτητές προσέρχονταν έπειτα από περίπου μία εβδομάδα μετά το 3° βήμα για την τέταρτη και τελευταία συνέντευξη τους (ενότητα 4.8.2.4).

4.10. Ανάλυση των Δεδομένων

Παρουσιάζουμε σε αυτό το σημείο του κεφαλαίου της μεθοδολογίας τις διαδικασίες που ακολουθήθηκαν για την ανάλυση των ερευνητικών δεδομένων προκειμένου να εξαχθούν τα αποτελέσματα της έρευνας και να ελεγχθούν οι ερευνητικές μας υποθέσεις. Εξηγούμε το σκεπτικό για την επιλογή και τη διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων που συλλέχθησαν με το ερωτηματολόγιο αξιολόγησης αλλά και με τις ερευνητικές συνεντεύξεις.

4.10.1. Ανάλυση Δεδομένων Ερωτηματολογίου Αξιολόγησης

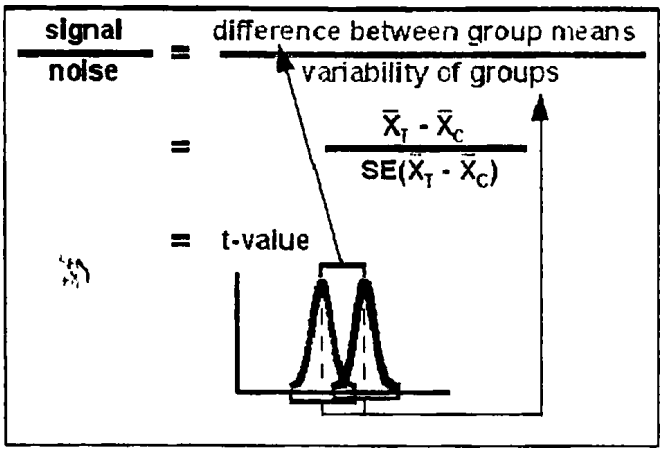
Για την αξιολόγηση των φοιτητών με τα ερωτηματολόγια χρησιμοποιήθηκε μια τροποποιημένη έκδοση της αρχικής κωδικοποίησης απαντήσεων που συνόδευε το αρχικό ερωτηματολόγιο της Hadjidemetriou. Συγκεκριμένα, οι τροποποιήσεις που έγιναν αφορούσαν απαντήσεις που δεν είχαν παρουσιαστεί στο δείγμα της Hadjidemetriou και παρουσιάστηκαν στο δείγμα της δικής μας έρευνας. Η τροποποιημένη κωδικοποίηση παρατίθεται στο παράρτημα 4.13.

Αφού αξιολογήθηκαν οι απαντήσεις στα ερωτηματολόγια με βάση την κωδικοποίηση απαντήσεων, τα δεδομένα τους εισήχθησαν στο λογισμικό στατιστικής

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

επεξεργασίας και ανάλυσης SPSS 11.0. Δημιουργήθηκαν μεταβλητές για κάθε ερώτημα του ερωτηματολογίου, καθώς και βοηθητικές μεταβλητές που χρησιμεύουν στην επεξεργασία, ανάλυση και παρουσίαση των δεδομένων. Η βασικότερη βοηθητική μεταβλητή ήταν αυτή της κατηγοριοποίησης των ερωτηματολογίων σε προ- και μετά- την πειραματική παρέμβαση. Κατηγοριοποιώντας τα ερωτηματολόγια με αυτό τον τρόπο είναι δυνατόν να βρούμε τους μέσους όρους του σκορ προ- και μετά- την πειραματική παρέμβαση και να διεξάγουμε στατιστικά τεστ που εξετάζουν αν οι διαφορές στον μέσο όρο του σκορ προ- και μετά- είναι στατιστικά σημαντικές. Οι μέσοι όροι που εξετάστηκαν για στατιστικά σημαντικές διαφορές προ- και μετά- της πειραματικής παρέμβασης ήταν για το Συνολικό Σκορ, το Σκορ Α Μέρους και το Σκορ Β Μέρους.

Το στατιστικό τεστ που χρησιμοποιήθηκε για τη σύγκριση των μέσων όρων ήταν το t-test για δίπλευρη κατανομή κατά ζεύγη. Το t-test είναι ένα παραμετρικό στατιστικό τεστ που συγκρίνει τη διαφορά του μέσου όρου δύο μεταβλητών. Υπολογίζει τις διαφορές των τιμών για κάθε περίπτωση των δύο μεταβλητών, και εξετάζει αν η μέση διαφορά τιμών διαφέρει στατιστικά σημαντικά από το μηδέν. Στους υπολογισμούς του t-test οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη αφορούν τη διαφορά των μέσων όρων, τη διασπορά των τιμών γύρω από τους μέσους όρους, και το μέγεθος του δείγματος (Popham, 1967). Πιο συγκεκριμένα, το t-test υπολογίζει τη διαφορά μεταξύ όλων των ζευγών τιμών, και ελέγχει αν η μέση διαφορά έχει σημαντική κατά στατιστικό τρόπο διαφορά από το μηδέν. Τα παραπάνω συνοψίζονται σχηματικά στην εικόνα 4.10 (Trochim, 2002), όπου βλέπουμε ότι η τιμή του t ισούται με την διαφορά των δύο μέσων όρων προς το εκτιμώμενο τυπικό σφάλμα (standard error of the estimate) .



Εικόνα 4. 10 - Σχηματική Αναπαράσταση Υπολογισμού τιμής t στο t-test

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Το t-test ανήκει στην κατηγορία των παραμετρικών στατιστικών τεστ και στους υπολογισμούς του γίνεται η υπόθεση πως οι τιμές από τις οποίες έχουν προέλθει οι μέσοι όροι ανήκουν σε κανονική κατανομή. Η υπόθεση αυτή είναι ελάσσονος σημασίας για την περίπτωση που το δείγμα αποτελείται από περισσότερες από 30 περιπτώσεις (n>30)[17], γεγονός που ισχύει στην περίπτωση του δικού μας δείγματος. Έτσι δεν υπάρχει ανάγκη για τον έλεγχο της υπόθεσης της κανονικότητας στη δική μας ανάλυση (αν και ο έλεγχος αυτός έγινε προληπτικά και οι κατανομές που προέκυψαν μπορούσαν να θεωρηθούν κανονικές).

Εκτός από την συμπερασματική στατιστική ανάλυση (t-test), με τη βοήθεια του λογισμικού SPSS 11.0 διεξήγαμε και την περιγραφική στατιστική ανάλυση. Η περιγραφική στατιστική συνίσταται στην διατύπωση περιληπτικών συμπερασμάτων (summaries) που αφορούν τα ερευνητικά δεδομένα με διάφορες μορφές όπως μέσοι όροι, συχνότητες, ποσοστά, καθώς και γραφικές παραστάσεις που αποτυπώνουν την εικόνα των ερευνητικών δεδομένων.

4.10.2. Ανάλυση Δεδομένων Συνεντεύξεων

4.10.2.1. Επιλογή Δεδομένων προς Ανάλυση

Το πρώτο μέλημα μας για την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε με τις ερευνητικές συνεντεύξεις ήταν η επιλογή των περιπτώσεων που θα συμμετείχαν στην ανάλυση. Πρακτικοί λόγοι και λόγοι μεθοδολογίας που θα αναλύσουμε στη συνέχεια καθιστούσαν απαγορευτική τη διαδικασία της ανάλυσης και για τους 48 συμμετέχοντες φοιτητές στην έρευνα μας. Η πρώτη απόφαση που έπρεπε να ληφθεί αφορούσε τον αριθμό των υποκειμένων, των οποίων τα δεδομένα θα συμπεριλαμβάνονταν στην ανάλυση μας. Τελικά, από τα 48 υποκείμενα που συμμετείχαν στην έρευνα μας, απομαγνητοφωνήθηκαν και μελετήθηκαν οι συνεντεύξεις 20 υποκειμένων.

Στις έρευνες που για τη συλλογή δεδομένων χρησιμοποιείται η μέθοδος της συνέντευξης, το ερώτημα του πόσα υποκείμενα είναι αρκετά για την εξαγωγή συμπερασμάτων απαντάται από την πλήρωση δύο κριτηρίων (Seidman, 1998). Το

[17] Στην περίπτωση n>30, το δείγμα θεωρείται «μεγάλο» και σύμφωνα με το «Κεντρικό Οριακό Θεώρημα» (Central Limit Theorem) δεν χρειάζεται να ελεγχθεί η κανονικότητα της κατανομής.

πρώτο κριτήριο είναι η επάρκεια (sufficiency) και το δεύτερο είναι η ωριμότητα (maturity). Η επάρκεια αφορά την συμπερίληψη αρκετών υποκειμένων ώστε σε αυτά να αντανακλάται ο πληθυσμός της έρευνας και να υπάρχει πολύ μικρή πιθανότητα κάποιος που ανήκει στον πληθυσμό να μην μπορεί να αντιπροσωπευθεί από κάποιο υποκείμενο του δείγματος. Με την επιλογή των 20 υποκειμένων καταφέρνουμε να αντιπροσωπεύεται όλο το φάσμα του πληθυσμού μας όπως έχουμε περιγράψει τα χαρακτηριστικά του νωρίτερα σε αυτό το κεφάλαιο. Η ωριμότητα αφορά την ωρίμανση των πληροφοριών που αντλούνται από τις συνεντεύξεις. Σε κάθε μελέτη. μετά από έναν αριθμό συνεντεύξεων ο ερευνητής αρχίζει να ακούει τις ίδιες πληροφορίες που είχε ακούσει από τα προηγούμενα υποκείμενα χωρίς κάτι νεότερο να προστίθεται (Douglas 1976, Glaser & Strauss, 1967, Lincoln & Guba, 1985, Rubin & Rubin, 1995). Σε αυτό το στάδιο θεωρείται ότι έχει επιτευχθεί η ωριμότητα των ερευνητικών δεδομένων από τις συνεντεύξεις και έχουν συγκεντρωθεί όλες οι πιθανές ξεχωριστές απόψεις των ατόμων για το υπό μελέτη ερώτημα. Ο Douglas (1985) εκτιμά τον αριθμό αυτό σε 25 υποκείμενα, αριθμός που δεν απέχει από τον δικό μας αριθμό των 20 υποκειμένων.

Αφού καθορίστηκε ο αριθμός των υποκειμένων που τελικά έπρεπε να περιληφθούν στην ποιοτική μελέτη, έπρεπε να επιλεχθούν από τους 48 φοιτητές ποιοι θα ήταν οι 20 που μελετούσαμε. Η επιλογή αυτή έγινε κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι προ- και μετά- συνεντεύξεις των συγκεκριμένων φοιτητών να είναι όσο το δυνατόν πιο συγκρίσιμες για την ασφαλή εξαγωγή συμπερασμάτων. Σε μία έρευνα με συνεντεύξεις, όπως περιγράψαμε νωρίτερα σε αυτό το κεφάλαιο, η διατύπωση των ερωτήσεων και η πορεία της συνέντευξης καθορίζονται κατά μέρος από τη συμπεριφορά των υποκειμένων αλλά και από την πορεία των ευρημάτων. Έτσι, είναι φυσιολογικό οι συνεντεύξεις που διεξάγαμε προς το τέλος της έρευνας να ήταν αρτιότερες σε δομή και πληρέστερες σε περιεχόμενο αναφορικά με τα ερευνητικά ζητούμενα. Επιλέξαμε τους 20 εκείνους φοιτητές από τους 48 στους οποίους οι προ- με τις μετά- συνεντεύξεις μπορούσαν να συγκριθούν ως προς τα ερωτήματα που τέθηκαν και τον τρόπο που διατυπώθηκαν, οι οποίοι κατά κύριο λόγο ήταν φοιτητές που είχαν συμμετάσχει στο τελευταίο χρονολογικά στάδιο της έρευνας με τις συνεντεύξεις. Ένας παράγοντας που λήφθηκε υπόψη και για τον οποίο κάποια υποκείμενα συμπεριλήφθηκαν ενώ άλλα όχι, ήταν τα υποκείμενα αυτά να μην ήταν

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

διστακτικά ως προς την παροχή πληροφοριών ώστε να προκύπτει αρκετός όγκος δεδομένων για επεξεργασία.

4.10.2.2. Διαδικασία Ανάλυσης

Δύο είναι οι βασικές κατηγορίες που αποτελούν τις πιο συνηθισμένες πρακτικές, η ανάλυση ατομικής περίπτωσης (inter-case analysis) και η μεταξύ περιπτώσεων ανάλυση (cross-case analysis). Στην πρώτη περίπτωση η ανάλυση εστιάζεται στην κάθε ατομική περίπτωση χωριστά και η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται περισσότερο όταν οι ερευνητικοί στόχοι αφορούν στοιχεία της προσωπικής εμπειρίας του ατόμου. Η δεύτερη περίπτωση, της μεταξύ περιπτώσεων ανάλυσης, χρησιμοποιείται συχνότερα, εστιάζει στην αναζήτηση κοινών συμπεριφορών μεταξύ των υποκειμένων μιας έρευνας και εφαρμόζεται όταν η έρευνα ενδιαφέρεται περισσότερο για συγκεκριμένα θέματα και λιγότερο για την ατομική περίπτωση κατανόησης αυτών των θεμάτων. Για τους σκοπούς της δικής μας έρευνας θα εφαρμόσουμε την μεταξύ περιπτώσεων ανάλυση (cross-case analysis). Η μεταξύ περιπτώσεων ανάλυση επιτρέπει την αναζήτηση κοινών τρόπων κατανόησης και συμπεριφοράς των υποκειμένων της έρευνας μας γύρω από τις γραφικές παραστάσεις και τις έννοιες που σχετίζονται με την ανάλυση της κίνησης, όπως τις περιγράψαμε νωρίτερα σε αυτό το κεφάλαιο.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την ανάλυση των δεδομένων των συνεντεύξεων που είχαν επιλεγεί χωρίζεται σε 12 βήματα τα οποία παρουσιάζονται στη συνέχεια. Να σημειώσουμε ότι τα πρώτα 11 βήματα αφορούν την ανάλυση των συνεντεύξεων ανά ερώτηση του ερευνητή, ενώ το 12° βήμα αναφέρεται στην διαδικασία εκείνη της ανάλυσης που οδηγεί στην διατύπωση αποτελεσμάτων αναφορικά με τους γενικούς σκοπούς της έρευνας μας.

1. **Απομαγνητοφώνηση διαλόγων για κάθε υποκείμενο**

Ο πλήρης διάλογος που είχαμε με κάθε φοιτητή και στις τέσσερις συνεντεύξεις μαζί του απομαγνητοφωνήθηκε και δημιουργήθηκε ένας ηλεκτρονικός φάκελος με τα απομαγνητοφωνημένα κείμενα για κάθε φοιτητή σε μορφή αρχείων MS-Word. Για τη διευκόλυνση της διαδικασίας της απομαγνητοφώνησης είχε ληφθεί μέριμνα και οι συνεντεύξεις μαγνητοφωνούνταν σε ψηφιακό μαγνητόφωνο καθιστώντας εύκολη τη μεταφορά τους σε ψηφιακή μορφή σε Η/Υ. Με αυτό τον τρόπο τα ηχητικά αρχεία

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

επεξεργάσθηκαν με ειδικό λογισμικό για τη μείωση του θορύβου του παρασκηνίου και η διαδικασία της απομαγνητοφώνησης διευκολύνθηκε σημαντικά. Επίσης, η αρχειοθέτηση των ηχητικών κειμένων με αυτόν τον τρόπο ήταν πολύ πιο εύκολη και λειτουργική από την παραδοσιακή μέθοδο με το αναλογικό μαγνητόφωνο και τις κασέτες. Ανάλογα με την περίπτωση για κάθε φοιτητή προέκυψαν από 40 έως 70 σελίδες απομαγνητοφωνημένου κειμένου και για τις τέσσερις συνεντεύξεις του. Ο όγκος των κειμένων συνολικά κυμαίνεται περίπου στις 1200 σελίδες.

2. Ανάγνωση όλων των κειμένων για το σχηματισμό συνολικής εικόνας

Στο δεύτερο στάδιο έγινε ανάγνωση όλων των κειμένων όλων των φοιτητών προκειμένου να αποκτηθεί μια καθολική θεώρηση των θέσεων και των απαντήσεων των φοιτητών, να αποτυπωθεί μια γενική εκτίμηση της διαφοράς προ- και μετά- και νὰ μας προϊδεάσει για την διαδικασία της μετέπειτα ανάλυσης. Καθώς ακόμα δεν έχουμε επεξεργαστεί τα δεδομένα των συνεντεύξεων με κάποια συγκεκριμένη μέθοδο, θα μπορούσαμε να πούμε πως τα δύο πρώτα στάδια που περιγράψαμε ανήκουν ακόμα, εκτός από τη διαδικασία της ανάλυσης, στη διαδικασία της συλλογής δεδομένων. Είναι άλλωστε χαρακτηριστικό γνώρισμα της ποιοτικής ανάλυσης πως η συλλογή και η ανάλυση δεδομένων δεν είναι χρονικά απολύτως διακριτές διαδικασίες, καθώς από τα πρώτα στοιχεία δεδομένων που συλλέγονται, ήδη ο ερευνητής αρχίζει την εκτίμηση των πληροφοριών και την αναζήτηση νοήματος (Berkowitz, 1997).

3. Δημιουργία κειμένων ανά θεματική κατηγορία των συνεντεύξεων

Αφού σε κάθε κείμενο για κάθε φοιτητή σημειώθηκαν τα τμήματα που αναφέρονταν σε συγκεκριμένες θεματικές κατηγορίες, δημιουργήθηκε ένα ενιαίο κείμενο ανά θεματική κατηγορία των συνεντεύξεων. Σε κάθε τέτοιο κείμενο συγκεντρώθηκαν τα επιμέρους αντίστοιχα τμήματα των απομαγνητοφωνημένων κειμένων του κάθε φοιτητή. Κατά αυτό τον τρόπο θα μπορούσαμε να μελετήσουμε τις απαντήσεις των φοιτητών ανά θεματική κατηγορία και ανά ερώτημα, αναζητώντας για κοινές αντιλήψεις και συμπεριφορές μεταξύ των φοιτητών.

4. Αποκοπή κειμένου που δεν συμβάλει στην πληροφορία

Από τα παραπάνω κείμενα, έγινε αποκοπή όσων λεγομένων δεν συμβάλλουν στην πληροφορία που αφορά τις έννοιες που εξετάζει η έρευνα μας. Σε αυτά

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

περιλαμβάνονται κυρίως σχόλια που αφορούν τη διαδικασία της συνέντευξης ή άλλα ζητήματα πέρα των αναζητήσεων της συνέντευξης. Σύμφωνα με τους Miles και Huberman (1984), αυτό αποτελεί και το πρώτο στοιχειώδες στάδιο της ανάλυσης δεδομένων των ποιοτικών μελετών.

5. Ανάγνωση κειμένου ανά ερώτηση και επισήμανση χαρακτηριστικών κατηγοριών απαντήσεων

Τα νέα κείμενα των διαλόγων ανά ερώτηση, απαλλαγμένα από τις περιττές πληροφορίες και μειωμένα πλέον σε όγκο, διαβάζονταν ώστε να δημιουργηθεί μια γενική εντύπωση για τις αντιλήψεις και την συμπεριφορά των φοιτητών προ- και μετά- της πειραματικής παρέμβασης, σχετικά με κάθε ένα ερώτημα ξεχωριστά. Στη συνέχεια για κάθε ερώτημα επισημάναμε χαρακτηριστικές απαντήσεις που υποδηλώνουν αντιλήψεις, στρατηγικές λύσης, στάσεις απέναντι στα επιμέρους ζητήματα που πραγματεύεται η κάθε ερώτηση. Με αυτό τον τρόπο δημιουργήθηκαν κατηγορίες που αφορούν την αντιμετώπιση κάθε ερώτησης από τους φοιτητές.

6. Κωδικοποίηση κατηγοριών και ταξινόμηση σε Σωστές, Λανθασμένες, Άλλες

Οι παραπάνω κατηγορίες χωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις «Σωστές», «Λανθασμένες» και «Άλλες», ανάλογα με την ορθότητα τους στην απάντηση για τα συγκεκριμένα ερωτήματα. Στην κατηγορία «Άλλες» εντάχθηκαν όσες απαντήσεις δεν ήταν ούτε σωστές, ούτε λανθασμένες, αλλά φανέρωναν κάτι ενδιαφέρον αναφορικά με τους σκοπούς της έρευνας μας.

7. Ένταξη των συμπεριφορών κάθε ατόμου στην παραπάνω κατηγοριοποίηση

Δημιουργήθηκε ένας πίνακας για κάθε ερώτηση, με τις σειρές να αναφέρονται σε κάθε φοιτητή ξεχωριστά και τις στήλες στην κάθε κατηγορία που αφορούσε τη συγκεκριμένη ερώτηση. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε φοιτητή αντιστοιχούσαν δύο σειρές, μία για το κείμενο που αναφερόταν στις δύο πρώτες συνεντεύξεις μαζί του (προ) και μία για το αντίστοιχα κείμενα των δύο τελευταίων συνεντεύξεων (μετά). Στη συνέχεια με προσεκτική ανάγνωση των κειμένων, συμπληρώθηκαν οι πίνακες για όλους τους φοιτητές και για κάθε ερώτηση. Το στάδιο αυτό, αποτελεί το δεύτερο στοιχειώδες στάδιο ανάλυσης δεδομένων για ποιοτικές μελέτες σύμφωνα με τους Miles και Huberman (1984), που το αποκαλούν «παρουσίαση των δεδομένων» (Data Display). Το στάδιο αυτό αναφέρεται στην παρουσίαση από τον ερευνητή μιας οργανωμένες και συμπιεσμένης μορφής των πληροφοριών, που να επιτρέπει την

εξαγωγή συμπερασμάτων και συνήθως εκφράζεται με τη μορφή σύντομου κειμένου, διαγράμματος ή πίνακα.

8. Επισήμανση τάσεων από τον πίνακα κωδικοποίησης

Η μελέτη των πινάκων που δημιουργήθηκαν με τον παραπάνω τρόπο μας επέτρεψε να οπτικοποιήσουμε συγκεντρωτικά και να ποσοτικοποιήσουμε κατά κάποιο τρόπο τις όποιες επισημάνσεις είχαμε κάνει από την αρχική ανάγνωση των κειμένων. Έτσι διαφάνηκαν με μεγαλύτερη σαφήνεια οι διάφορες τάσεις για αλλαγή μετά την πειραματική παρέμβαση σε σχέση με πριν και διατυπώσαμε κάποιες προτάσεις που αποτέλεσαν αποτελέσματα που έπρεπε επιβεβαιωθούν από τα ίδια τα κείμενα.

9. Επαλήθευση τάσεων από τα απομαγνητοφωνημένα κείμενα

Η επισήμανση αυτών των τάσεων και ο συσχετισμός που ορισμένες παρουσίαζαν μεταξύ τους επαληθεύθηκαν από τη γενικότερη εικόνα που μας είχαν δημιουργήσει τα απομαγνητοφωνημένα κείμενα στο σύνολο τους αλλά και από την ανάγνωση για ακόμη μια φορά των κειμένων και επισήμανση χαρακτηριστικών αποσπασμάτων κειμένου. Όσες τάσεις δεν επαληθεύονταν από τη συνολική εικόνα των απαντήσεων των φοιτητών επανεξετάζονταν και άλλες αναδιατυπώνονταν ενώ άλλες απορρίπτονταν.

10. Διατύπωση συμπερασμάτων

Οι τάσεις για αλλαγή όπως διαφαίνονταν από τους πίνακες της κατηγοριοποίησης, που επαληθεύονταν σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράφηκε στο προηγούμενο βήμα (9), οδηγούσαν στην εξαγωγή και διατύπωση των συμπερασμάτων σχετικά με την αλλαγή ή όχι στις προ- και μετά- απαντήσεις των φοιτητών.

11. Υποστήριξη συμπεράσματος με χαρακτηριστικά αποσπάσματα κειμένου

Για το κάθε συμπέρασμα στο οποίο φτάναμε από την παραπάνω διαδικασία ανατρέχαμε στα κείμενα των φοιτητών και επιλέγαμε ένα κατάλληλο απόσπασμα απομαγνητοφωνημένου κειμένου. Σκοπός ήταν το απόσπασμα αυτό να υποστηρίξει την ουσία του εκάστοτε συμπεράσματος και να λειτουργήσει ενισχύοντας την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων μας. Επιπλέον, η παράθεση των αποσπασμάτων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

λειτουργεί επεξηγηματικά για πλευρές του συμπεράσματος που πιθανώς δεν ήταν σαφείς σε όλη τους την έκταση από την αρχική του διατύπωση.

Στις περισσότερες περιπτώσεις παρατίθενται τα αντίστοιχα προ- και μετά-αποσπάσματα κειμένου, ώστε η μεταξύ τους αντίθεση να φανερώσει τον ισχυρισμό του κάθε συμπεράσματος μας. Σε ορισμένα όμως συμπεράσματα (για παράδειγμα στις περιπτώσεις που δεν υπήρξε κάποια μεταβολή για τους φοιτητές), κάτι τέτοιο δεν χρησιμεύει και εκεί δεν ακολουθήθηκε αυτή η τακτική.

Τα βήματα 8 έως 11 αντιστοιχούν στο τρίτο και τελευταίο στάδιο ανάλυσης δεδομένων για ποιοτικές μελέτες σύμφωνα με τους Miles και Huberman (1984), που το αποκαλούν «Εξαγωγή Συμπερασμάτων και Επιβεβαίωση». Αναφέρεται στον συσχετισμό των κατηγοριοποιημένων δεδομένων με τα ερωτήματα της έρευνας και στην επαλήθευση τους από τα απομαγνητοφωνημένα κείμενα.

12. Κατηγοριοποίηση επί μέρους αποτελεσμάτων – Δημιουργία θεματικών κατηγοριών

Τα επιμέρους αποτελέσματα που διατυπώθηκαν για κάθε ερώτημα και με τρόπο που αναφερόταν στα πλαίσια του κάθε ερωτήματος, συγκεντρώθηκαν και κατηγοριοποιήθηκαν θεματικά ως προς την έννοια ή ικανότητα που αφορούσαν. Έτσι, δημιουργήθηκαν θεματικές κατηγορίες αντίστοιχες με τις έννοιες και ικανότητες που εξετάζει η μελέτη μας και διατυπώθηκαν αποτελέσματα και συμπεράσματα ως προς την βελτίωση ή μη της κατανόησης των φοιτητών γύρω από αυτές. Αυτή η νέα κατηγοριοποίηση επιτρέπει τον έλεγχο των ερευνητικών μας υποθέσεων μέσα από τη μέθοδο των ερευνητικών συνεντεύξεων και την εξαγωγή των τελικών μας συμπερασμάτων.

4.11. Περιορισμοί της Μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε

Παρουσιάζονται σε αυτή την ενότητα οι περιορισμοί στην έρευνα μας που οφείλονται στην μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Οι περιορισμοί, όπως σε κάθε έρευνα οφείλονται στους συμβιβασμούς που πρέπει να κάνει ο ερευνητής προκειμένου να καταστήσει την διεξαγωγή της έρευνας του εφικτή και λειτουργική.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Προέρχονται δε από την επιλογή του πειραματικού σχεδίου, της μεθόδου δειγματοληψίας και των μέσων συλλογής ερευνητικών δεδομένων.

4.11.1. Απειλές στην Εσωτερική και Εξωτερική Εγκυρότητα από τον Πειραματικό Σχεδιασμό

Το προ-πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε σε αυτή την έρευνα, είναι ένας από τους πιο γνωστούς και δημοφιλείς πειραματικούς σχεδιασμούς. Η χρησιμότητα του όμως για την διαπίστωση της αποτελεσματικότητας μιας πειραματικής παρέμβασης είναι περιορισμένη, λόγω της φύσης του. Παρότι το προ-πειραματικό σχέδιο παρέχει σημαντικές δυνατότητες για την μέτρηση μεταβολών στις διάφορες επιδόσεις μαθητών, κανείς δεν μπορεί με βεβαιότητα να αποδώσει τις παρατηρούμενες μεταβολές μόνο στην πειραματική παρέμβαση. Διάφοροι τρίτοι ανεξέλεγκτοι από τον ερευνητή παράγοντες θέτουν απειλές στην εσωτερική και στην εξωτερική εγκυρότητα της έρευνας. Παραθέτουμε στη συνέχεια τις απειλές στις οποίες ο προ-πειραματικός σχεδιασμός υπόκειται και οι οποίες δεν μπόρεσαν να αντιμετωπισθούν απολύτως από τον σχεδιασμό μας.

4.11.1.1. Απειλές στην Εσωτερική Εγκυρότητα

Στατιστική Παλινδρόμηση

Ονομάζεται συχνά και «Παλινδρόμηση στον μέσο όρο» και αναφέρεται στην στατιστικά αυξημένη πιθανότητα οι ακραίες επιδόσεις που υπήρχαν στην προ της πειραματικής παρέμβασης μέτρηση να «κινηθούν» προς το μέσο όρο μετά την πειραματική παρέμβαση. Υποκείμενα δηλαδή που είχαν επίδοση που βρίσκεται στα ανώτερα ή κατώτερα άκρα πριν την πειραματική παρέμβαση είναι στατιστικά πιθανότερο να έχουν χαμηλότερη ή υψηλότερη αντίστοιχα επίδοση μετά την πειραματική παρέμβαση.

Δοκιμασίες

Οι μετρήσεις προ της πειραματικής παρέμβασης ενδέχεται να ευαισθητοποιήσουν τα υποκείμενα της έρευνας και έτσι οι μετά την πειραματική παρέμβαση μετρήσεις να υστερούν σε εγκυρότητα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Χρήση των επιστημονικών εργαλείων

Το ερωτηματολόγιο αξιολόγησης της κατανόησης των γραφικών παραστάσεων όπως αναλύσαμε νωρίτερα σε αυτό το κεφάλαιο έχει προκύψει από ιδιαίτερα προσεκτικό και μεθοδικό σχεδιασμό. Δεν πρέπει όμως να παραβλέψουμε πως έχει ελεγχθεί από την ερευνήτρια που το κατασκεύασε για υποκείμενα διαφορετικής ηλικίας και εθνικότητας από αυτά του δικού μας πληθυσμού. Επίσης δεν πρέπει να αποκλεισθεί το γεγονός τα υποκείμενα να βελτίωναν τις επιδόσεις τους την ώρα που απαντούσαν μαθαίνοντας σταδιακά από κάθε ερώτηση.

Όσον αφορά τη χρήση της μεθόδου των συνεντεύξεων ως ερευνητική διαδικασία, οι ποιοτικές μελέτες από τη φύση τους παρουσιάζουν αδυναμία λόγω των επιστημονικών εργαλείων που χρησιμοποιούν. Αιτία είναι η ικανότητα του ερευνητή στον σχεδιασμό, την διεξαγωγή και την ανάλυση των ερευνητικών συνεντεύξεων που δεν μπορεί να τεκμηριωθεί εκ των προτέρων και μπορεί να κριθεί μόνο από την παρουσίαση της ερευνητικής εργασίας του.

4.11.1.2. Απειλές στην Εξωτερική Εγκυρότητα

Έλλειψη αντιπροσωπευτικότητας των διαθέσιμων πληθυσμών

Η απειλή της έλλειψης αντιπροσωπευτικότητας αφορά την μέθοδο δειγματοληψίας και προκύπτει από το γεγονός πως το δείγμα μιας έρευνας μπορεί να είναι αντιπροσωπευτικό κάποιου πληθυσμού, αλλά ενδεχομένως όχι όλου του ερευνητικού πληθυσμού. Πράγματι η «κατά συστάδες» δειγματοληψία που ακολουθήθηκε στην δική μας έρευνα υστερεί σε κάποιο βαθμό όσον αφορά την αντιπροσωπευτικότητα του ερευνητικού πληθυσμού όπως τον ορίσαμε.

Εκτός από τα σημαντικά πρακτικά προβλήματα που αναφέρθηκαν νωρίτερα σε αυτό το κεφάλαιο όσον αφορά την επέκταση του δείγματος για την αύξηση της αντιπροσωπευτικότητας, υπήρχαν και μεθοδολογικά πλεονεκτήματα στην δειγματοληψία που επιλέξαμε. Η συγκεκριμένη δειγματοληψία διατηρεί σε υψηλό βαθμό την ομοιογένεια του δείγματος της έρευνας μας. Αν στο δείγμα μας συμμετείχαν και φοιτητές άλλων παιδαγωγικών τμημάτων της χώρας, θα διαταρασσόταν η ομοιογένεια του δείγματος. Αιτία θα ήταν πως οι φοιτητές άλλων παιδαγωγικών τμημάτων διδάσκονται άλλα μαθήματα Μαθηματικών, το περιεχόμενο

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

των οποίων καθώς και η περίοδος διδασκαλίας ποικίλει και διαφέρει από αυτή του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Διαταραχή στην ομοιογένεια του δείγματος θα αποτελούσε επιπλέον αστάθμητο παράγοντα και θα καθιστούσε την ερμηνεία των δεδομένων της έρευνας μας προβληματική.

Ευαισθητοποίηση στις πειραματικές συνθήκες

Η ευαισθητοποίηση στις πειραματικές συνθήκες και μετρήσεις εκτός από την εσωτερική εγκυρότητα, για την οποία αναλύθηκε παραπάνω, αποτελεί απειλή και για την εξωτερική εγκυρότητα μιας έρευνας.

4.12. Περίληψη

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφηκε ο ερευνητικός σχεδιασμός, καθώς και οι διαδικασίες και μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή και την ανάλυση των ερευνητικών δεδομένων. Παρουσιάστηκε συνοπτικά η προκαταρκτική μελέτη που διενεργήθηκε, οι ερευνητικοί άξονες που προέκυψαν για την κυρίως μελέτη και διατυπώθηκαν οι ερευνητικές υποθέσεις που τέθηκαν προς επιβεβαίωση. Ορίσαμε τον πληθυσμό της έρευνας και αναλύσαμε τα ζητήματα της δειγματοληψίας που ακολουθήθηκε. Παρουσιάστηκε συνολικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη συλλογή των ερευνητικών δεδομένων και τεκμηριώνεται η επιλογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας και του συγκεκριμένου πειραματικού σχεδιασμού. Λεπτομέρειες δόθηκαν για την διαδικασία εκτέλεσης της πειραματικής μας παρέμβασης καθώς και για τον τρόπο που αναλύθηκαν τα ερευνητικά δεδομένα που συλλέξαμε.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Κεφάλαιο 5° – Προκαταρκτική Μελέτη

5.1. Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφεται ο σχεδιασμός, η διεξαγωγή και τα αποτελέσματα της προκαταρκτικής μας μελέτης. Σκοπός της προκαταρκτικής μελέτης ήταν να διερευνηθούν οι σημαντικότερες παράμετροι που σχετίζονται με τη μάθηση με τη βοήθεια του υπολογιστή και της μεθόδου της ανάλυσης κίνησης από ψηφιακό βίντεο. Ο προσδιορισμός αυτών των παραμέτρων θα επέτρεπε τον καλύτερο προσδιορισμό των ερωτημάτων που προκύπτουν για τη χρήση της ανάλυσης κίνησης με υπολογιστή ως μέσο μάθησης, και κατά συνέπεια και τον καλύτερο προσδιορισμό των μεθόδων της κυρίως έρευνας μας. Αντίστοιχα οι αδυναμίες που θα επισημαίναμε στον σχεδιασμό και την διαδικασία υλοποίησης της προκαταρκτικής μελέτης θα χρησίμευαν στον καλύτερο σχεδιασμό και υλοποίηση της κυρίως έρευνας.

Η προκαταρκτική έρευνα διεξήχθη κατά το χειμερινό εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2000-2001 μια με 5 φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων υπό μορφή μελετών περίπτωσης. Η έρευνα αυτή δεν μπορεί να θεωρηθεί ολοκληρωμένη λόγω του περιορισμένου αριθμού των φοιτητών που συμμετείχαν και των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν.

5.2. Σχεδιασμός

Ο σχεδιασμός της προκαταρκτικής μελέτης έπρεπε να είναι τέτοιος ώστε να εξετάζει με ευρύτητα τις επιμέρους πτυχές της ανάλυσης κίνησης με υπολογιστή ως εργαλείο διδασκαλίας και μάθησης. Ταυτόχρονα, όμως, έπρεπε να έχει και περιοριστικό ρόλο, εστιάζοντας σε ένα περιορισμένο αριθμό εννοιών που προέρχονται από τα Μαθηματικά και τη Φυσική, που σχετίζονται με την εννοιολογική μάθηση και την διεπιστημονική προσέγγιση στη διδασκαλία των δύο επιστημών.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Προκειμένου να ικανοποιηθεί η πρώτη απαίτηση, αυτή της ευρύτητας, αποφασίστηκε η μέθοδος που θα ακολουθηθεί να είναι αυτή των μελετών περίπτωσης (case studies). Η μέθοδος αυτή επιλέχθηκε καθώς επιτρέπει την σε βάθος διερεύνηση των ζητημάτων που απασχολούσαν την προκαταρτική μας μελέτη. Οι μελέτες περίπτωσης είναι μια μέθοδος που θα μπορούσε να μας παρέχει ικανοποιητική ευρύτητα στην διερεύνηση των πτυχών που σχετίζονται με τη χρήση της ανάλυσης κίνησης από ψηφιακό βίντεο ως μεθόδου μάθησης.

Όσον αφορά την ικανοποίηση του δεύτερου κριτηρίου του σχεδιασμού της προκαταρκτικής μελέτης, τον περιορισμό δηλαδή των εννοιών που θα εξεταστούν, η επιλογή αυτή έγινε με βάση δύο κριτήρια. Το πρώτο κριτήριο αφορά τις προηγούμενες έρευνες. Ελήφθησαν υπόψη τα συμπεράσματα προηγούμενων σχετικών ερευνών, οι προτάσεις τους για μελλοντική έρευνα και οι θεματικές περιοχές στις οποίες δεν είχε πραγματοποιηθεί αρκετή έρευνα. Το δεύτερο κριτήριο επιλογής των εννοιών που θα εξετάζονταν από την προκαταρκτική μελέτη, αφορούσε το ενδιαφέρον του ερευνητή για τη διεπιστημονική προσέγγιση στη διδασκαλία των Μαθηματικών και της Φυσικής. Έτσι, οι έννοιες που θα επιλέγονταν έπρεπε να προέρχονται τόσο από το χώρο της Φυσικής όσο και από το χώρο των Μαθηματικών. Τέλος, οι έννοιες αυτές θα έπρεπε να ικανοποιούν ακόμη μία απαίτηση, θα έπρεπε να είναι βαρύνουσας σημασίας σε σχέση με τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος ανάλυσης κίνησης που παρέχει το ειδικό λογισμικό, έτσι ώστε να εξεταστεί κατά πόσον αυτό συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση των εννοιών που μας ενδιέφεραν.

Σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια, αποφασίστηκε η έρευνα να έχει τη μορφή ημί-δομημένων συνεντεύξεων με 5 φοιτητές υπό τη μορφή μελετών περίπτωσης και οι έννοιες που εξετάζει να εντάσσονταν στις παρακάτω κατηγορίες:

<u>Ανάγνωση και ερμηνεία ενός αριθμητικού πίνακα συντεταγμένων</u>.

Το ενδιαφέρον όσον αφορά αυτή την κατηγορία εστιάζεται στην ανάγνωση αριθμητικών τιμών από την αναπαράσταση του πίνακα και στην ερμηνεία τους στα πλαίσια ενός φαινόμενου κίνησης. Πιο συγκεκριμένα, σημαντική ήταν η απόδοση φυσικής σημασίας στους αριθμούς που περιέχονταν στον πίνακα συντεταγμένων και ειδικότερα η ανίχνευση δυσκολιών των φοιτητών στην ερμηνεία δεκαδικών και αρνητικών αριθμών.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Ανάγνωση και ερμηνεία γραφικών παραστάσεων μεγεθών κινηματικής.

Σε αυτή την κατηγορία εξετάζεται η ικανότητα των φοιτητών να ερμηνεύσουν γραφικές παραστάσεις μεγεθών που αφορούν κίνηση, όπως θέση, ταχύτητα, χρόνος. Ειδικότερα, σημασία δόθηκε στα σημεία τομής δύο ή περισσότερων καμπύλων μεταξύ τους καθώς και τα σημεία τομής με τους άξονες του συστήματος αξόνων. Επιπλέον, ιδιαίτερη σημασία δόθηκε και στην ερμηνεία των αρνητικών τιμών στις παραπάνω γραφικές παραστάσεις στα πλαίσια ενός φαινόμενου κίνησης.

Κατανόηση του ρόλου του Συστήματος Αναφοράς στην μελέτη της κίνησης.

Η κατηγορία αυτή αφορά την κατανόηση του ρόλου του Συστήματος Αναφοράς για την μελέτη των κινήσεων. Πιο συγκεκριμένα, αφορά το πώς οι τιμές των συντεταγμένων, οι εξισώσεις κίνησης και οι γραφικές παραστάσεις εξαρτώνται σε καθοριστικό βαθμό από το Σύστημα Αναφοράς που θα επιλεγεί για την ανάλυση της κίνησης και τι επιπτώσεις έχει στις παραπάνω αναπαραστάσεις μια μεταβολή (μεταφορά ή στροφή) του συστήματος.

5.3. Μεθοδολογία – Διεξαγωγή της Προκαταρκτικής Μελέτης

5.3.1. Δείγμα

Ως δείγμα για την προκαταρκτική μελέτη μας, καλέσαμε από το σύνολο των τριτοετών φοιτητών του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, όσους θα ήθελαν να συμμετάσχουν εθελοντικά σε μία σύντομη έρευνα που θα συνδύαζε τα Μαθηματικά, τη Φυσική και τους Υπολογιστές. Ο αριθμός των φοιτητών που προσήλθε και συμμετείχε στην προκαταρκτική μελέτη ανήλθε σε πέντε. Ο αριθμός αυτός κρίθηκε ικανοποιητικός για τους σκοπούς της προκαταρκτικής μας μελέτης, όπως αυτοί αναλύονται παρακάτω.

Τρεις από τους πέντε προέρχονταν από τη Β Δέσμη του Λυκείου, ένας από την Α Δέσμη και ένας από το σύστημα των κατευθύνσεων και συγκεκριμένα από την Τεχνολογική κατεύθυνση. Επομένως, όλοι οι συμμετέχοντες είχαν διδαχθεί Φυσική σε επίπεδο δέσμης, ενώ και το αναμενόμενο επίπεδο τους στα Μαθηματικά πρέπει να

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ήταν επίσης υψηλό, καθώς δεν προέρχονταν από θεωρητική κατεύθυνση του Λυκείου. Κατά την πρώτη μας συνάντηση μαζί τους πιστοποιήσαμε πως πράγματι είχαν καλό επίπεδο γνώσεων στα Μαθηματικά και τη Φυσική ζητώντας τους να μας πουν τους βαθμούς που είχαν στις τελευταίες τάξεις του Λυκείου, οι οποίοι κυμαίνονταν από 16 ως 18.

5.3.2. Μέθοδος

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, αποφασίσαμε πως η καταλληλότερη μέθοδος για την εξαγωγή ενδεικτικών συμπερασμάτων προκειμένου να σχεδιαστεί με το βέλτιστο τρόπο η κυρίως έρευνα, ήταν οι μελέτες περίπτωσης. Η γενίκευση των αποτελεσμάτων και η εγκυρότητα των ευρημάτων της προκαταρκτικής μελέτης ήταν δευτερεύουσας σημασίας. Για αυτό το λόγο επιλέξαμε ένα μικρό αριθμό δείγματος και η έμφαση δόθηκε περισσότερο στη άντληση όσο το δυνατόν περισσότερων δεδομένων από αυτούς τους φοιτητές.

Αποφασίστηκε να σχεδιαστούν κάποιες δραστηριότητες ανάλυσης κίνησης στο περιβάλλον του λογισμικού VideoPoint, που θα έπαιζαν το ρόλο της πειραματικής παρέμβασης. Εκτός από τη μέθοδο των ημί-καθοδηγούμενων συνεντεύξεων, χρειαζόμασταν και κάποιο άλλο μέσο για την εκτίμηση της αρχικής και τελικής κατανόησης των φοιτητών όσων αφορά τις έννοιες και τις δεξιότητες που εξετάζαμε.

Έτσι, σχεδιάστηκε ένα ερωτηματολόγιο με τη μορφή δραστηριότητας σε δύο εκδόσεις (παραρτήματα 5.1 και 5.2). Η μία έκδοση του, επέτρεπε την συμπλήρωση του μόνο με τη χρήση μολυβιού και χάρακα, ενώ η δεύτερη έκδοση του ήταν τέτοια ώστε να συμπληρώνεται καθώς οι φοιτητές θα ανέλυαν και μελετούσαν στο περιβάλλον του υπολογιστή την κίνηση που πραγματευόταν η δραστηριότητα. Αυτές οι δύο εκδόσεις της ίδιας δραστηριότητας θα έπαιζαν το ρόλο προ- και μετά-τεστ ως προς την επίδοση των φοιτητών στις έννοιες που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο (ενότητα 5.2). Το ερωτηματολόγιο ήταν αυτοσχέδιο και όχι σταθμισμένο, κατά συνέπεια τα όποια απότελέσματα του θα έπασχαν σε εγκυρότητα και αξιοπιστία, στα πλαίσια όμως της προκαταρκτικής μας μελέτης, πρωτεύουσα σημασία είχε η ανάδειξη των σημείων στα οποία η προτεινόμενη μέθοδος μπορεί να επιφέρει βελτιώσεις.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Οι συνεντεύξεις με τους φοιτητές πραγματοποιούνταν παράλληλα με τις δραστηριότητες που εκτελούσαν οι φοιτητές και σκοπό είχαν τη συλλογή επιπλέον δεδομένων από αυτά που θα αντλούνταν από τις γραπτές απαντήσεις στο προ- και μετά-τεστ. Είχαν ημί-καθοδηγούμενη μορφή, καθώς η δομή τους ακολουθούσε τη δομή των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου, αλλά ήμασταν δεκτικοί σε παρεκκλίσεις από εκείνη την δομή όταν οι φοιτητές είχαν κάτι ενδιαφέρον να πουν σχετικά με οποιαδήποτε πτυχή της διαδικασίας.

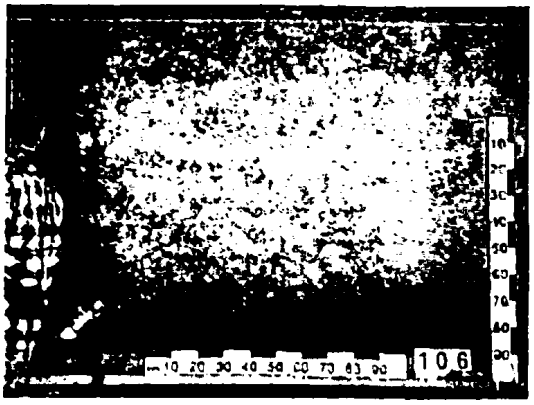
5.3.3. Διαδικασία Εκτέλεσης της Προκαταρκτικής Μελέτης

Είχαμε 3 έως 5 συναντήσεις με κάθε φοιτητή. Ο αριθμός των συναντήσεων εξαρτήθηκε κυρίως από το επίπεδο εξοικείωσης του εκάστοτε φοιτητή με τους Η/Υ. Έτσι, για τους φοιτητές που δεν είχαν την απαιτούμενη εξοικείωση, χρειάστηκε περισσότερος χρόνος και περισσότερες συναντήσεις μέχρι να αποκτήσουν τις βασικές απαιτούμενες δεξιότητες που θα τους χρησίμευαν στην ανάλυση κίνησης με το VideoPoint. Κατά τη διάρκεια αυτών των συναντήσεων γινόταν λεπτομερής καταγραφή των σχολίων, των ερωτήσεων και των αντιδράσεων των φοιτητών σε σχέση με το VideoPoint, το σχεδιασμό των δραστηριοτήτων και της αλληλεπίδρασης τους με τον Η/Υ.

Στην πρώτη συνάντηση με κάθε φοιτητή, εξηγούσαμε το σκοπό της έρευνας μας και πως επιθυμούμε από αυτόν, εκτός από τη συμμετοχή του σύμφωνα με τις οδηγίες μας, να μας δίνει ελεύθερα τη γνώμη του για κάθε πτυχή της συμμετοχής του. Στη συνέχεια, δίναμε στους φοιτητές το ερωτηματολόγιο εν είδος προ-τεστ και υπό μορφή δραστηριότητας (παράρτημα 5.1) που είχε τίτλο «Δραστηριότητα $2^{η}$ – Χωρίς VideoPoint». Αυτό το ερωτηματολόγιο εξέταζε την κατανόηση των φοιτητών στις έννοιες που περιγράψαμε στην παράγραφο που αφορά τον σχεδιασμό της προκαταρκτικής μελέτης.

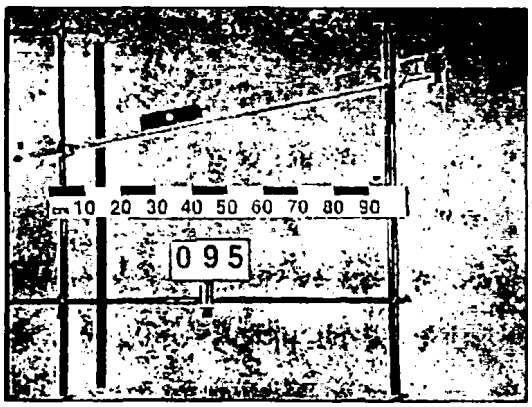
Κατά τη δεύτερη ή και τρίτη συνάντηση γινόταν η εξοικείωση των φοιτητών με το λογισμικό VideoPoint, που επιτρέπει την συλλογή και ανάλυση δεδομένων κίνησης από ταινίες σε μορφή ψηφιακού βίντεο (ενότητα 3.4.3). Ο αριθμός των συναντήσεων, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ήταν συνάρτηση της αρχικής εξοικείωσης των φοιτητών με τους Η/Υ. Η διαδικασία της εξοικείωσης περιείχε 3 βήματα. Στο πρώτο βήμα οι φοιτητές παρακολουθούσαν τον ερευνητή να

χρησιμοποιεί το λογισμικό και να διεξάγει την ανάλυση της κίνησης, στιγμιότυπο της οποίας φαίνεται στην εικόνα 5.1. Σε αυτή την ταινία, μελετάται η παραβολική κίνηση της σφαίρας που εκτοξεύεται από το κανονάκι που κρατά ο άνθρωπος.



Εικόνα 5. 1 - Στιγμιότυπο βίντεο με παραβολική κίνηση

Στη συνέχεια της συνάντησης (ή των συναντήσεων) ο έλεγχος του λογισμικού περνούσε στον φοιτητή που επεξεργαζόταν μια διαφορετική ταινία που περιείχε κίνηση, στιγμιότυπο της οποίας φαίνεται στην εικόνα 5.2.



Εικόνα 5. 2 - Στιγμιότυπο κίνησης δραστηριότητας εξοικείωσης

Στην ταινία αυτή, μία σφαίρα (δεξιά στην εικόνα 5.2) πέφτει υπό την επίδραση της βαρύτητας. Η σφαίρα είναι συνδεδεμένη μέσω νήματος με τον δρομέα που κινείται ανηφορικά στην τροχιά λόγω της τάσης του νήματος. Η κίνηση αυτή είναι πολύπλοκη και επιλέχθηκε ώστε να προκαλεί το ενδιαφέρον των φοιτητών καθώς δεν θα γνώριζαν από τα μαθητικά τους χρόνια τα χαρακτηριστικά αυτής της κίνησης. Επιπλέον, δίνοντας στους φοιτητές την δυνατότητα να εξασκηθούν με μία τόσο γενική περίπτωση δισδιάστατης κίνησης, εξασφαλίζαμε ότι θα ήταν αναγκασμένοι (και υπό την καθοδήγηση μας) να ασχοληθούν με όλες τις πτυχές της ανάλυσης που μπορούσε να παρέχει το λογισμικό.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Στην επόμενη συνάντηση οι φοιτητές εκτέλεσαν την δραστηριότητα με τίτλο «Δραστηριότητα 1η – Μαθαίνοντας το VideoPoint» που παρατίθεται στο παράρτημα 5.3. Σκοπός αυτής της δραστηριότητας ήταν η περαιτέρω εξοικείωση των φοιτητών με το λογισμικό και τις δυνατότητες του. Μέσα από αυτή την εξοικείωση, ταυτόχρονα οι φοιτητές γνώριζαν διαφορετικές και δυναμικά συνδεδεμένες αναπαραστάσεις για την κίνηση και με τη βοήθεια των εργαλείων που παρείχε το λογισμικό, απαντούσαν σε ερωτήματα που έθετε ο ερευνητής υπό μορφή συζήτησης και αφορούσαν τις έννοιες που εξέταζε η προκαταρκτική μελέτη (ενότητα 5.2). Επιπλέον, η δραστηριότητα αυτή είχε το σκοπό να εξοικειώσει τους φοιτητές με την εκτέλεση βημάτων ακολουθώντας γραπτές οδηγίες που θα ήταν απαραίτητη για τη συνέχεια της μελέτης μας. Με το πέρας αυτής της δραστηριότητας ολοκληρωνόταν και η πειραματική παρέμβαση και ακολουθούσε η τελική αξιολόγηση των φοιτητών.

Έτσι, στην επόμενη και τελευταία συνάντηση, στους φοιτητές δόθηκε μια τροποποιημένη έκδοση του ερωτηματολογίου που είχε χρησιμοποιηθεί ως προ-τεστ και τώρα θα είχε το ρόλο του μετά-τεστ. Σε αυτό το μετά-τεστ εξετάστηκαν οι ίδιες έννοιες, αλλά οι φοιτητές θα είχαν τη δυνατότητα να απαντήσουν στο ερωτηματολόγιο-δραστηριότητας (παρατίθεται στο παράρτημα 5.2) χρησιμοποιώντας το VBL περιβάλλον. Η κίνηση την οποία οι φοιτητές έπρεπε να φανταστούν στο προ-τεστ, τώρα ήταν μπροστά τους, στην οθόνη του υπολογιστή. Επιπλέον, τα εργαλεία που είχαν στη διάθεση τους για την μελέτη της, τώρα ήταν τα εργαλεία που τους παρείχε το λογισμικό σε αντίθεση με το χαρτί και το μολύβι που είχαν κατά την πρώτη συνάντηση. Με το μετά-τεστ εξετάστηκε η μεταβολή στις απαντήσεις των φοιτητών που είχε επέλθει χάρη στην πειραματική παρέμβαση.

5.4. Αποτελέσματα

Τα ερωτηματολόγια που παρουσιάστηκαν ως «Δραστηριότητα 2 Με/Χωρίς VideoPoint» χρησιμοποιήθηκαν ως προ- και μετά- τεστ της επίδοσης των φοιτητών στις έννοιες και δεξιότητες που παρουσιάστηκαν σε προηγούμενη παράγραφο αυτού του κεφαλαίου. Σε συνδυασμό με τις αναλυτικές σημειώσεις που κρατούσε ο ερευνητής κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων με τους φοιτητές, κωδικοποιήθηκαν οι απαντήσεις και καταρτίστηκαν τρεις πίνακες με τις αντίστοιχες συμπεριφορές – επιδόσεις των φοιτητών για το προ- και το μετά- ερωτηματολόγιο. Οι πίνακες αυτοί

παρατίθενται στο παράρτημα 5.4. Παρουσιάζουμε παρακάτω τον πίνακα που προκύπτει από τους τρεις πίνακες του παραρτήματος 5.4 και περιέχει εκείνες τις συμπεριφορές – έννοιες στις οποίες παρουσιάστηκαν οι μεγαλύτερες μεταβολές.

5.4.1. Ανάλυση Παρατηρήσεων Προκαταρκτικής Μελέτης

Παρουσιάζεται σε αυτό το σημείο η ανάπτυξη και μια σύντομη ανάλυση των παρατηρήσεων του πίνακα 5.1

● → Αντιπροσωπεύει Επιτυχία ○ → Αντιπροσωπεύει Μερική Επιτυχία							
			Υποκείμενο 1	Υποκείμενο 2	Υποκείμενο 3	Υποκείμενο 4	Υποκείμενο 5
1*	Χρήση μόνο 0-2 τυχαίων ζευγών αριθμών για την εύρεση του ρυθμού μεταβολής μιας λίστας 20 αριθμών	Προ		●	●	○	○
		Μετά			●		
2	Εντοπισμός σημείων τομής 2 ή περισσότερων καμπύλων σε μία γραφική παράσταση	Προ	○		●		○
		Μετά	○	●	●	●	○
3	Απόδοση συντεταγμένων σε σημεία τομής 2 ή περισσότερων καμπύλων σε μία γραφική παράσταση	Προ	●				●
		Μετά	●	●	●	○	
4	Επιβεβαίωση της συνέπειας μεταξύ δεδομένων ερωτηματολογίου με δεδομένα που αντλούνται από τις γραφικές παραστάσεις	Προ	●				●
		Μετά	●		○	●	●
5	Χρήση των τιμών του πίνακα προκειμένου να απαντηθούν ερωτήσεις που βασίζονταν σε γραφικές παραστάσεις	Προ					○
		Μετά		●		●	○
6	Πρόβλεψη των συνεπειών παράλληλης μεταφοράς και στροφής του Συστήματος Αναφοράς στις συντεταγμένες κίνησης	Προ	●		●		
		Μετά	●	○	●	○	○
7	Πρόβλεψη των συνεπειών παράλληλης μεταφοράς του Συστήματος Αναφοράς στις συνιστώσες της ταχύτητας	Προ					
		Μετά	●		○	○	
8	Πρόβλεψη των συνεπειών στροφής του Συστήματος Αναφοράς στις συνιστώσες της ταχύτητας	Προ				○	
		Μετά	○	○	○	○	●

Πίνακας 5. 1 - Σημαντικότερα αποτελέσματα προκαταρκτικής μελέτης

.Πρόκειται για τις παρατηρήσεις που προέκυψαν από την προκαταρκτική μελέτη και αφορούν έννοιες και δεξιότητες για τις οποίες υπήρξε σημαντική μεταβολή από το προ- στο μετά- ερωτηματολόγιο της προκαταρκτικής μελέτης.

* Αναφέρεται σε αρνητική Συμπεριφορά/Στάση/Αντίληψη, ενώ όλες οι άλλες παρατηρήσεις αναφέρονται σε θετικές Συμπεριφορές/Στάσεις/Αντιλήψεις

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

5.4.1.1. Παρατήρηση 1

Τόσο στο προ- όσο και στο μετά- ερωτηματολόγιο, ζητήθηκε από τους φοιτητές να διαβάσουν έναν πίνακα συντεταγμένων που είχε 20 τιμές για κάθε συντεταγμένη και τις αντίστοιχες τιμές για τον χρόνο και αφορούσε την ταυτόχρονη κίνηση 3 αντικειμένων (εικόνα 5.3).

Table

		Point S1		Point S2		Point S3	
	time (s)	x-pos (m)	y-pos (m)	x-pos (m)	y-pos (m)	x-pos (m)	y-pos (m)
1	0 000	1 721	0 9647	0 09615	0 6410	1 644	0 4872
2	0 1000	1 721	0 9615	0 1603	0 6442	1 603	0 4872
3	0 2000	1 708	0 9583	0 2212	0 6474	1 558	0 4872
4	0 3000	1 692	0 9583	0 2821	0 6410	1 516	0 4872
5	0 4000	1 663	0 9583	0 3429	0 6442	1 468	0 4872
6	0 5000	1 628	0 9519	0 4038	0 6442	1 423	0 4840
7	0 6000	1 587	0 9487	0 4647	0 6474	1 378	0 4872
8	0 7000	1 538	0 9423	0 5288	0 6474	1 337	0 4872
9	0 8000	1 474	0 9391	0 5897	0 6442	1 295	0 4840
10	0 9000	1 417	0 9327	0 6538	0 6474	1 250	0 4840
11	1 000	1 340	0 9231	0 7147	0 6442	1 208	0 4904
12	1 100	1 260	0 9167	0 7756	0 6442	1 160	0 4840
13	1 200	1 173	0 9103	0 8397	0 6474	1 122	0 4840
14	1 300	1 074	0 9006	0 9006	0 6474	1 080	0 4840
15	1 400	0 9712	0 8910	0 9647	0 6442	1 032	0 4840
16	1 500	0 8622	0 8782	1 022	0 6442	0 9936	0 4872
17	1 600	0 7436	0 8718	1 087	0 6474	0 9519	0 4840
18	1 700	0 6218	0 8558	1 147	0 6442	0 9006	0 4808
19	1 800	0 4840	0 8429	1 212	0 6442	0 8654	0 4840
20	1 900	0 3429	0 8301	1 272	0 6442	0 8269	0 4840

Εικόνα 5. 3 - Στιγμιότυπο από τον πίνακα συντεταγμένων του VideoPoint

Από τον πίνακα αυτό, οι φοιτητές έπρεπε να διατυπώσουν τις παρατηρήσεις και τα σχόλια τους για κάθε συντεταγμένη. Χωρίς άλλη οδηγία ή ερώτηση, στο προ-τεστ τέσσερις από τους πέντε φοιτητές προσπάθησαν στα σχόλια τους να συμπεριλάβουν κρίσεις σχετικά με το ρυθμό μεταβολής των συντεταγμένων. Τα συμπεράσματα τους για το ρυθμό μεταβολής βασίζονταν είτε σε νοερούς υπολογισμούς, είτε σε γραπτούς υπολογισμούς, όπου όμως, δεν χρησιμοποίησαν πάνω από δύο ζεύγη αριθμών. Καθώς η λίστα, όπως αναφέρθηκε αρχικά, περιείχε 20 ζεύγη τιμών (με 3 δεκαδικά ψηφία) για κάθε συντεταγμένη και την αντίστοιχη τιμή του χρόνου, είναι προφανές ότι δεν μπορεί κανείς να κάνει κρίσεις για το ρυθμό μεταβολής της συντεταγμένες με νοερούς υπολογισμούς ή υπολογισμούς με δύο μόνο ζεύγη τιμών.

Αυτού του είδους οι προσπάθειες για πρόχειρο υπολογισμό του ρυθμού μεταβολής έχουν εξαφανιστεί στο μετά-τεστ στις 3 από τις 4 αρχικές περιπτώσεις. Στο μετά-τεστ οι φοιτητές δίνουν την περιγραφή για την εξέλιξη της κάθε

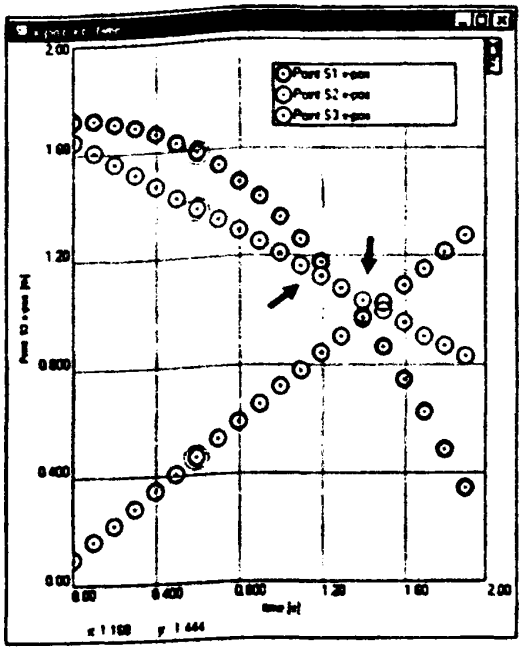
συντεταγμένες συναρτήσει του χρόνου βάσει των τιμών του πίνακα, περιγράφοντας το αν αυξάνεται, μειώνεται ή παραμένει σταθερή. Σχόλια για το ρυθμό μεταβολής δεν υπάρχουν. Πιστεύουμε ότι αυτή η αλλαγή οφείλεται στο ότι με την διαδικασία της ανάλυσης της κίνησης στο λογισμικό, συνέδεσαν τις τιμές του πίνακα με μεγέθη που αφορούν την κίνηση τριών αντικειμένων. Σε αυτή τη σύνδεση οφείλεται η εγκατάλειψη της προσπάθειας για πρόχειρο υπολογισμό του ρυθμού μεταβολής των συντεταγμένων, καθώς οι αριθμοί του πίνακα πλέον αντιπροσωπεύουν την εξέλιξη ενός πολύπλοκου φαινόμενου, την ταυτόχρονη κίνηση τριών σωμάτων. Έτσι, οι φοιτητές είναι πιο επιφυλακτικοί στο να διατυπώσουν πρόχειρα συμπεράσματα για τα οποία δεν είναι σίγουροι, καθώς το «κόστος» πιθανού λάθους από μεριάς τους πλέον θα πρέπει να μεταφράζεται στην κίνηση των σωμάτων. Επομένως θα υπήρχε ασυνέπεια μεταξύ της πρόβλεψης τους και της κίνησης που παρατηρούν στον υπολογιστή. Αντίθετα, κατά το προ-τεστ η κίνηση δεν ήταν «πραγματική» για τους φοιτητές, καθώς δεν μπορούσαν να την δουν και να την παρατηρήσουν, παρά μόνο να την φανταστούν. Έτσι, οι συνέπειες πιθανού λάθους από τον πρόχειρο υπολογισμό δεν θα έρχονταν σε σύγκρουση με κάποιο ακλόνητο δεδομένο.

5.4.1.2. Παρατήρηση 2

Το ερωτηματολόγιο ζητούσε από τους φοιτητές να εντοπίσουν τα σημεία τομής 3 καμπύλων ανά δύο σε μία γραφική παράσταση, που αντιστοιχούσαν στην κίνηση 3 αντικειμένων. Η γραφική παράσταση που δινόταν, δεν είχε τις καμπύλες σε συνεχείς μορφές, αλλά παρείχε διάφορα σημεία τους, που προέρχονταν από πειραματικές μετρήσεις (εικόνα 5.4). Οι φοιτητές προκειμένου να επισημάνουν τα σημεία τομής των 3 καμπύλων, έπρεπε πρώτα να φανταστούν τις τρεις καμπύλες που περνούν από το κάθε σύνολο σημείων και αντιστοιχούν στην κίνηση του κάθε σώματος.

Στο προ-τεστ, μόνο ένας από τους πέντε κατάφερε να επισημάνει και τα δύο σημεία τομής, ενώ δύο ακόμη μπόρεσαν να επισημάνουν το ένα από τα δύο σημεία τομής (στην εικόνα 5.4, δείχνονται με τα μπλε βέλη). Οι δύο εναπομείναντες φοιτητές δεν εντόπισαν κανένα από τα δύο σημεία τομής των γραφικών παραστάσεων. Κατά τον αρχικό σχεδιασμό πιστεύαμε πως το συγκεκριμένο ερώτημα δε θα δημιουργούσε δυσκολίες στους φοιτητές, αλλά τελικά φαίνεται πως η παρεμβολή (interpolation) για τις 3 καμπύλες δεν είναι μια τόσο απλή και αυτονόητη διαδικασία για τους φοιτητές.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ



Εικόνα 5. 4 - Γραφική παράσταση x(t) για τη 2η Δραστηριότητα

Στο μετά-τεστ, η εικόνα παραμένει ως είχε για τους φοιτητές που είχαν αρχικά μερική ή πλήρη επιτυχία, ενώ βλέπουμε ότι οι δύο φοιτητές που είχαν αποτύχει τελείως στην αρχή, τώρα κατορθώνουν και επισημαίνουν και τα δύο σημεία τομής. Η μεταβολή αυτή μπορεί να αποδοθεί στην βελτιωμένη νοητική εικόνα για την κίνηση που είχαν οι φοιτητές μετά τη χρήση του λογισμικού, η οποία τους βοηθά σημαντικά να κάνουν την απαιτούμενη παρεμβολή (interpolation).

5.4.1.3. Παρατήρηση 3

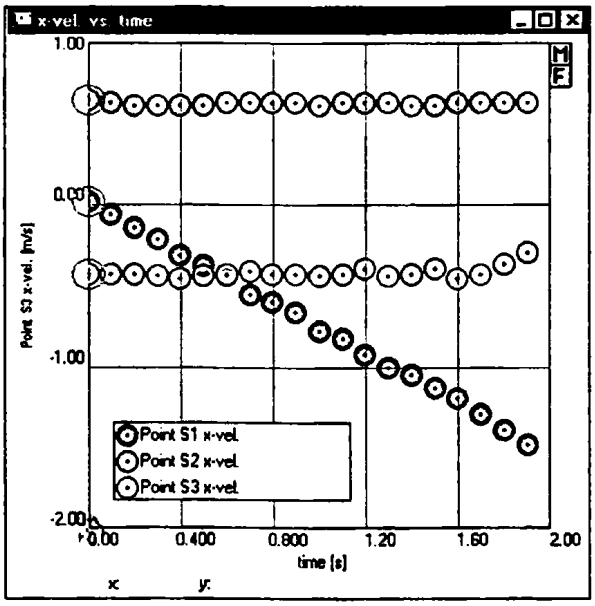
Επεκτείνοντας την παρατήρηση 2, βλέπουμε πως από τους 3 φοιτητές που κατάφεραν στο προ-τεστ να επισημάνουν τουλάχιστον ένα από τα σημεία τομής των καμπύλων της εικόνας 5.4, μόνο οι δύο κατορθώνουν να ορίσουν ποιο είναι το σημείο τομής. Για τον ορισμό του χρησιμοποιούν είτε τις συντεταγμένες αναφορικά με τους άξονες της γραφικής παράστασης είτε μόνο την αντίστοιχη τιμή του χρόνου (που φαίνεται στον οριζόντιο άξονα της γραφικής παράστασης).

Στο μετά-τεστ παρατηρούμε πως οι τρεις φοιτητές που αρχικά είχαν αποτύχει κατορθώνουν πλέον να δώσουν τον ορισμό των σημείων τομής των τριών καμπύλων με επιτυχία. Κατά το μετά-τεστ οι φοιτητές είχαν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν το λογισμικό την ώρα που απαντούν. Έτσι, αξιοποιώντας τις δυνατότητες του,

τοποθετούσαν τον δείκτη του ποντικιού πάνω από τα σημεία τομής στη γραφική παράσταση και το λογισμικό τους έδειχνε στο κάτω αριστερά μέρος του παραθύρου τις αντίστοιχες τιμές x και y (αναφορικά με τους άξονες της γραφικής παράστασης). Ήταν επομένως φυσικό το ότι παρατηρήθηκε αυτή η βελτίωση. Για τους σκοπούς της πρόερευνας μας, η μεταβολή αυτή είναι ενδεικτική της βελτίωσης στην ανάγνωση των γραφικών παραστάσεων που έχει προκύψει από την ενασχόληση τους με αυτές στα πλαίσια της ανάλυσης κίνησης με το λογισμικό. Δεν είναι παρόλα αυτά σαφές αν η μεταβολή σχετίζεται και κατά πόσο με το ότι η ενασχόληση με τις γραφικές παραστάσεις έγινε στο συγκεκριμένο περιβάλλον και με το συγκεκριμένο τρόπο.

5.4.1.4. Παρατήρηση 4

Για τα τρία κινούμενα αντικείμενα που συμμετέχουν στην κίνηση της δραστηριότητας του προ- και μετά-τεστ, δόθηκε στους φοιτητές η γραφική παράσταση της x-συνιστώσας της (της οριζόντιας δηλαδή) ταχύτητας συναρτήσει του χρόνου (εικόνα 5.5). Καθώς δύο από τα τρία αντικείμενα κινούνταν προς τις αρνητικές τιμές του άξονα x του συστήματος αναφοράς, η αλγεβρική τιμή της x-συνιστώσας της ταχύτητας τους ήταν αρνητική. Το ερωτηματολόγιο, εκ παραδρομής, ζητούσε από τους φοιτητές «να ερμηνεύσουν τις αρνητικές τιμές για την ταχύτητα για τα 3 σώματα».



Εικόνα 5. 5 - Γραφική παράσταση x-ταχύτητας συναρτήσει χρόνου για τη 2η Δραστηριότητα

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Δεν πήραμε ικανοποιητικές απαντήσεις επί της ουσίας του ερωτήματος, όμως παρατηρήθηκε η εξής ενδιαφέρουσα συμπεριφορά. Κάποιοι φοιτητές παρατήρησαν πως δεν έχουν και τα 3 σώματα αρνητική ταχύτητα και πως η εκφώνηση δεν είναι σωστή. Συγκεκριμένα, στις προ- συνεντεύξεις ήταν δύο οι φοιτητές που έκαναν αυτή την παρατήρηση, ενώ στις μετά συνεντεύξεις ο αριθμός έχει ανέβει στους τέσσερις. Καθώς η γραφική παράσταση που υπήρχε στο προ- και στο μετά- ερωτηματολόγιο ήταν ακριβώς η ίδια (εικόνα 5.4), δεν μπορούμε να αποδώσουμε αυτή τη μεταβολή σε κάποιο από τα χαρακτηριστικά του λογισμικού. Πιστεύουμε πως η μεταβολή αυτή παρατηρήθηκε χάρη στο σχεδιασμό της δραστηριότητας και στο διαφορετικό ρόλο που είχαν οι φοιτητές κατά την εκπλήρωση της προ- και μετά. Στο προ-τεστ οι φοιτητές συμμετείχαν συμπληρώνοντας απλώς τις απαντήσεις τους χρησιμοποιώντας χαρτί και μολύβι, ενώ στο μετά-τεστ ήταν ελεύθεροι να χρησιμοποιούν το λογισμικό για την ανάλυση της κίνησης από την οποία είχε προέλθει η γραφική παράσταση της εικόνας 5.4. Ο ρόλος επομένως που είχαν στο μετά-τεστ δεν ήταν παθητικός, αλλά ενεργητικός. Είχαν το ρόλο του πειραματιστή, καθώς οι ίδιοι έπρεπε χρησιμοποιώντας το λογισμικό να παράγουν τη γραφική παράσταση που έπρεπε να μελετήσουν και να ερμηνεύσουν. Το γεγονός αυτό πιστεύουμε ότι τους έκανε πιο επιφυλακτικούς απέναντι στις πληροφορίες που τους δίνονταν ως δεδομένες, τις οποίες διασταύρωναν πλέον οι ίδιοι με τα δικά τους πειραματικά δεδομένα. Έτσι, η ασυνέπεια μεταξύ εκφώνησης και γραφικής παράστασης που στο προ-τεστ είχε περάσει απαρατήρητη για τρεις από τους πέντε φοιτητές, πλέον επισημαίνεται και σχολιάζεται από τέσσερις στο μετά-τεστ.

5.4.1.5. Παρατήρηση 5

Στο ερωτηματολόγιο, δίνονταν κάποιες γραφικές παραστάσεις και με βάση αυτές ζητούσαμε από τους φοιτητές να δώσουν κάποιες απαντήσεις σε σχετικά ερωτήματα. Πριν την δραστηριότητα ανάλυσης κίνησης στο λογισμικό, μόνον ένας φοιτητής από τους πέντε συμβουλεύτηκε τον πίνακα των συντεταγμένων προκειμένου να απαντήσει σε ερώτηση που βασιζόταν σε κάποια γραφική παράσταση. Μετά την εξοικείωση με το λογισμικό και τη μελέτη διάφορων κινήσεων στο περιβάλλον του, είναι τρεις από τους πέντε οι φοιτητές που επιλέγουν αυτή τη στρατηγική.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Η μεταβολή αυτή πιστεύουμε πως δείχνει την σύνδεση που δημιουργήθηκε ανάμεσα σε διαφορετικές αναπαραστάσεις της κίνησης μετά τις δραστηριότητες ανάλυσης κίνησης στο περιβάλλον του λογισμικού. Η αναπαράσταση του πίνακα και της γραφικής παράστασης που αρχικά ήταν ασύνδετες και ανεξάρτητες για τους φοιτητές, πλέον αντιπροσωπεύουν δύο όψεις του ίδιου νομίσματος. Έτσι, οι φοιτητές στο μετά-τεστ, έχοντας αποκτήσει εξοικείωση με τις διαφορετικές αναπαραστάσεις του λογισμικού για την κίνηση, επιλέγουν αυθόρμητα να συμβουλευτούν μια αναπαράσταση διαφορετική από αυτή που τους προτείνεται προκειμένου να απαντήσουν σε ένα από τα ερωτήματα.

5.4.1.6. Παρατηρήσεις 6 – 7 – 8

Παρουσιάζουμε σε αυτό το σημείο την ανάπτυξη και αιτιολόγηση των παρατηρήσεων 6, 7 και 8 μαζί, καθώς αφορούν και οι τρεις το σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται για την μελέτη της κίνησης. Από τις παρατηρήσεις 6, 7, 8 που φαίνονται στον πίνακα 5.1, εύκολα συμπεραίνει κανείς πως αυτού του είδους το λογισμικό σε συνδυασμό με κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες, έχει το δυναμικό να προκαλέσει σημαντικές θετικές αλλαγές όσον αφορά την κατανόηση του ρόλου του συστήματος αναφοράς στη μελέτη της κίνησης.

Το σύστημα αναφοράς είναι ένα σύστημα αξόνων με συγκεκριμένη αρχή και προσανατολισμό, το οποίο αντιστοιχεί στις μετρήσεις για τις συντεταγμένες και τον χρόνο κινούμενων αντικειμένων που θα έκανε ένας παρατηρητής εφοδιασμένος με ρολόι που θα βρισκόταν στο (0,0) του συστήματος αναφοράς. Ένας δεύτερος παρατηρητής που βρίσκεται σε διαφορετική θέση από τον πρώτο, είναι προφανές ότι θα έβρισκε άλλες συντεταγμένες και έτσι η μαθηματική αναπαράσταση που θα δημιουργούσε για την κίνηση θα ήταν εν γένει τελείως διαφορετική. Είναι σαφές λοιπόν πως το σύστημα αναφοράς παίζει θεμελιώδη ρόλο στη μελέτη της κίνησης και πως στη γενική του περιγραφή είναι ένα μαθηματικό αντικείμενο αφηρημένης φύσης.

Οι φοιτητές στο μετά-τεστ είχαν πολύ μεγαλύτερη επιτυχία στο να απαντήσουν ερωτήσεις που αφορούσαν τη μορφή των αναπαραστάσεων της κίνησης συναρτήσει της εκάστοτε θέσης του συστήματος αναφοράς. Μελετώντας και τις απαντήσεις τους στο ερωτηματολόγιο, αλλά κυρίως τα προφορικά τους σχόλια, συμπεραίνουμε πως η

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

αιτία για την παρατηρούμενη μεταβολή είναι η δυναμική φύση του συστήματος αναφοράς στο λογισμικό VideoPoint.

Οι φοιτητές στο προ-τεστ είχαν δυσκολία στο να μπορέσουν να προβλέψουν τι μεταβολές θα προκαλούσε η μετακίνηση του ή η στροφή των αξόνων του σε άλλη θέση. Αυτό ήταν αναμενόμενο λόγω της αφηρημένης φύσης του συστήματος αναφοράς και της έλλειψης κάποιας συμπαγούς οπτικής αναπαράστασης του, που θα το καθιστούσε εργαλείο στα χέρια των φοιτητών. Η εικόνα στο μετά-τεστ έχει αντιστραφεί πλήρως ακριβώς για αυτό τον λόγο. Στο μετά-τεστ οι φοιτητές είχαν γνωρίσει το σύστημα αναφοράς ως ένα «φυσικό» αντικείμενο το οποίο μπορούσαν να μεταχειριστούν. Αυτό που εννοούμε με τον όρο «φυσικό» αντικείμενο είναι η δυναμική φύση του συστήματος αναφοράς, όπως αυτό υπάρχει στο λογισμικό VideoPoint. Στο περιβάλλον του VideoPoint οι άξονες του συστήματος αναφοράς είναι ορατοί σε κάθε καρέ της ταινίας. Με τη βοήθεια του ποντικιού οι φοιτητές μπορούσαν να τους μετακινούν σε άλλη θέση ή να στρίψουν τους άξονες, παρακολουθώντας ταυτόχρονα τι μεταβολές προκαλούσε αυτή τους η ενέργεια στον πίνακα συντεταγμένων και στις γραφικές παραστάσεις.

Αυτού του είδους ο πειραματισμός επέτρεψε τη δημιουργία κατ' αρχή μιας σύνδεσης μεταξύ του συστήματος αναφοράς και τη μορφή των γραφικών παραστάσεων και των τιμών του πίνακα των συντεταγμένων. Έγινε φανερό για τους φοιτητές ότι το σύστημα αναφοράς επηρεάζει τη μορφή των αναπαραστάσεων της κίνησης. Ο καθοδηγούμενος πειραματισμός από τις δραστηριότητες, μπόρεσε σε κάποιο βαθμό να τους οδηγήσει και σε συμπεράσματα σχετικά με τον τρόπο που το σύστημα αναφοράς επηρεάζει τη μορφή των γραφικών παραστάσεων και του πίνακα συντεταγμένων. Θέλουμε να σημειώσουμε πως τα σχόλια των φοιτητών όταν συνειδητοποίησαν αυτή τη σύνδεση ήταν του ύφους «Αααα... τώρα κατάλαβα τι γίνεται!», φανερώνοντας έκπληξη και κάποιου είδους «ανακάλυψη» της διαδικασίας που ως τότε αγνοούσαν. Για την ανακάλυψη τους αυτή έκαναν ιδιαίτερα θετικά σχόλια, τονίζοντας πως μέχρι τότε δεν είχαν καταλάβει ποτέ σε τέτοιο βαθμό το ρόλο του συστήματος αναφοράς.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

5.4.1.7. Στάση απέναντι στο λογισμικό και τις δραστηριότητες

Παρουσιάζουμε σε αυτό το σημείο το συμπέρασμα που προέκυψε μετά το πέρας της προκαταρκτικής μελέτης για την στάση που είχαν διαμορφώσει οι φοιτητές απέναντι στην μέθοδο που είχε ακολουθηθεί. Θέλουμε πρώτα να σημειώσουμε πως στην αρχή της προκαταρκτικής μελέτης υπήρχε ανησυχία σχετικά με την ελλιπή εξοικείωση των φοιτητών με τους Η/Υ. Μόνο ένας από τους πέντε φοιτητές ήταν καλός χειριστής του υπολογιστή, ενώ δύο είχαν μέτρια εξοικείωση και δύο δεν είχαν χρησιμοποιήσει Η/Υ ποτέ στο παρελθόν.

Είναι ενθαρρυντικό πως μετά το πέρας των δραστηριοτήτων και οι πέντε ήταν πολύ καλοί χειριστές του λογισμικού VideoPoint. Κατείχαν σε ικανοποιητικό βαθμό τις δεξιότητες της συλλογής δεδομένων, του ορισμού κλίμακας για τα δεδομένα, της ανάγνωσης του πίνακα συντεταγμένων και της δημιουργίας γραφικών παραστάσεων για τα δεδομένα που είχαν συλλέξει, καθώς και της μελέτης της κίνησης από διαφορετικό σύστημα αναφοράς. Αυτή η παρατήρηση είναι εντυπωσιακή, δεδομένου πως αρχικά δύο φοιτητές δεν μπορούσαν καν να χειριστούν το ποντίκι του υπολογιστή και η μεταβολή αυτή συνέβη σε όχι περισσότερο από 5 ώρες ενασχόλησης.

Οι ίδιοι οι φοιτητές ξαφνιάστηκαν με το βαθμό εξοικείωσης τους με το λογισμικό και την ικανότητα που είχαν αναπτύξει να αναλύουν με αυτή πολύπλοκες κινήσεις. Το γεγονός αυτό είχε θετική επίπτωση στην αυτοεκτίμηση τους. Κάποιοι από αυτούς εξέφρασαν την έκπληξη τους, καθώς στο παρελθόν είχαν αρνητική στάση προς τους Η/Υ και δεν πίστευαν πως η εργασία και η μάθηση με αυτούς μπορεί να είναι τόσο εύκολη. Επίσης εξέφρασαν θετικά σχόλια για το πώς μια διαφορετική από την παραδοσιακή προσέγγιση στη διδασκαλία των Μαθηματικών και της Φυσικής με τη βοήθεια του υπολογιστή μπορεί να είναι πιο ενδιαφέρουσα και πόσο καλύτερα τους έκανε να νιώθουν το γεγονός ότι συμμετείχαν ενεργά σε αυτά που μάθαιναν.

5.5. Σύνοψη Αποτελεσμάτων Προκαταρτικής Μελέτης

Τα σημαντικότερα αποτελέσματα της προ-έρευνας, οι δεξιότητες και έννοιες δηλαδή στις οποίες παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ των προ- και μετά απαντήσεων, είναι τα εξής:

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

1. Συσχετισμός μιας λίστας αριθμητικών δεδομένων που προέρχονται από ένα πείραμα με την φυσική τους ερμηνεία. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ασχολούμαστε με πειράματα κινηματικής και την ερμηνεία των πειραματικών δεδομένων για τις συντεταγμένες των κινούμενων σωμάτων στα πλαίσια της κίνησης που πράγματι εκτέλεσαν τα κινούμενα σώματα.

2. Εντοπισμός των σημείων τομής δύο ή τριών νοητών γραφικών παραστάσεων που αποτελούνται μόνο από τα πειραματικά σημεία για μεγέθη κινηματικής που αφορούν στην ταυτόχρονη κίνηση δύο ή τριών σωμάτων. Επιπλέον του εντοπισμού, βελτίωση παρουσιάστηκε και στον ορισμό αυτών των σημείων τομής. Ο ορισμός έγινε είτε με τη χρήση των συντεταγμένων των σημείων αναφορικά με το σύστημα αξόνων της γραφικής παράστασης, είτε σε σχέση με το αντίστοιχο καρέ (άρα και του αντίστοιχου χρόνου) του βίντεο.

3. Σύγκριση της εκφώνησης μιας άσκησης (που αναφέρεται σε κάποια συνοδευτική γραφική παράσταση) με την συνοδευτική γραφική παράσταση προκειμένου να διαπιστωθεί η συνέπεια των όσων αναφέρονται στην εκφώνηση με αυτά που φαίνονται στην γραφική παράσταση.

4. Χρήση και δεύτερης αναπαράστασης προκειμένου να δοθεί απάντηση σε ένα ερώτημα που προτρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποια άλλη αναπαράσταση. Στην περίπτωση μας χρησιμοποιήθηκε η αναπαράσταση ενός αριθμητικού πίνακα που περιείχε τις συντεταγμένες κίνησης για την ταυτόχρονη κίνηση τριών σωμάτων, προκειμένου για ερώτημα που προέτρεπε στη χρήση αντίστοιχης γραφικής παράστασης.

5. Κατανόηση του ρόλου του συστήματος αναφοράς κατά την ανάλυση της κίνησης. Συγκεκριμένα, της εξάρτησης της μορφής των γραφικών παραστάσεων που αφορούν σε μεγέθη κινηματικής της υπό μελέτη κίνησης, από την θέση της αρχής του συστήματος αναφοράς, καθώς και από τον προσανατολισμό των αξόνων του.

6. Βελτίωση της αυτοεκτίμησης και αυτοπεποίθησης των φοιτητών σχετικά με την εργασία με Η/Υ. Θετική στάση απέναντι στη μέθοδο της ανάλυσης κίνησης με το λογισμικό VideoPoint για την διδασκαλία Μαθηματικών και Φυσικής.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

5.6. Συμπεράσματα από την Προκαταρκτική Μελέτη

Από την προκαταρκτική μελέτη αντλήθηκαν τα συμπεράσματα τα οποία επιζητούσαμε για τον καλύτερο σχεδιασμό της κυρίως έρευνας. Φάνηκε πως η μελέτη της κίνησης μέσα από το περιβάλλον του λογισμικού VideoPoint έχει τη δυνατότητα να ενισχύσει τις γνώσεις και να βελτιώσει τις δεξιότητες των φοιτητών στις γραφικές παραστάσεις, στην κατανόηση τους για τα συστήματα αναφοράς και στη σύνδεση διαφορετικών αναπαραστάσεων της κίνησης. Εντοπίστηκαν, όπως περιγράφονται στους σχετικούς πίνακες, ορισμένα επιμέρους σημεία για τα οποία υπήρξε σημαντική βελτίωση καθώς και άλλα στα οποία δεν παρατηρήθηκε αξιόλογη μεταβολή. Καταγράψαμε την στάση των φοιτητών απέναντι στη χρήση του υπολογιστή με αυτή τη μέθοδο για την υποστήριξη της μάθησης στα Μαθηματικά και τη Φυσική και εντοπίσαμε αδυναμίες του σχεδιασμού της προκαταρκτικής μελέτης που θα έπρεπε να αποφευχθούν στο μέλλον. Τα αποτελέσματα και συμπεράσματα της προκαταρκτικής μελέτης παρουσιάστηκαν και συζητήθηκαν σε δύο διεθνή συνέδρια (Pappas et al., 2001, Pappas et al., 2002) βοηθώντας έτσι στον σχεδιασμό για το επόμενο στάδιο της έρευνας μας, την κυρίως έρευνα.

5.7. Περίληψη

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάστηκε ο σχεδιασμός, η διεξαγωγή και τα αποτελέσματα της προκαταρκτικής μας μελέτης. Σκοπός της προκαταρκτικής μελέτης ήταν να διαπιστωθούν οι σημαντικές παράμετροι που σχετίζονται με την μάθηση με τη βοήθεια του υπολογιστή και της μεθόδου της ανάλυσης κίνησης από ψηφιακό βίντεο. Ο προσδιορισμός αυτών των παραμέτρων και των όποιων αδυναμιών επί της διαδικασίας πιθανώς εντοπίζαμε, θα επέτρεπαν τον καλύτερο προσδιορισμό των μεθόδων της κυρίως έρευνας μας

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Κεφάλαιο 6° – Αποτελέσματα

6.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας μας. Χωρίζεται σε δύο τμήματα. Στο πρώτο τμήμα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ποσοτικής ερευνητικής μεθόδου και στο δεύτερο τμήμα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ποιοτικής ερευνητικής μεθόδου που ακολουθήσαμε.

6.2. Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων Ερωτηματολογίου

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων του ερωτηματολογίου ακολουθήθηκε η μεθοδολογία που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 4 (ενότητα 4.10.1). Στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου παρουσιάζονται με πίνακες και γραφικές παραστάσεις (όπου κρίνεται απαραίτητο) τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δεδομένων του ερωτηματολογίου τόσο για την περιγραφική στατιστική όσο και για τη συμπερασματική στατιστική. Θα θέλαμε να σημειώσουμε πως για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της στατιστικής ανάλυσης στη συνέχεια του κεφαλαίου, χρησιμοποιείται συχνά η ορολογία «Προ» και «Μετά». Οι όροι αυτοί όπου συναντιούνται θα εννοούν τις μετρήσεις αντίστοιχα προ της πειραματικής παρέμβασης και μετά την πειραματική παρέμβαση.

6.2.1. Συνολικό Σκορ

Η πιο σημαντική μεταβλητή που μετρήθηκε με το ερωτηματολόγιο για τις γραφικές παραστάσεις είναι το Συνολικό Σκορ στο ερωτηματολόγιο αξιολόγησης. Αυτό αντιπροσωπεύει την κατανόηση των γραφικών παραστάσεων για τους φοιτητές, με μέγιστο δυνατό σκορ το 50. Ο μέσος όρος για το συνολικό σκορ των φοιτητών πριν την πειραματική μας παρέμβαση ήταν 17,92, ενώ μετά την πειραματική παρέμβαση έγινε περίπου 24,63 (πίνακας 6.1). Δηλαδή, παρατηρήθηκε διαφορά

37,4% υπέρ του Μέσου Όρου του Συνολικού Σκορ Μετά την πειραματική παρέμβαση.

	N	Ελάχιστο	Μέγιστο	**Μέσος Όρος**	Τυπική Απόκλιση
Συνολικό Σκορ - Προ	48	5,00	30,00	**17,92**	5,70
Συνολικό Σκορ - Μετά	48	7,00	39,00	**24,63**	6,87

Πίνακας 6. 1 - Συνολικό Σκορ Προ και Μετά

Για να ελεγχθεί η στατιστική σημαντικότητα της παρατηρούμενης διαφοράς χρησιμοποιήσαμε το t-test για δίπλευρη κατανομή κατά ζεύγη. Το αποτέλεσμα του t-test όπως φαίνεται στον πίνακα 6.3 (t=11,337 και p<0,005[18]) δείχνει ότι η παρατηρούμενη διαφορά είναι στατιστικά σημαντική. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύει και η παρατήρηση πως ανάμεσα από το κατώτερο και ανώτερο άκρο του 95% διαστήματος εμπιστοσύνης δεν περιέχεται η τιμή μηδέν. Η υψηλή συσχέτιση που αποκαλύπτει ο πίνακας 6.2 σημαίνει πως οι φοιτητές που είχαν υψηλό σκορ πριν την πειραματική παρέμβαση, σημείωσαν υψηλό σκορ και μετά από αυτήν.

	N	Συντελεστής Συσχέτισης	Sig.
Συνολικό Σκορ Μετά & Συνολικό Σκορ Προ	48	0,803	0,000

Πίνακας 6. 2 - Συσχέτιση μεταξύ Συνολικό Σκορ Προ και Συνολικό Σκορ Μετά

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Σφάλμα Μέσου Όρου	95% Διάστημα Εμπιστοσύνης της Διαφοράς				
				Κατώτερο	Ανώτερο			
Συνολικό Μετά – Συνολικό Προ	6,70	4,09	0,59	5,51	7,89	11,337	47	**0,000**

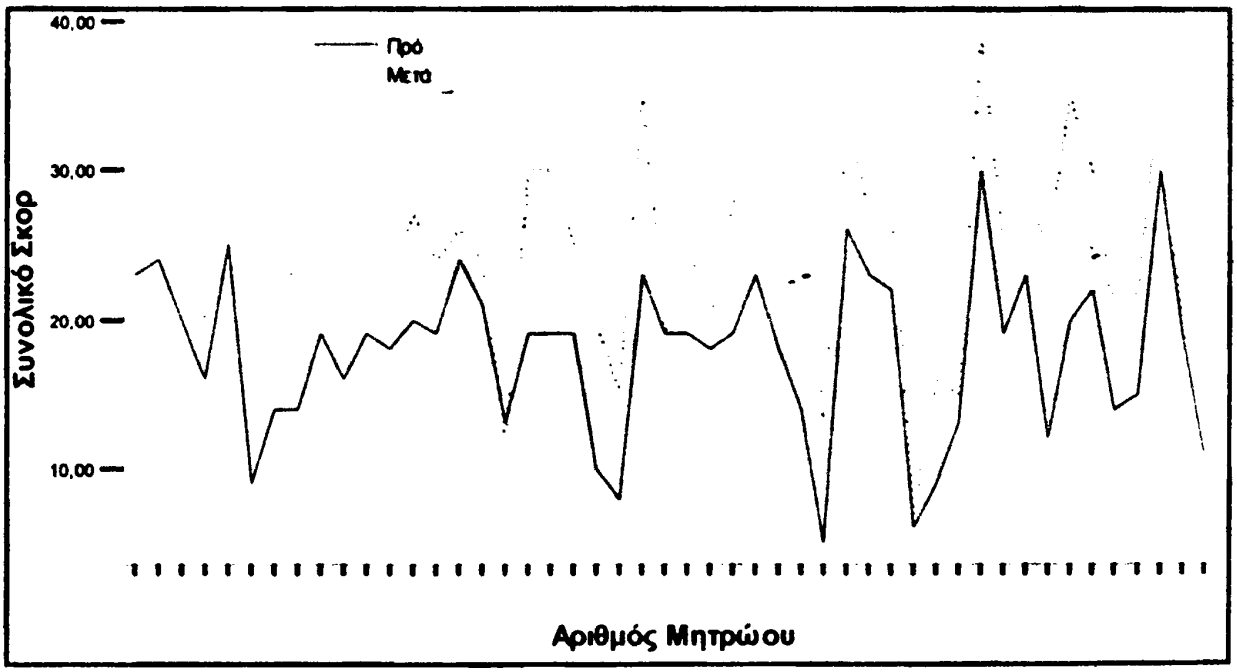
Πίνακας 6. 3 - t-test για το Συνολικό Σκορ Προ και Μετά

Από τα άκρα του 95% διαστήματος εμπιστοσύνης της διαφοράς των μέσων όρων (πίνακας 6.3) παρατηρούμε ότι και το κατώτερο και το ανώτερο άκρο αποτελούν σημαντικές βελτιώσεις στο συνολικό σκορ των φοιτητών, οπότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η διαφορά που παρατηρήθηκε δεν είναι μόνο στατιστικά αλλά και επιστημονικά σημαντική.

[18] Για την ακρίβεια από τον πίνακα 6.3, φαίνεται πως p<0,001, καθώς το SPSS στο οποίο διεξήγαμε τη στατιστική ανάλυση περιορίζει την ακρίβεια στα τρία δεκαδικά ψηφία. Κατ' επέκταση p<0,05 που ορίζει το 95% διάστημα εμπιστοσύνης στο οποίο είχε οριστεί να γίνει ο έλεγχος του t-test.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Τα παραπάνω αποτελέσματα εκτός από τη διαφορά των μέσων όρων εξαρτώνται, όπως αναφέραμε και νωρίτερα, και από τη διασπορά των τιμών γύρω από το μέσο όρο και για να γίνει πιο κατανοητή παρουσιάζουμε την εναλλακτική ερμηνεία του ίδιο συμπεράσματος. Ο μέσος όρος του συνολικό σκορ δεν βελτιώθηκε σημαντικά μόνο επειδή κάποιοι από τους φοιτητές είχαν σημαντικά βελτιωμένο σκορ, ενώ άλλοι είχαν ίδια ή και χειρότερη επίδοση. Όπως δείχνει η εικόνα 6.2[19], το συνολικό σκορ βελτιώθηκε για τους 47 από τους 48 φοιτητές και μόνον ένας είχε τελική επίδοση χειρότερη από την αρχική.



Εικόνα 6. 1 - Συνολικό Σκορ Προ και Μετά για κάθε φοιτητή

6.2.2. Σκορ Α Μέρους Ερωτηματολογίου (γραφικές παραστάσεις εντός πλαισίου)

Το Σκορ του Α Μέρους του ερωτηματολογίου αξιολόγησης αντιπροσωπεύει την κατανόηση των γραφικών παραστάσεων που αναφέρονται σε καταστάσεις με συγκεκριμένο πλαίσιο και περιεχόμενο που προέρχεται από πραγματικές, καθημερινές καταστάσεις. Μέγιστο δυνατό σκορ για το Α Μέρος στο ερωτηματολόγιο είναι το 25. Στον πίνακα 6.4 παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος του

[19] Να σημειώσουμε πως στην γραφική παράσταση της εικόνας 6.2, ο αριθμός μητρώου και το σκορ των φοιτητών παριστάνονται σαν συνεχείς μεταβλητές, ενώ στην πραγματικότητα δεν είναι. Ο λόγος είναι πως σχεδιαστικά είναι αδύνατο να παρασταθούν αποτελεσματικά με άλλο τρόπο οι συγκεκριμένες πληροφορίες. Μια σωστή, αλλά όχι τόσο επεξηγηματική αναπαράσταση παρέχεται στο παράρτημα 6.1.

Σκορ του Α Μέρους των φοιτητών πριν την πειραματική παρέμβαση ήταν 8,90 και ότι μεταβλήθηκε σε 12,27 μετά την πειραματική μας παρέμβαση. Παρατηρείται δηλαδή διαφορά 37,9% υπέρ του Μέσου Όρου του Σκορ Α Μέρους Μετά την πειραματική παρέμβαση.

	N	Ελάχιστο	Μέγιστο	**Μέσος Όρος**	Τυπική Απόκλιση
Σκορ Α Μέρους -Προ	48	3,00	15,00	**8,90**	2,67
Σκορ Α Μέρους – Μετά	48	4,00	20,00	**12,27**	3,58

Πίνακας 6. 4 - Σκορ Α Μέρους Προ και Μετά

Για να ελεγχθεί η στατιστική σημαντικότητα της παρατηρούμενης διαφοράς χρησιμοποιήσαμε το t-test για δίπλευρη κατανομή κατά ζεύγη. Το αποτέλεσμα του t-test όπως φαίνεται στον πίνακα 6.6 ($t=8,889$ και $p<0,005$[20]) δείχνει ότι η παρατηρούμενη διαφορά είναι στατιστικά σημαντική. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύει και η παρατήρηση πως ανάμεσα από το κατώτερο και ανώτερο άκρο του 95% διαστήματος εμπιστοσύνης δεν περιέχεται η τιμή μηδέν. Η υψηλή συσχέτιση που αποκαλύπτει ο πίνακας 6.5 σημαίνει πως οι φοιτητές που είχαν υψηλό σκορ πριν την πειραματική παρέμβαση, σημείωσαν υψηλό σκορ και μετά από αυτήν.

	N	**Συντελεστής Συσχέτισης**	**Sig.**
Α Μέρος Μετά & Α Μέρος Προ	48	**0,682**	**0,000**

Πίνακας 6. 5 - Συσχέτιση μεταξύ Σκορ Α Μέρους Προ και Σκορ Α Μέρους Μετά

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Σφάλμα Μέσου Όρου	95% Διάστημα Εμπιστοσύνης της Διαφοράς				
				Κατώτερο	Ανώτερο			
Α Μέρος Μετά –Α Μέρος Προ	3,37	2,63	0,37	2,61	4,13	8,889	47	**0,000**

Πίνακας 6. 6 - t-test για το Σκορ Α Μέρους Προ και Μετά

Από τα άκρα του 95% διαστήματος εμπιστοσύνης της διαφοράς των μέσων όρων (πίνακας 6.6) παρατηρούμε ότι και το κατώτερο και το ανώτερο άκρο αποτελούν σημαντικές βελτιώσεις στο συνολικό σκορ των φοιτητών, οπότε μπορούμε

[20] Για την ακρίβεια από τον πίνακα 6.6, φαίνεται πως $p<0,0001$, καθώς το SPSS στο οποίο διεξήγαμε τη στατιστική ανάλυση περιορίζει την ακρίβεια στα τρία δεκαδικά ψηφία. Κατ' επέκταση $p<0,05$ που ορίζει το 95% διάστημα εμπιστοσύνης στο οποίο είχε οριστεί να γίνει ο έλεγχος του t-test.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

να συμπεράνουμε ότι η διαφορά που παρατηρήθηκε δεν είναι μόνο στατιστικά αλλά και επιστημονικά σημαντική.

6.2.3. Σκορ Β Μέρους Ερωτηματολογίου (μη πραγματικές καταστάσεις)

Το Σκορ του Β Μέρους του ερωτηματολογίου αξιολόγησης μετράει την κατανόηση των γραφικών παραστάσεων που αναφέρονται σε καταστάσεις αφηρημένης φύσης. Μέγιστο δυνατό σκορ για το Β Μέρος στο ερωτηματολόγιο είναι το 25. Στον πίνακα 6.7 παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος του Σκορ του Α Μέρους των φοιτητών πριν την πειραματική παρέμβαση ήταν 9,02 και ότι μεταβλήθηκε σε 12,35 μετά την πειραματική μας παρέμβαση. Παρατηρείται δηλαδή διαφορά 36,9% υπέρ του Μέσου Όρου του Σκορ Β Μέρους Μετά την πειραματική παρέμβαση.

	N	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
Σκορ Β Μέρους - Προ	48	1,00	17,00	**9,02**	3,83
Σκορ Β Μέρους - Μετά	48	3,00	23,00	**12,35**	4,02

Πίνακας 6. 7 - Συνολικό Σκορ Β Μέρους Προ και Σκορ Β Μέρους Μετά

Για να ελεγχθεί η στατιστική σημαντικότητα της παρατηρούμενης διαφοράς χρησιμοποιήσαμε το t-test για δίπλευρη κατανομή κατά ζεύγη. Το αποτέλεσμα του t-test όπως φαίνεται στον πίνακα 6.9 ($t=7,313$και $p<0,005$[21]) δείχνει ότι η παρατηρούμενη διαφορά είναι στατιστικά σημαντική. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύει και η παρατήρηση πως ανάμεσα από το κατώτερο και ανώτερο άκρο του 95% διαστήματος εμπιστοσύνης δεν περιέχεται η τιμή μηδέν. Η υψηλή συσχέτιση που αποκαλύπτει ο πίνακας 6.8 σημαίνει πως οι φοιτητές που είχαν υψηλό σκορ πριν την πειραματική παρέμβαση, σημείωσαν υψηλό σκορ και μετά από αυτήν.

	N	Συντελεστής Συσχέτισης	Sig.
Β Μέρος Μετά & Β Μέρος Προ	48	**0,678**	**0,000**

Πίνακας 6. 8 - Συσχέτιση μεταξύ Σκορ Β Μέρους Προ και Σκορ Β Μέρους Μετά

[21] Για την ακρίβεια από τον πίνακα 6.9, φαίνεται πως $p<0,0001$, καθώς το SPSS στο οποίο διεξήγαμε τη στατιστική ανάλυση περιορίζει την ακρίβεια στα τρία δεκαδικά ψηφία. Κατ' επέκταση $p<0,05$ που ορίζει το 95% διάστημα εμπιστοσύνης στο οποίο είχε οριστεί να γίνει ο έλεγχος του t-test.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Σφάλμα Μέσου Όρου	95% Διάστημα Εμπιστοσύνης της Διαφοράς				
				Κατώτερο	Ανώτερο			
Β Μέρος Μετά –Β Μέρος Προ	3,33	3,15	0,45	2,41	4,25	7,313	47	**,000**

Πίνακας 6. 9 - t-test για το Σκορ Β Μέρους Προ και Μετά

Από τα άκρα του 95% διαστήματος εμπιστοσύνης της διαφοράς των μέσων όρων (πίνακας 6.9) παρατηρούμε ότι και το κατώτερο και το ανώτερο άκρο αποτελούν σημαντικές βελτιώσεις στο συνολικό σκορ των φοιτητών, οπότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η διαφορά που παρατηρήθηκε δεν είναι μόνο στατιστικά αλλά και επιστημονικά σημαντική.

6.2.4. Σύγκριση Σκορ Α και Β Μέρους Ερωτηματολογίου

Η διαφορά στη βελτίωση του σκορ μεταξύ του Α και του Β μέρος του ερωτηματολογίου ήταν αμελητέα και φαίνεται στον πίνακα 6.10. Από τον πίνακα 6.10 συμπεραίνουμε πως η διαφορά στην επίδοση των φοιτητών στο ερωτηματολόγιο προέρχεται ισομερώς από το πρώτο και το δεύτερο μέρος του. Η βελτίωση δηλαδή στην επίδοση που παρατηρήθηκε αφορά σε ίδιο βαθμό της γραφικές παραστάσεις που αφορούν προβλήματα σε συγκεκριμένα πλαίσια και τις γραφικές παραστάσεις που δεν πλαισιώνονται από πραγματικές καταστάσεις, αλλά είναι αφαιρετικού τύπου.

	Προ	Μετά	Διαφορά
Μ.Ο. Σκορ Α Μέρους	8,90	12,27	**3,37**
Μ.Ο. Σκορ Β Μέρους	9,02	12,35	**3,33**

Πίνακας 6. 10 - Διαφορά Σκορ Α και Β Μέρους Προ και Μετά

6.2.5. Ευκολότερο Μέρος του Ερωτηματολογίου

Μετά τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου αξιολόγησης της κατανόησης των γραφικών παραστάσεων, οι φοιτητές έπρεπε να διαλέξουν και ποιο μέρος του ερωτηματολογίου βρήκαν ευκολότερο. Η επιλογή τους αυτή είναι σημαντική διότι

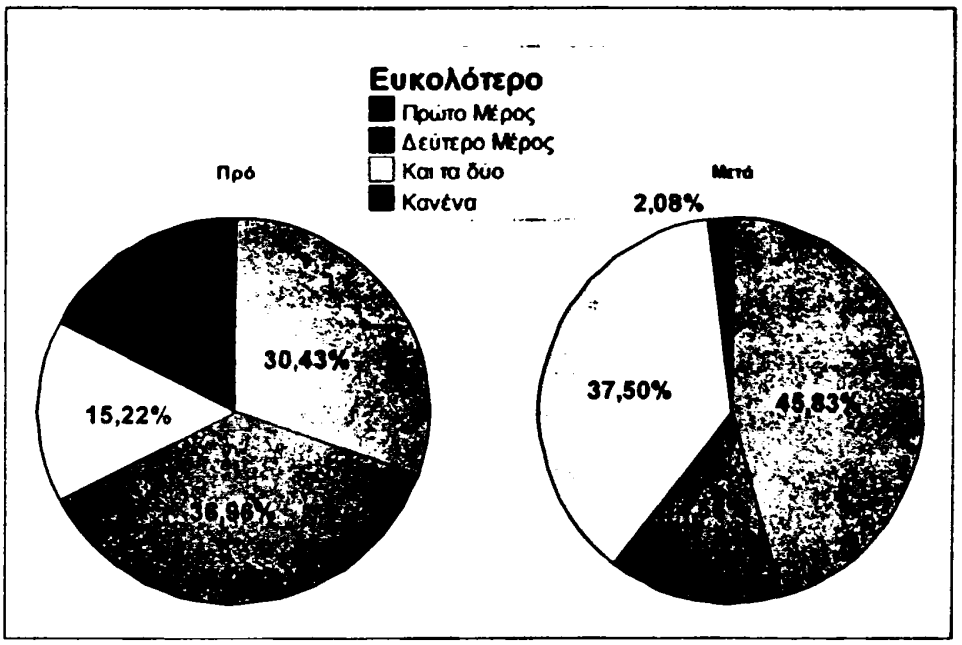
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

αντανακλά την στάση και την αυτοαξιολόγηση τους, σχετικά με την κατανόηση γραφικών παραστάσεων διατυπωμένες σε πραγματικά πλαίσια, διατυπωμένες με αφαιρετικό τρόπο και συνολικά. Τα αποτελέσματα των απαντήσεων τους φαίνονται στον πίνακα 6.11.

		Προ	Μετά
	Πρώτο Μέρος	14	22
	Δεύτερο Μέρος	17	7
	Και τα δύο	7	18
	Κανένα	8	1
Σύνολο		46[22]	48

Πίνακας 6. 11 - Ποιο μέρος βρήκαν ευκολότερο οι φοιτητές Προ και Μετά

Τα παραπάνω δεδομένα φαίνονται σχηματικά στην εικόνα 6.3, από την οποία παρατηρούμε ότι μετά την πειραματική μας παρέμβαση έχουν αυξηθεί σημαντικά τα ποσοστά των φοιτητών που βρήκαν ευκολότερο είτε το πρώτο μέρος (πραγματικές καταστάσεις) ή και τα δύο μέρη του ερωτηματολογίου.



Εικόνα 6. 2 - Κατανομή απαντήσεων για το ευκολότερο μέρος του ερωτηματολογίου

Αντίστοιχα σημαντικά έχουν μειωθεί τα ποσοστά των φοιτητών που απάντησαν ότι βρήκαν το δεύτερο ή κανένα από τα δύο μέρη ευκολότερα. Η συμπεριφορά αυτή είναι αναμενόμενη καθώς η αύξηση του αριθμού των φοιτητών που βρήκαν και τα δύο μέρη ευκολότερα αντανακλά την συνολική βελτίωση της κατανόησης τους στις

[22] Δύο φοιτητές είχαν παραλείψει να απαντήσουν αυτό το ερώτημα και έτσι εδώ είχαμε N=46, αντί για N=48.

γραφικές παραστάσεις. Εύκολα εξηγείται και η αύξηση του αριθμού που βρήκε ευκολότερο το Α Μέρος, καθώς κατά τη διάρκεια της πειραματικής μας παρέμβασης οι φοιτητές ασχολήθηκαν μόνο με γραφικές παραστάσεις που αναφέρονταν σε συγκεκριμένες καταστάσεις κίνησης.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει να εξετάσουμε αν η μεταβλητή «Ευκολότερο Μέρος» επηρεάζει τελικά την απόδοση των φοιτητών στα επιμέρους σκορ του Α και Β μέρους του ερωτηματολογίου, καθώς και στο συνολικό σκορ. Αυτά τα δεδομένα παρουσιάζονται στους πίνακες 6.12 και 6.13.

	Μέρος Α Mean	Μέρος Β Mean	Σύνολο Mean
Πρώτο Μέρος	9,36	8,79	18,14
Δεύτερο Μέρος	8,12	9,35	17,47
Και τα δύο	9,14	10,29	19,43
Κανένα	9,50	6,75	16,25

Πίνακας 6. 12 - Ευκολότερο Μέρος και Σκορ – Προ

	Μέρος Α Mean	Μέρος Β Mean	Σύνολο Mean
Πρώτο Μέρος	12,32	12,86	25,18
Δεύτερο Μέρος	10,43	12,71	23,14
Και τα δύο	13,17	12,28	25,44
Κανένα[23]	4,00	3,00	7,00

Πίνακας 6. 13 - Ευκολότερο Μέρος και Σκορ - Μετά

Παρατηρούμε από τους πίνακες 6.12 και 6.13 ότι σε γενικές γραμμές το ποιο μέρος βρήκαν ευκολότερο οι φοιτητές δεν προκαλεί μεγάλες διαφοροποιήσεις μεταξύ του σκορ του Α ή του Β Μέρους με εξαίρεση τους φοιτητές που απάντησαν «κανένα». Οι φοιτητές αυτοί φαίνεται ότι στο Α μέρος τα πήγαν εξίσου καλά με τους υπόλοιπους, αλλά το σκορ τους στο Β μέρος ήταν χαμηλότερο από των υπολοίπων.

6.2.6. Ανάλυση επί μέρους ερωτήσεων του ερωτηματολογίου

Παρουσιάζονται σε αυτό το μέρος οι συχνότητες και τα ποσοστά στις απαντήσεις των φοιτητών για κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου. Οι ερωτήσεις

[23] Προσοχή: Εδώ πρόκειται μόνο για έναν φοιτητή (n=1)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

παρουσιάζονται με τη σειρά που βρίσκονταν στο ερωτηματολόγιο. Στην παρουσίαση των ερωτήσεων υιοθετείται και χρησιμοποιείται ο κωδικός της κάθε ερώτησης στα αγγλικά όπως είχε ονομαστεί από την δημιουργό του ερωτηματολογίου (Hadjidemetriou, 2002), για λόγους συνέπειας με το αρχικό ερωτηματολόγιο και την κωδικοποίηση διόρθωσης του (marking scheme – παράρτημα 4.13), καθώς και για τη δυνατότητα σύγκρισης με μελλοντικές έρευνες.

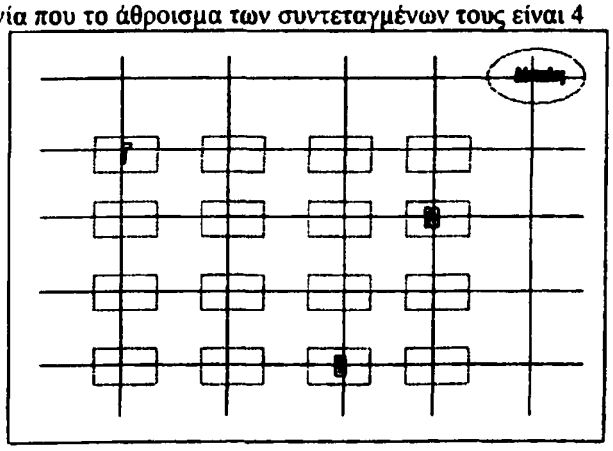
6.2.6.1. Α Μέρος – Ερωτήσεις πλαισιωμένες σε πραγματικές καταστάσεις

Στο Α Μέρος όπως περιγράψαμε και στο 4° κεφάλαιο (ενότητα 4.8.1) περιλαμβάνονται 14 ερωτήσεις που εξετάζουν την κατανόηση των γραφικών παραστάσεων όταν αυτές παρουσιάζονται μέσα σε κάποιο πλαισιωμένο πρόβλημα. Οι ερωτήσεις αυτές έχουν τους κωδικούς Desks1, Desks2, Mary, Transport1, Transport2, Cardiff1, Cardiff2, Story1, Story2, Story3, Charity1, Charity2, Weight1, Weight2. Παρουσιάζουμε σε αυτό το σημείο την επίδοση των φοιτητών σε αυτές τις ερωτήσεις πριν και μετά την πειραματική μας παρέμβαση μέσα από τους αντίστοιχους πίνακες συχνοτήτων και ποσοστών για την κάθε ερώτηση.

6.2.6.1.1. Ερωτήσεις με κωδικούς Desks1 και Desks2

Οι οδηγίες του ερωτηματολογίου για τη συγκεκριμένη ερώτηση ήταν οι ακόλουθες:

Ένας δάσκαλος έχει δώσει συντεταγμένες για κάθε θρανίο που βρίσκεται στην τάξη του. Το θρανίο που κάθεται η Μαρία έχει σημειωθεί με ένα 'Μ' στο παρακάτω διάγραμμα. Το θρανίο της έχει συντεταγμένες (1,2). Το θρανίο που κάθεται ο Γιάννης έχει σημειωθεί με ένα 'Γ' και οι συντεταγμένες του είναι (4,1).
Το θρανίο που κάθεται ο Βασίλης έχει σημειωθεί με ένα 'Β'.
(i) Γράψε τις συντεταγμένες του θρανίου του Βασίλη: (,)
(ii) Σκίασε όλα τα θρανία που το άθροισμα των συντεταγμένων τους είναι 4



Εικόνα 6. 3 - Σχήμα που συνόδευε τα ερωτήματα με κωδικό Desks1 και Desks2

Το ερώτημα (i) αντιστοιχεί στον κωδικό Desks1 και σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών στην έννοια των συντεταγμένων για τον προσδιορισμό της θέσης και ειδικότερα την εύρεση συντεταγμένων σε ασυνήθιστα συστήματα συντεταγμένων. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	34	70,8	39	81,3
Μερικώς Σωστό	5	10,4	7	14,6
Κενό	3	6,3	0	0
Λάθος	6	12,5	2	4,2

Πίνακας 6. 14 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Desks1 (N=48)

Το ερώτημα (ii) αντιστοιχεί στον κωδικό Desks2 και σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών στην εύρεση συντεταγμένων, σε πράξεις που εμπλέκουν συντεταγμένες και στην εύρεση συντεταγμένων σε ασυνήθιστα συστήματα συντεταγμένων. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	21	43,8	29	60,4
Μερικώς Σωστό	4	8,3	6	12,5
Κενό	6	12,5	0	0
Λάθος	17	35,4	13	27,1

Πίνακας 6. 15 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Desks2 (N=48)

6.2.6.1.2. Ερώτηση με κωδικό Mary

Το ζητούμενο στο συγκεκριμένο ερώτημα ήταν το εξής:

Ο Γιάννης και η αδερφή του η Μαρία κάνουν 35 λεπτά για να πάνε στο σινεμά.

Η Μαρία τρέχει για 15 λεπτά και μετά περπατάει για 20 λεπτά.

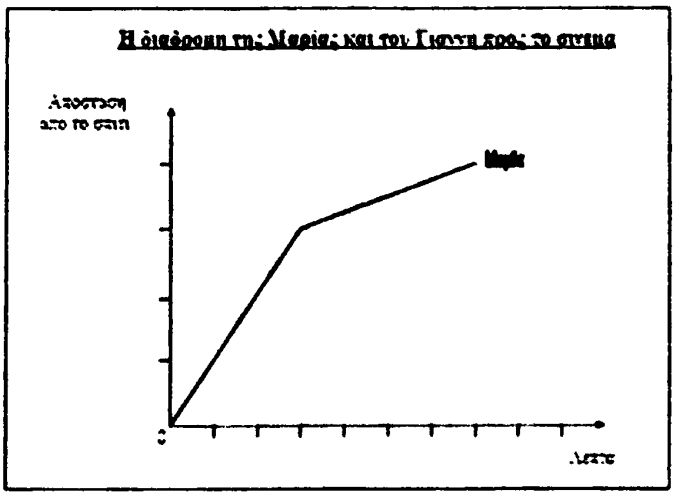
Ο Γιάννης περπατάει για τα πρώτα 20 λεπτά και μετά τρέχει για 15 λεπτά.

Η Μαρία τρέχει το ίδιο γρήγορα με τον Γιάννη.

Η Μαρία περπατάει το ίδιο γρήγορα με τον Γιάννη.

Σχεδίασε την γραφική παράσταση της διαδρομής του Γιάννη στους παρακάτω άξονες.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ



Εικόνα 6. 4 - Σχήμα που συνόδευε το ερώτημα με κωδικό Mary

Το ερώτημα αυτό, σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών στις παρακάτω έννοιες και ικανότητες:

- Ερμηνεία κλίσης γραφικής παράστασης εντός πλαισίου.
- Ερμηνεία παράλληλων γραμμών ως ίδιας κλίσης.
- Ερμηνεία ίδιας κλίσης ως ίδια ταχύτητα.
- Σχεδιασμός γραφικής παράστασης μιας «ιστορίας».

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

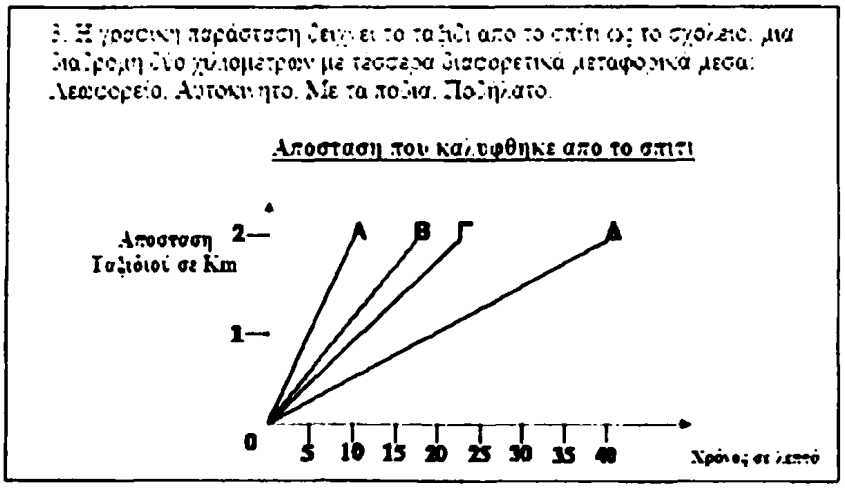
	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	1	2,1	2	4,2
Μερικώς Σωστό	6	12,5	10	20,8
Κενό	6	12,5	0	0
Λάθος	35	72,9	36	75,0

Πίνακας 6. 16 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Mary (N=48)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

6.2.6.1.3. Ερωτήσεις με κωδικούς Transport1 και Transport2

Το ζητούμενο στο ερώτημα Transports 1 ήταν το εξής:



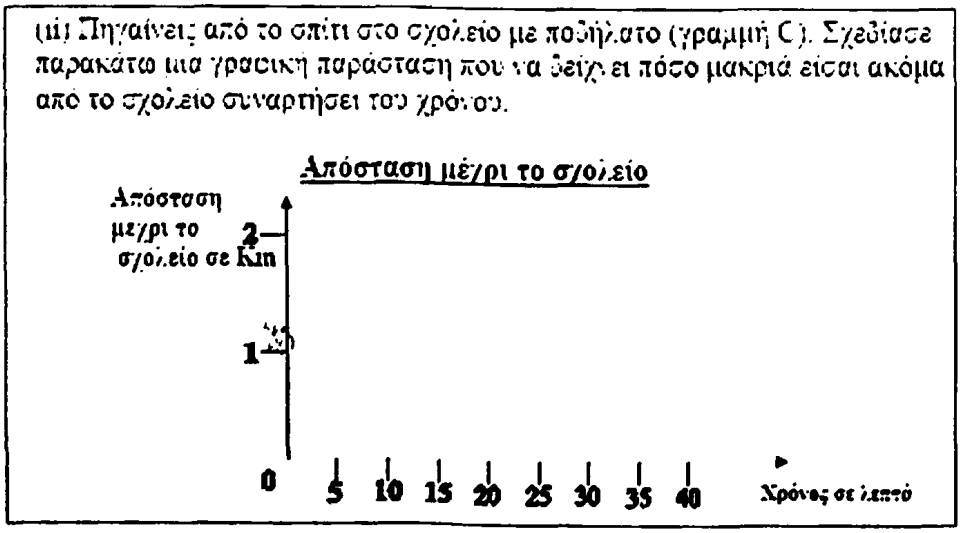
Εικόνα 6. 5 - Εκφώνηση του ερωτήματος με κωδικό Transport1

Το ερώτημα αυτό, σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την ερμηνεία της κλίσης γραφικής παράστασης εντός πλαισίου και την κατανόηση γραφικών παραστάσεων με δύο καμπύλες από τους φοιτητές. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	47	97,9	46	95,8
Λάθος	1	2,1	2	4,2

Πίνακας 6. 17 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Transport1 (N=48)

Για το ερώτημα Transport2, σε συνέχεια του Transport1, το ζητούμενο ήταν το εξής:



Εικόνα 6. 6 - Εκφώνηση του ερωτήματος με κωδικό Transport2

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Το ερώτημα αυτό, σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών στις παρακάτω έννοιες και ικανότητες:

- Σωστή ερμηνεία του y άξονα γραφικής παράστασης.
- Σχεδιασμός γραφικής παράστασης μιας «ιστορίας».
- Σχεδιασμός γραφικής παράστασης με αρνητική κλίση.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	0	0	4	8,3
Μερικώς Σωστό	0	0	1	2,1
Κενό	20	41,7	7	14,6
Λάθος	28	58,3	36	75,0

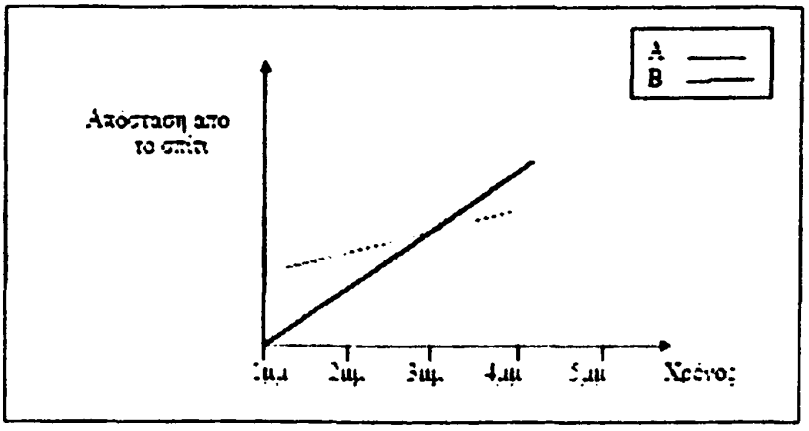
Πίνακας 6. 18 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Transport2 (N=48)

6.2.6.1.4. Ερωτήσεις με κωδικούς Cardiff1 και Cardiff2

Το ζητούμενο του ερωτήματος αυτού ήταν το εξής:

(i) Τι συμβαίνει στα δύο αυτοκίνητα στις 3 η ώρα;

(ii)) Η Ελένη κοιτάει τη γραφική παράσταση και λέει, «Στις 2μμ, η ταχύτητα του αυτοκινήτου Β είναι μεγαλύτερη από αυτή του Α». Συμφωνείς με την Ελένη;



Εικόνα 6. 7 - Σχήμα που συνόδευε τα ερωτήματα με κωδικό Cardiff1 και Cardiff2

Το ερώτημα (i) που αντιστοιχεί στον κωδικό Cardiff1 εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών όσον αφορά την ερμηνεία συντεταγμένων σε πλαίσιο και την κατανόηση γραφικών παραστάσεων με δύο καμπύλες. Στον παρακάτω πίνακα

φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	1	2,1	3	6,3
Λάθος	47	97,9	45	93,8

Πίνακας 6. 19 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Cardiff1 (N=48)

Το ερώτημα (ii) που αντιστοιχεί στον κωδικό Cardiff2, σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών στις παρακάτω έννοιες και ικανότητες:

- Ερμηνεία κλίσης γραφικής παράστασης εντός πλαισίου.
- Εύρεση διαστήματος όπου η κλίση είναι μεγαλύτερη.
- Κατανόηση γραφικών παραστάσεων με δύο καμπύλες.

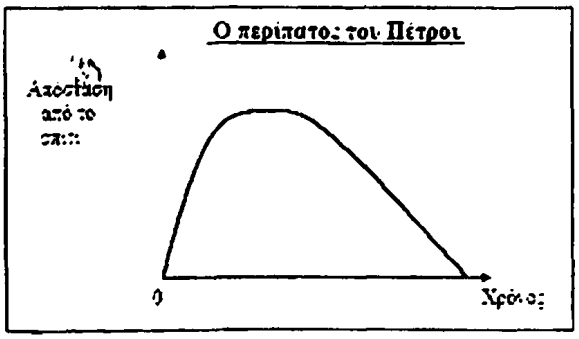
Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	4	8,3	20	41,7
Μερικώς Σωστό	8	16,7	6	12,5
Κενό	3	6,3	0	0
Λάθος	33	68,8	22	45,8

Πίνακας 6. 20 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Cardiff2 (N=48)

6.2.6.1.5. Ερώτηση με κωδικό Story1

Το ζητούμενο για το ερώτημα αυτό ήταν να περιγράψουν οι φοιτητές την ιστορία που λέει η παρακάτω γραφική παράσταση.



Εικόνα 6. 8 - Σχήμα που συνόδευε το ερώτημα με κωδικό Story1

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Το ερώτημα αυτό, σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την ερμηνεία της κλίσης γραφικής παράστασης εντός πλαισίου και την μετάφραση της γραφικής παράστασης σε λεκτική περιγραφή.

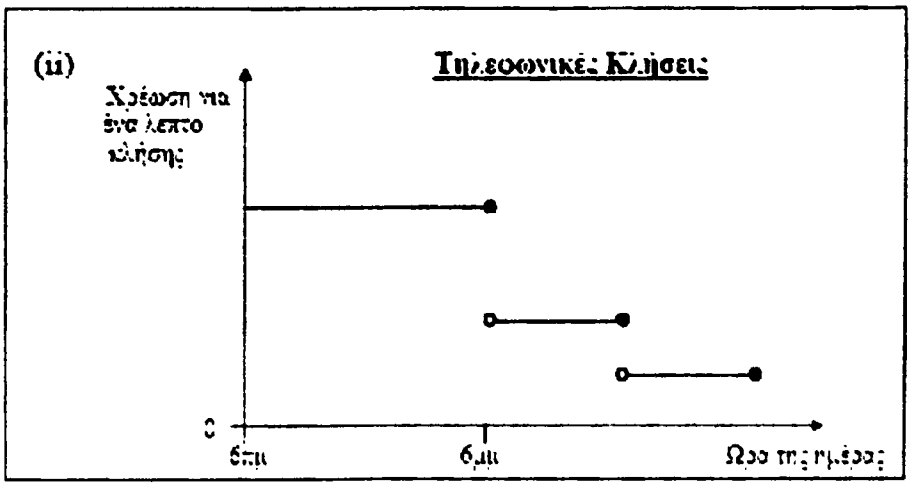
Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	2	4.2	9	18,8
Μερικώς Σωστό	8	16,7	10	20,8
Κενό	7	14,6	1	2,1
Λάθος	31	64,6	28	58,3

Πίνακας 6. 21 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Story1 (N=48)

6.2.6.1.6. Ερώτηση με κωδικό Story2

Το ερώτημα αυτό αποτελεί συνέχεια της προηγούμενης άσκησης του ερωτηματολογίου που ζητούσε από τους φοιτητές να γράψουν την ιστορία που περικλείει η γραφική παράσταση. Αυτή τη φορά η γραφική παράσταση είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα 6.10 και αφορά τη χρέωση των τηλεφωνικών κλήσεων κατά τη διάρκεια μιας ημέρας.



Εικόνα 6. 9 - Σχήμα που συνόδευε το ερώτημα με κωδικό Story2

Το ερώτημα αυτό, σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει πως οι φοιτητές ερμηνεύουν την «ιστορία» της γραφικής παράστασης, ιδιαίτερα όταν αυτή περιέχει ασυνέχειες.

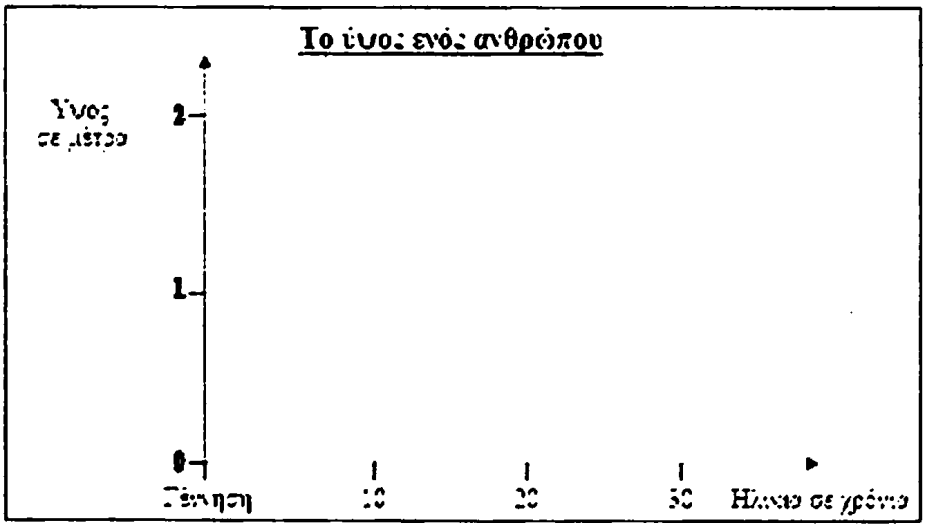
Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	14	29,2	21	43,8
Μερικώς Σωστό	19	39,6	19	39,6
Κενό	8	16,7	0	0
Λάθος	7	14,6	8	16,7

Πίνακας 6. 22 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Story2 (N=48)

6.2.6.1.7. Ερώτηση με κωδικό Strory3

Το ερώτημα αυτό αποτελεί συνέχεια των δύο προηγούμενων που αφορούν την σύνδεση μιας γραφικής παράστασης με την ιστορία που περιγράφει. Διαφέρει όμως από τα προηγούμενα δύο, καθώς σε αυτό τον σημαντικό ρόλο έχει η κατασκευαστική ικανότητα των φοιτητών και όχι η ερμηνευτική. Εδώ οι φοιτητές έπρεπε να σχεδιάσουν στο ερωτηματολόγιο τους την γραφική παράσταση για το ύψος ενός ανθρώπου συναρτήσει της ηλικίας.



Εικόνα 6. 10 - Σχήμα που συνόδευε το ερώτημα με κωδικό Story3

Το ερώτημα αυτό, σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών στις παρακάτω έννοιες και ικανότητες:

- Ερμηνεία κλίσης γραφικής παράστασης εντός πλαισίου.
- Ερμηνεία της «ιστορίας» της γραφικής παράστασης.
- Σχεδιασμός γραφικής παράστασης μιας «ιστορίας».
- Σχεδιασμός γραφικής παράστασης για «ιστορία».

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

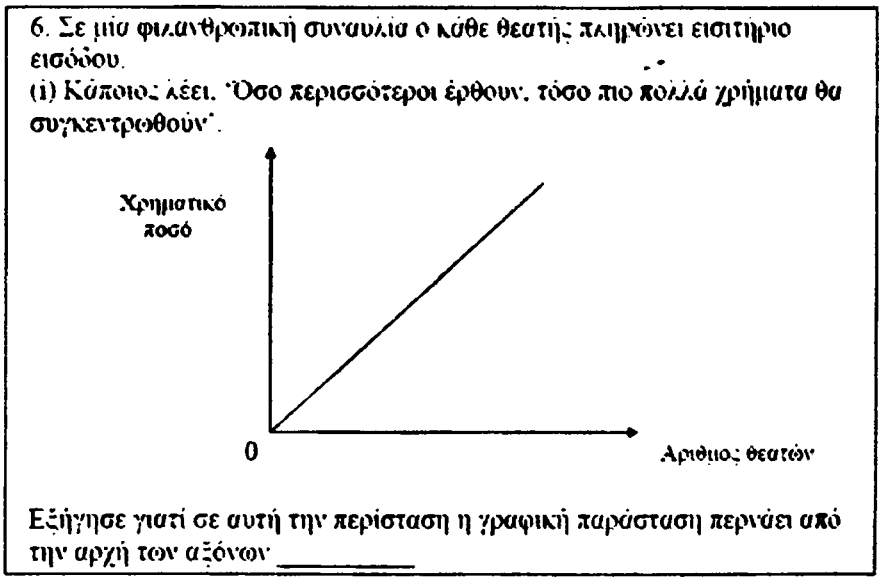
Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	2	4,2	10	20,8
Μερικώς Σωστό	22	45,8	21	43,8
Λάθος	24	50,0	17	35,4

Πίνακας 6. 23 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Story3 (N=48)

6.2.6.1.8. Ερωτήσεις με κωδικούς Charity1 και Charity2

Οι φοιτητές έπρεπε να απαντήσουν στο παρακάτω ερώτημα για τον κωδικό Charity1:



Εικόνα 6. 11 – Εκφώνηση του ερωτήματος με κωδικό Charity1

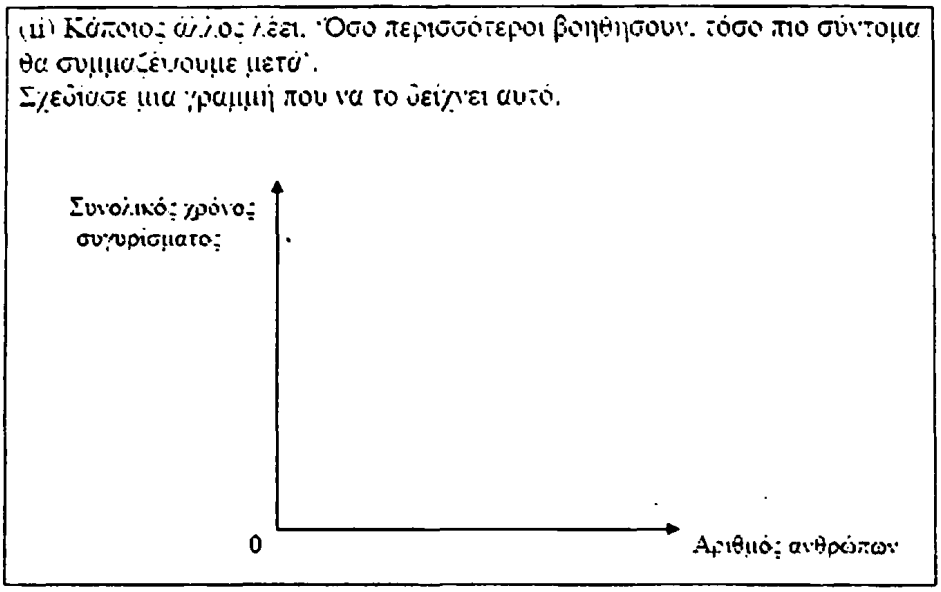
Το ερώτημα αυτό, σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την ικανότητα των φοιτητών να ερμηνεύουν συντεταγμένες μέσα σε συγκεκριμένο πλαίσιο. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	30	62,5	33	68,8
Μερικώς Σωστό	9	18,8	13	27,1
Κενό	1	2,1	1	2,1
Λάθος	8	16,7	1	2,1

Πίνακας 6. 24 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Charity1 (N=48)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Ο κωδικός Charity2 αντιστοιχεί στο παρακάτω ερώτημα που αποτελεί συνέχεια της διατύπωσης του ερωτήματος για τον κωδικό Charity1.



Εικόνα 6. 12 - Εκφώνηση του ερωτήματος με κωδικό Charity2

Το ερώτημα αυτό, σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών στις παρακάτω έννοιες και ικανότητες:

- Σωστή ερμηνεία του y άξονα γραφικής παράστασης.
- Ερμηνεία κλίσης γραφικής παράστασης εντός πλαισίου.
- Σχεδιασμός γραφικής παράστασης μιας «ιστορίας».
- Σχεδιασμός γραφικής παράστασης με αρνητική κλίση.
- Κατανόηση γραφικών παραστάσεων με δύο καμπύλες.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

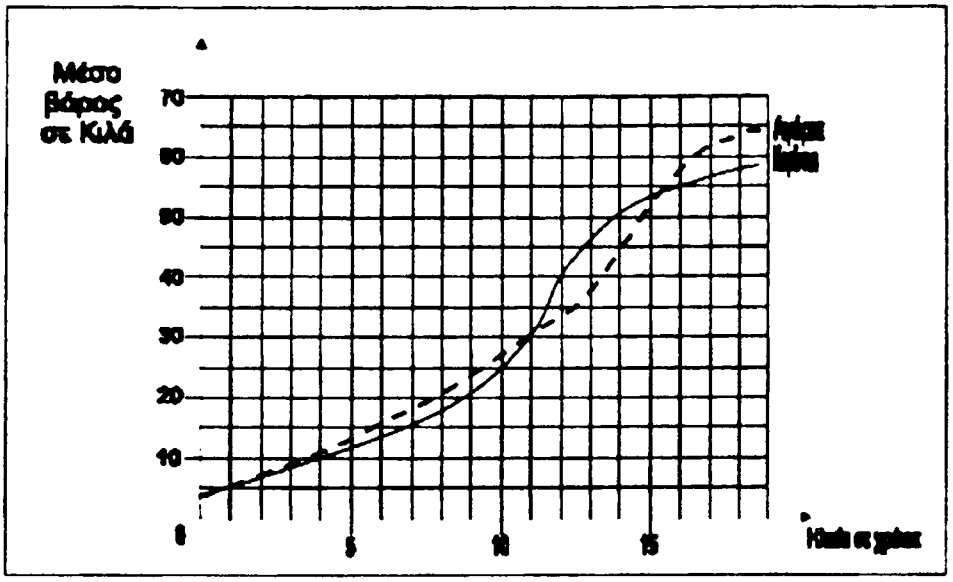
	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	6	12,5	8	16,7
Μερικώς Σωστό	20	41,7	26	54,2
Κενό	2	4,2	0	0
Λάθος	20	41,7	14	29,2

Πίνακας 6. 25 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Charity2 (N=48)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

6.2.6.1.9. Ερωτήσεις με κωδικούς Weight1 και Weight2

Στο ερώτημα αυτό του ερωτηματολογίου, δινόταν η παρακάτω γραφική παράσταση.



Εικόνα 6. 13 - Σχήμα που συνόδευε τα ερωτήματα με κωδικό Weight1 και Weight2

Για τον κωδικό Weight1 αντιστοιχούσε η εξής ερώτηση: «*Ποια είναι η διαφορά βάρους μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στην ηλικία των 14;*». Το ερώτημα αυτό, σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών στις παρακάτω έννοιες και ικανότητες:

- Εύρεση Συντεταγμένων.
- Πράξεις που εμπλέκουν συντεταγμένες.
- Ερμηνεία κλίσης γραφικής παράστασης εντός πλαισίου.
- Εύρεση διαστήματος όπου η κλίση είναι μεγαλύτερη.
- Κατανόηση γραφικών παραστάσεων με δύο καμπύλες.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	45	93,8	47	97,9
Λάθος	3	6,3	1	2,1

Πίνακας 6. 26 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Weight1 (N=48)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Για τον κωδικό Weight2 αντιστοιχούσε το εξής ερώτημα: «*Τα αγόρια ή τα κορίτσια μεγαλώνουν γρηγορότερα στην ηλικία των 14;*». Το ερώτημα αυτό, σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών στις παρακάτω έννοιες και ικανότητες:

- Εύρεση της κλίμακας του συστήματος συντεταγμένων.
- Ερμηνεία κλίσης γραφικής παράστασης. εντός πλαισίου.
- Εύρεση διαστήματος όπου η κλίση είναι μεγαλύτερη.
- Κατανόηση γραφικών παραστάσεων με δύο καμπύλες.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	4	8,3	10	20,8
Μερικώς Σωστό	1	2,1	0	0
Κενό	1	2,1	0	0
Λάθος	42	87,5	38	79,2

Πίνακας 6. 27 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Weight2 (N=48)

6.2.6.2. Β Μέρος – Μη πλαισιωμένες (αφηρημένες) ερωτήσεις

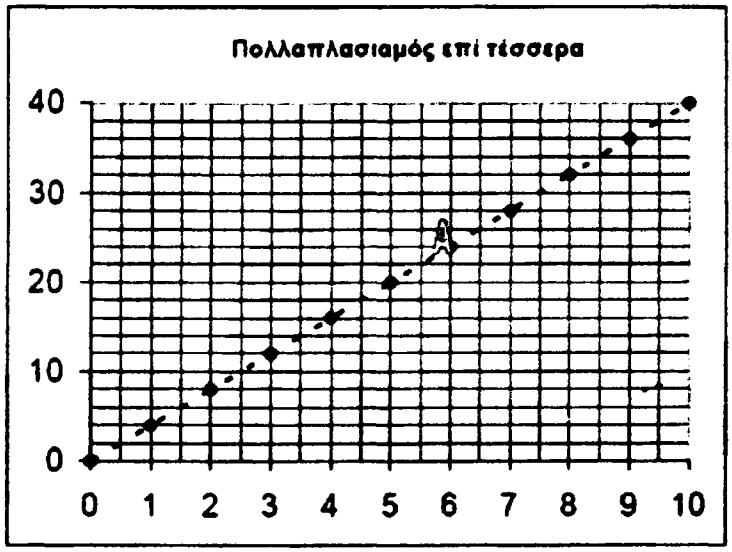
Στο Β Μέρος όπως περιγράψαμε και στο 4° κεφάλαιο (ενότητα 4.8.1) περιλαμβάνονται 15 ερωτήσεις που εξετάζουν την κατανόηση των γραφικών παραστάσεων όταν αυτές παρουσιάζονται μέσα σε κάποιο που πλαίσιο που δεν προέρεχεται από την πραγματικότητα αλλά είναι αφαιρετικού τύπου. Οι ερωτήσεις αυτές έχουν τους κωδικούς Multiples1, Multiples2, Multiples3, Multiples4, Squares1, Squares2, Squares3, Changes1, Changes2, Changes3, Changes4, Constant Rate, Greatest Change, Intervals, Intervals2. Παρουσιάζουμε σε αυτό το σημείο την επίδοση των φοιτητών πριν και μετά την πειραματική μας παρέμβαση σε αυτές τις ερωτήσεις μέσα από τους αντίστοιχους πίνακες συχνοτήτων και ποσοστών για την κάθε ερώτηση.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

6.2.6.2.1. Ερωτήσεις με κωδικούς Multiples1, Multiples2, Multiples3 και Multiples4

Για τους παραπάνω κωδικούς αντιστοιχούσε η εξής εκφώνηση:

1. Ο Γιαννης εχει σχεδιασει το πολλαπλασιο του 4.
Το πρωτο πολλαπλασιο του τεσσερα ειναι 4, οποτε σχεδιαζει το (1,4).
Το δευτερο πολλαπλασιο του τεσσερα ειναι το 8, οποτε σχεδιαζει το (2,8).



(i) Γράψε τις συντεταγμένες του σημείου Α (___,___).

(ii) Συμπλήρωσε τις συντεταγμένες που λείπουν: (20,___) και (___,100)

(iii) Ποια είναι η εφαπτομένη (κλίση) της παραπάνω γραμμής: ☐

Πως το βρήκες:_____

_____

_____

Εικόνα 6. 14 - Εκφώνηση των ερωτημάτων με κωδικό Multiples1-4

Το ερώτημα (i) αντιστοιχούσε στον κωδικό Multiples1. Το ερώτημα αυτό, σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών στην έννοια των συντεταγμένων και ιδιαίτερα στην εύρεση της κλίμακας του συστήματος συντεταγμένων.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	39	81,3	44	91,7
Κενό	2	4,2	0	0
Λάθος	7	14,6	4	8,3

Πίνακας 6. 28 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Multiples1 (N=48)

Το ερώτημα (ii) αντιστοιχούσε στους κωδικούς Multiples2 και Multiples3 για τα δύο υποερωτήματα του αντίστοιχα. Το πρώτο υποερώτημα, για τον κωδικό Multiples2, σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών στην έννοια των συντεταγμένων και στην ικανότητα επέκτασης (extrapolation) μιας γραφικής παράστασης .

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	34	70,8	40	83,3
Κενό	4	8,3	3	6,3
Λάθος	10	20,8	5	10,4

Πίνακας 6. 29 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Multiples2 (N=48)

Το δεύτερο υποερώτημα, για τον κωδικό Multiples3, σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών στην έννοια των συντεταγμένων και στην ικανότητα παρεμβολής (interpolation) σε μια γραφική παράσταση. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	28	58,3	32	66,7
Κενό	9	18,8	3	6,3
Λάθος	11	22,9	13	27,1

Πίνακας 6. 30 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Multiples3 (N=48)

Το ερώτημα (iii) αντιστοιχεί στον κωδικό Multiples4 και σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών στις παρακάτω έννοιες και ικανότητες:

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

- Εύρεση της κλίμακας του συστήματος συντεταγμένων.
- Πράξεις που εμπλέκουν συντεταγμένες.
- Υπολογισμός κλίσης ευθείας γραμμής.

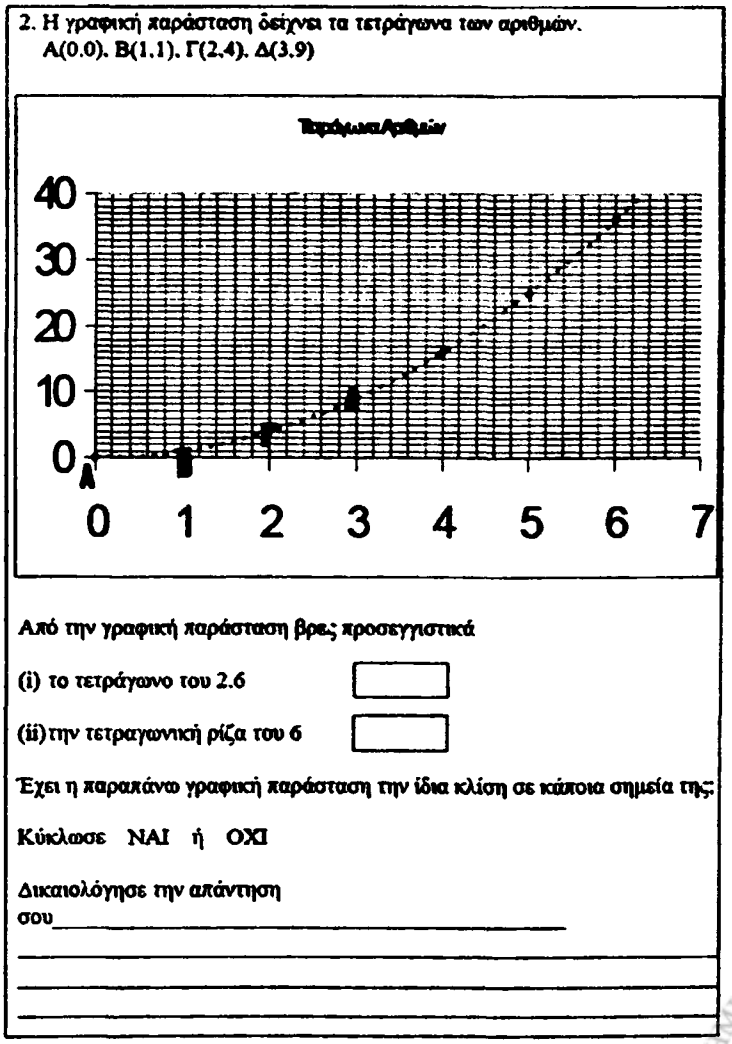
Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	2	4,2	10	20,8
Μερικώς Σωστό	0	0	1	2,1
Κενό	43	89,6	32	66,7
Λάθος	3	6,3	5	10,4

Πίνακας 6. 31 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Multiples4 (N=48)

6.2.6.2.2. Ερωτήσεις με κωδικούς Squares1, Squares2 και Squares3

Για τους παραπάνω κωδικούς αντιστοιχούσε η εξής εκφώνηση:



Εικόνα 6. 15 - Εκφώνηση των ερωτημάτων με κωδικό Squares1-3

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Το ερώτημα (i) αντιστοιχεί στον κωδικό Squares1 και σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών στις παρακάτω έννοιες και ικανότητες:

- Εύρεση Συντεταγμένων.
- Εύρεση της κλίμακας του συστήματος συντεταγμένων.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	13	27,1	24	50,0
Κενό	17	35,4	12	25,0
Λάθος	18	37,5	12	25,0

Πίνακας 6. 32 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Squares1 (N=48)

Το ερώτημα (ii) αντιστοιχεί στον κωδικό Squares2 και σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών στις παρακάτω έννοιες και ικανότητες:

- Εύρεση Συντεταγμένων.
- Εύρεση της κλίμακας του συστήματος συντεταγμένων.
- Παρεμβολή (interpolation) γραφικής παράστασης.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	9	18,8	10	20,8
Κενό	27	56,3	24	50,0
Λάθος	12	25,0	14	29,2

Πίνακας 6. 33 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Squares2 (N=48)

Το ερώτημα που αφορά την κλίση της γραφικής παράστασης αντιστοιχεί στον κωδικό Squares3 και σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών στις παρακάτω έννοιες και ικανότητες:

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

- Ερμηνεία κλίσης γραφικής παράστασης που αναφέρεται σε αφηρημένο πλαίσιο.
- Εύρεση σταθερού ρυθμού μεταβολής σε γραφική παράσταση.

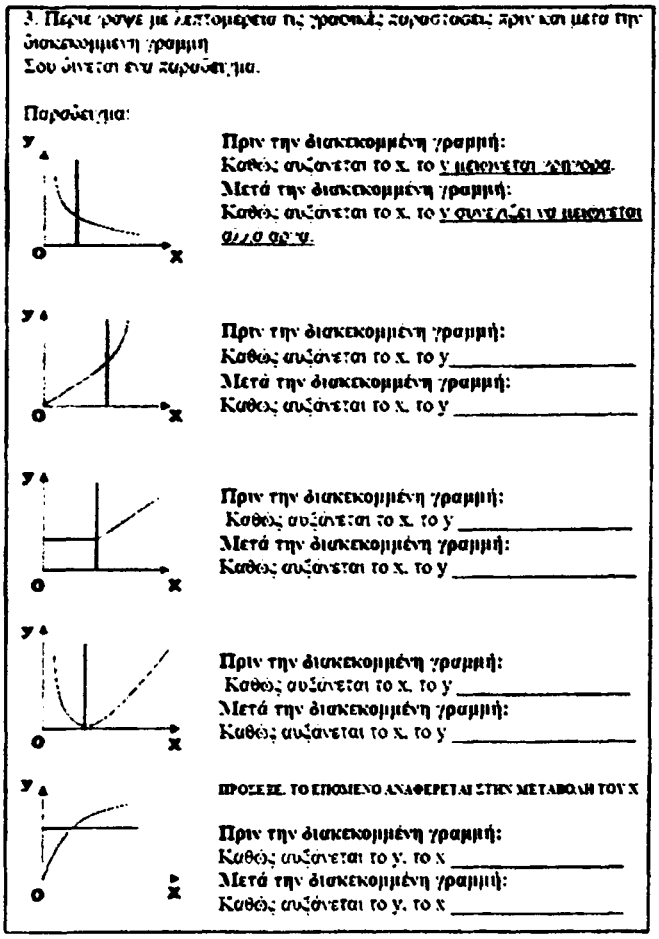
Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	11	22,9	28	58,3
Μερικώς Σωστό	5	10,4	0	0
Κενό	10	20,8	1	2,1
Λάθος	22	45,8	19	39,6

Πίνακας 6. 34 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Squares3 (N=48)

6.2.6.2.3. Ερωτήσεις με κωδικούς Changes1, Changes2, Changes3 και Changes4

Για τους παραπάνω κωδικούς αντιστοιχούσε η εξής εκφώνηση:



Εικόνα 6. 16 - Εκφώνηση που συνόδευε τα ερωτήματα με κωδικό Changes1-4

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Τα ερωτήματα για την 1η, 2η, 3η και 4η γραφική παράσταση αντιστοιχούν στους κωδικούς Changes1, Changes2, Changes3 και Changes 4. Τα ερωτήματα αυτά σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζουν την κατανόηση των φοιτητών στις παρακάτω έννοιες και ικανότητες:

- Ερμηνεία κλίσης σε αφηρημένο πλαίσιο.
- Ερμηνεία της «ιστορίας» της γραφικής παράστασης.
- Σωστή ερμηνεία του y άξονα γραφικής παράστασης.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για την πρώτη γραφική παράσταση σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	17	35,4	27	56,3
Μερικώς Σωστό	11	22,9	7	14,6
Λάθος	20	41,7	14	29,2

Πίνακας 6. 35 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Changes1 (N=48)

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για την δεύτερη γραφική παράσταση σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	17	35,4	21	43,8
Μερικώς Σωστό	28	58,3	26	54,2
Λάθος	3	6,3	1	2,1

Πίνακας 6. 36 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Changes2 (N=48)

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για την τρίτη γραφική παράσταση σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	2	4,2	7	14,6
Μερικώς Σωστό	11	22,9	14	29,2
Κενό	2	4,2	0	0
Λάθος	33	68,8	27	56,3

Πίνακας 6. 37 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Changes3 (N=48)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

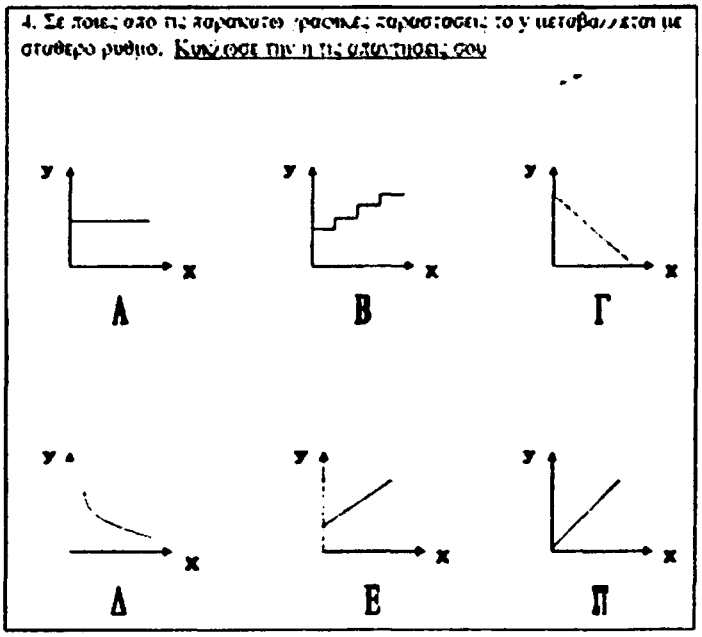
Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για την τέταρτη γραφική παράσταση σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	8	16,7	17	35,4
Κενό	1	2,1	0	0
Λάθος	39	81,3	31	64,6

Πίνακας 6. 38 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Changes4 (N=48)

6.2.6.2.4. Ερώτηση με κωδικό Constant Rate

Στον κωδικό Constant Rate αντιστοιχούσε το παρακάτω ερώτημα:



Εικόνα 6. 17 - Εκφώνηση του ερωτήματος με κωδικό Constant Rate

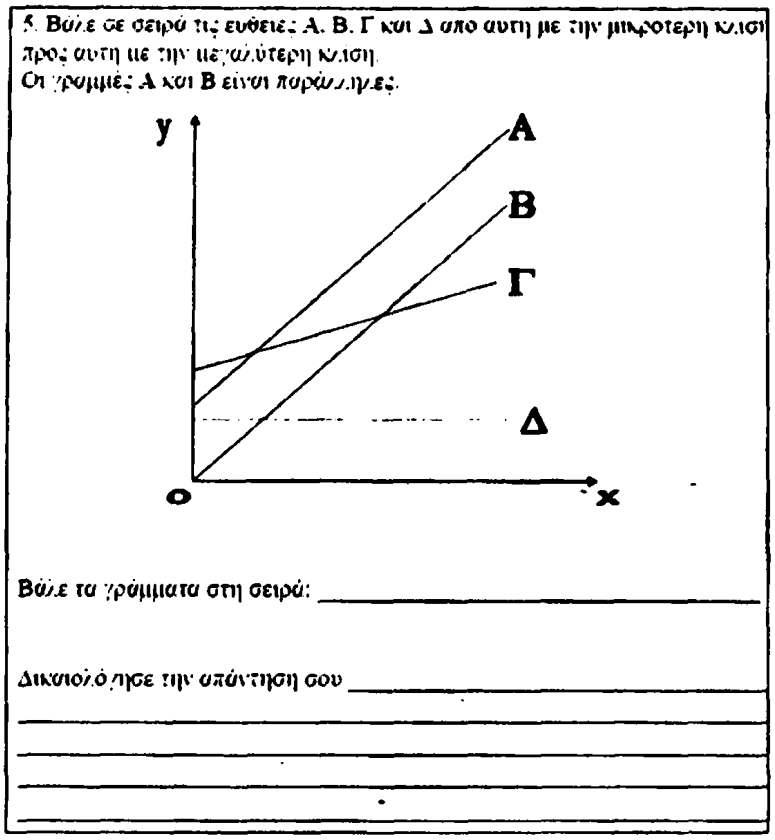
Το ερώτημα αυτό, σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την ικανότητα των φοιτητών στην εύρεση σταθερού ρυθμού μεταβολής. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	8	16,7	16	33,3
Μερικώς Σωστό	3	6,3	6	12,5
Λάθος	37	77,1	26	54,2

Πίνακας 6. 39 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Constant Rate (N=48)

6.2.6.2.5. Ερώτηση με κωδικό Greatest Change

Στον κωδικό Greatest Change αντιστοιχούσε το παρακάτω ερώτημα:



Εικόνα 6. 18 - Εκφώνηση του ερωτήματος με κωδικό Greatest Change

Το ερώτημα αυτό, σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών στις παρακάτω έννοιες και ικανότητες:

- Ερμηνεία παράλληλων γραμμών ως ίδιας κλίσης.
- Εύρεση διαστήματος όπου η κλίση είναι μεγαλύτερη.
- Κατανόηση γραφικών παραστάσεων με δύο καμπύλες.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	7	14,6	8	16,7
Μερικώς Σωστό	10	20,8	15	31,3
Κενό	9	18,8	3	6,3
Λάθος	22	45,8	22	45,8

Πίνακας 6. 40 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Greatest Change (N=48)

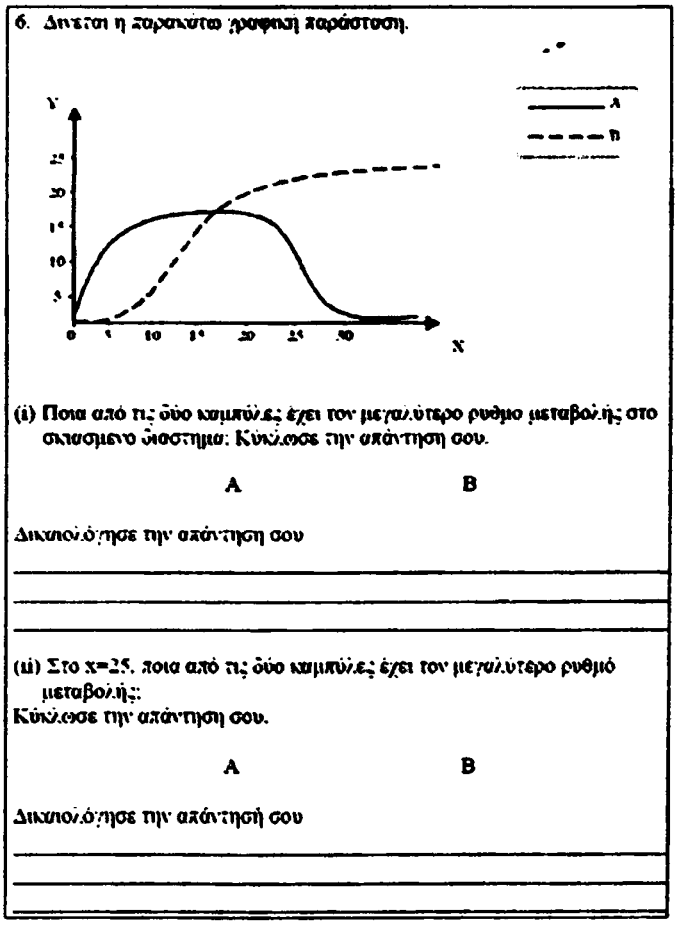
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

6.2.6.2.6. Ερωτήσεις με κωδικούς Intervals1 και Intervals2

Για τους παραπάνω κωδικούς δινόταν η εκφώνηση που φαίνεται στην εικόνα 6.20.

Το ερώτημα (i) αντιστοιχεί στον κωδικό Intervals1 και σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών στις παρακάτω έννοιες και ικανότητες:

- Εύρεση διαστήματος όπου η κλίση είναι μεγαλύτερη.
- Σύγκριση ρυθμού μεταβολής δύο καμπύλων σε ένα διάστημα.
- Κατανόηση γραφικών παραστάσεων με δύο καμπύλες.


6. Δίνεται η παρακάτω γραφική παράσταση.

(i) Ποια από τις δύο καμπύλες έχει τον μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολής στο σκιασμένο διάστημα; Κύκλωσε την απάντηση σου.

A B

Δικαιολόγησε την απάντηση σου

(ii) Στο x=25, ποια από τις δύο καμπύλες έχει τον μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολής;
Κύκλωσε την απάντηση σου.

A B

Δικαιολόγησε την απάντησή σου

Εικόνα 6. 19 - Εκφώνηση των ερωτημάτων με κωδικό Intervals1 και Intervals2

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	29	60,4	30	62,5
Μερικώς Σωστό	2	4,2	4	8,3
Κενό	4	8,3	1	2,1
Λάθος	13	27,1	13	27,1

Πίνακας 6. 41 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Intervals1 (N=48)

Το ερώτημα (ii) αντιστοιχεί στον κωδικό Intervals2 και σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου, εξετάζει την κατανόηση των φοιτητών στις παρακάτω έννοιες και ικανότητες:

- Εύρεση διαστήματος όπου η κλίση είναι μεγαλύτερη.
- Σύγκριση ρυθμού μεταβολής δύο καμπύλων σε ένα σημείο.
- Κατανόηση γραφικών παραστάσεων με δύο καμπύλες.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των απαντήσεων των φοιτητών (συχνότητες και ποσοστά) για το συγκεκριμένο ερώτημα σε Σωστές, Μερικώς Σωστές, Κενές, Λάθος:

	Προ		Μετά	
	Συχνότητα	Ποσοστό (%)	Συχνότητα	Ποσοστό (%)
Σωστό	16	33,3	18	37,5
Μερικώς Σωστό	3	6,3	9	18,8
Κενό	9	18,8	2	4,2
Λάθος	20	41,7	19	39,6

Πίνακας 6. 42 - Συχνότητες και Ποσοστά Προ και Μετά για το Intervals2 (N=48)

6.2.7. Σύνοψη Αποτελεσμάτων Στατιστικής Ανάλυσης για τις Επί Μέρους Ερωτήσεις του Ερωτηματολογίου

Προκειμένου να δώσουμε μια συνολική εποπτική εικόνα της διαφοράς στις απαντήσεις των φοιτητών σε κάθε ερώτημα, ορίζουμε μία νέα μεταβλητή για κάθε ερώτημα. Η μεταβλητή αυτή ισούται με το άθροισμα των σωστών και των μερικώς σωστών απαντήσεων[24] και έτσι αντιπροσωπεύει το ποσοστό επιτυχίας στην κάθε ερώτηση. Ονομάζουμε τη νέα μεταβλητή «Ποσοστό Επιτυχίας» και δείχνουμε στον

[24] Μερικώς σωστές απαντήσεις είναι εκείνες για τις οποίες η κωδικοποίηση απαντήσεων του ερωτηματολογίου Hadjidemetriou προέβλεπε την απόδοση 1 από 2 δυνατούς βαθμούς στο σκορ.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

παρακάτω πίνακα το «Ποσοστό Επιτυχίας» για κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου χωρίζοντας τις προ- από τις μετά- απαντήσεις.

Ερώτηση	Ποσοστό Επιτυχίας Προ (%)	Ποσοστό Επιτυχίας Μετά (%)
Desks1	81,3	95,8
Desks2	52,1	72,9
Mary	14,6	25,0
Transport1	97,9	95,8
Transport2	0,0	10,4
Cardiff1	2,1	6,3
Cardiff2	25,0	54,2
Story1	20,8	39,6
Story2	68,8	83,3
Story3	50,0	64,6
Charity1	81,3	95,8
Charity2	54,2	70,8
Weight1	93,8	97,9
Weight2	10,4	20,8
Multiples1	81,3	91,7
Multiples2	70,8	83,3
Multiples3	58,3	66,7
Multiples4	4,2	22,9
Squares1	27,1	50,0
Squares2	18,8	20,8
Squares3	33,3	58,3
Changes1	58,3	70,8
Changes2	93,8	97,9
Changes3	27,1	43,8
Changes4	16,7	35,4
Constant Rate	22,9	45,8
Greatest Change	35,4	47,9
Intervals1	64,6	70,8
Intervals2	39,6	56,3

Πίνακας 6. 43 - Ποσοστό Επιτυχίας Προ και Μετά για όλες τις ερωτήσεις

Από τον παραπάνω πίνακα ξεχωρίζουμε τις ερωτήσεις για τις οποίες υπήρξε μεταβολή του ποσοστού επιτυχίας μετά την πειραματική παρέμβαση που μπορεί να θεωρηθεί αξιόλογη στα πλαίσια της συνολικής βελτίωσης που παρατηρήθηκε. Ως κριτήριο, λοιπόν, θέτουμε την μεταβολή του μέσου συνολικού σκορ μετά την πειραματική παρέμβαση.

Το μέσο συνολικό σκορ πριν τη πειραματική παρέμβαση ήταν 17,92 ενώ το μέσο συνολικό σκορ μετά την πειραματική παρέμβαση ήταν 24,63. Υπενθυμίζουμε πως το μέγιστο δυνατό σκορ ήταν 50. Ποσοστό επιτυχίας του δείγματος στο ερωτηματολόγιο μπορεί να θεωρηθεί το μέσο συνολικό σκορ προς το μέγιστο δυνατό

σκορ. Προκύπτει επομένως πως το ποσοστό επιτυχίας προ- είναι 35,8% και το ποσοστό επιτυχίας μετά είναι 49,3%. Η διαφορά των δύο ποσοστών είναι 13,5%. Αυτή η διαφορά αντιπροσωπεύει την συνολική μέση βελτίωση της επίδοσης των φοιτητών στο ερωτηματολόγιο. Μπορεί επομένως να χρησιμοποιηθεί ως ένα κριτήριο με το οποίο συγκρίνονται οι επί μέρους βελτιώσεις για κάθε ερώτηση, προκειμένου να διαπιστωθεί ποιες από αυτές ήταν οι μεγαλύτερες, άρα και πιο σημαντικές.

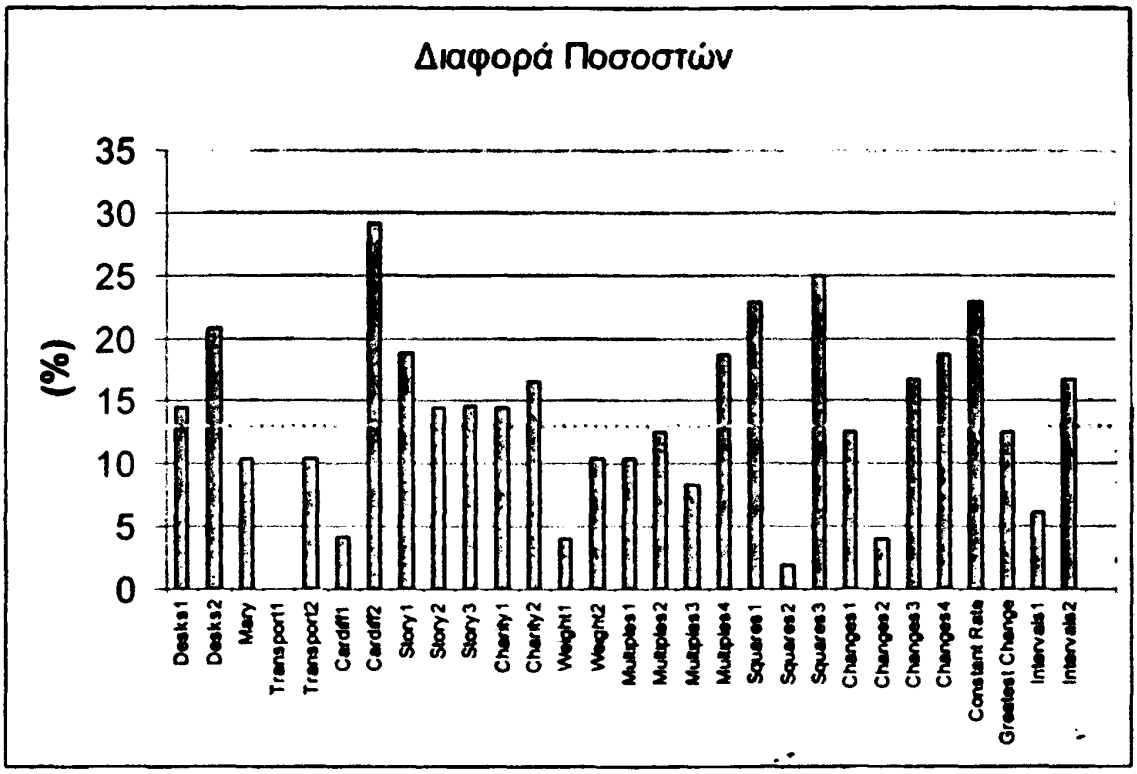
Στον επόμενο φαίνονται οι ερωτήσεις στις οποίες η διαφορά του ποσοστού επιτυχίας μετά την πειραματική παρέμβαση από το αντίστοιχο ποσοστό πριν είναι μεγαλύτερη από 13,5%, που ορίστηκε ως κριτήριο – κατώφλι στην προηγούμενη παράγραφο.

Ερώτηση	Ποσοστό Επιτυχίας Προ (%)	Ποσοστό Επιτυχίας Μετά (%)	Διαφορά Ποσοστών (%)
Desks1	81,3	95,8	14,5
Desks2	52,1	72,9	20,8
Cardiff2	25,0	54,2	29,2
Story1	20,8	39,6	18,8
Story2	68,8	83,3	14,5
Story3	50,0	64,6	14,6
Charity1	81,3	95,8	14,5
Charity2	54,2	70,8	16,6
Multiples4	4,2	22,9	18,7
Squares1	27,1	50,0	22,9
Squares3	33,3	58,3	25,0
Changes1	58,3	70,8	12,5
Changes3	27,1	43,8	16,7
Changes4	16,7	35,4	18,7
Constant Rate	22,9	45,8	22,9
Intervals2	39,6	56,3	16,7

Πίνακας 6. 44 - Ερωτήσεις με Διαφορά Ποσοστού Επιτυχίας Προ - Μετά άνω του 13,5%

Ο τρόπος που επιλέχθηκαν τα παραπάνω ερωτήματα ως αυτά στα οποία υπήρξε η πιο σημαντική μεταβολή φαίνεται σχηματικά από την παρακάτω γραφική παράσταση στην οποία φαίνεται η βελτίωση για κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ



Εικόνα 6. 20 - Επιλογή ερωτημάτων με αξιόλογη μεταβολή ποσοστού επιτυχίας προ - μετά

Η πράσινη διακεκομμένη γραμμή της γραφικής παράστασης που φαίνεται στην εικόνα 6.21 αντιστοιχεί στο ποσοστό που θέσαμε νωρίτερα ως κριτήριο, το ποσοστό 13,5%, για όσες ερωτήσεις είχαν διαφορά ποσοστών επιτυχίας προ και μετά της πειραματικής παρέμβασης που ξεπερνά αυτή τη γραμμή, θεωρούμε ότι υπήρξε σημαντική μεταβολή συγκριτικά με την μεταβολή του μέσου όρου του συνολικού σκορ.

Συγκρίνοντας τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου στις οποίες σημειώθηκε αξιόλογη μεταβολή με τις αντίστοιχες έννοιες, ικανότητες και αντιλήψεις τις οποίες εξέταζαν οι συγκεκριμένες ερωτήσεις, βρίσκουμε τις έννοιες και ικανότητες (σύμφωνα με το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου) για τις οποίες υπήρξε αξιόλογη μεταβολή μετά την πειραματική παρέμβαση, οι οποίες είναι οι εξής:

- Εύρεση συντεταγμένων σε ασυνήθιστα συστήματα συντεταγμένων.
- Πράξεις που εμπλέκουν συντεταγμένες.
- Σωστή ερμηνεία του y άξονα γραφικής παράστασης.
- Ερμηνεία κλίσης γραφικής παράστασης που αναφέρεται σε συγκεκριμένο πλαίσιο.
- Ερμηνεία κλίσης γραφικής παράστασης που αναφέρεται σε αφηρημένο πλαίσιο.

- Ερμηνεία της «ιστορίας» μιας γραφικής παράστασης.
- Υπολογισμός κλίσης ευθείας γραμμής.
- Εύρεση σταθερού ρυθμού μεταβολής σε γραφική παράσταση.
- Σύγκριση ρυθμού μεταβολής δύο καμπύλων σε ένα σημείο.

6.3. Ανάλυση Δεδομένων Συνεντεύξεων

Σε αυτό το δεύτερο τμήμα του 6ου κεφαλαίου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των συνεντεύξεων που διεξήγαμε με τους φοιτητές. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε για την ανάλυση των συνεντεύξεων των φοιτητών και την διατύπωση των σχετικών αποτελεσμάτων είναι αυτή που παρουσιάστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, στην ενότητα 4.10.2. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων των συνεντεύξεων χωρίζεται σε δύο ενότητες, στην ενότητα 6.3.1, που παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που σχετίζονται με την κατανόηση των γραφικών παραστάσεων και την ενότητα 6.3.2, όπου παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που σχετίζονται με την κατανόηση των διεπιστημονικών (από τη Φυσική και τα Μαθηματικά) εννοιών της κινηματικής.

6.3.1. Κατανόηση Γραφικών Παραστάσεων

Για την διεξαγωγή των συνεντεύξεων αυτών, όπως αναλύθηκε και στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας, βασιστήκαμε στο έτοιμο και γνώριμο στους φοιτητές πλαίσιο που παρείχαν οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου Hadjidemetriou. Όπως είναι κατανοητό και αναμενόμενο, το βάρος των συνεντεύξεων και των αποτελεσμάτων αφορά τις ερωτήσεις εκείνες του ερωτηματολογίου, οι οποίες είχαν ως πλαίσιο πραγματικές, καθημερινές καταστάσεις.

Τα αποτελέσματα πού προέκυψαν από την ανάλυση, κατηγοριοποιήθηκαν θεματικά (όπως περιγράφεται στην ενότητα 4.10.2) στις παρακάτω κατηγορίες:

1. Συντεταγμένες και Συστήματα Συντεταγμένων.
2. Ερμηνεία Μεταβλητών γραφικών παραστάσεων πλαισιωμένων σε πραγματικές καταστάσεις.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

3. Μεταφραστικές ικανότητες μεταξύ αναπαραστάσεων Γραφικής Παράστασης και Νοερής Εικόνας της Κίνησης.
4. Μεταφραστικές ικανότητες μεταξύ αναπαραστάσεων Λεκτικής Περιγραφής της Κίνησης και Γραφικών Παραστάσεων.
5. Σύγχυση Γραφικής Παράστασης Θέσης – Χρόνου με την Τροχιά Κίνησης.
6. Η Ερμηνεία της Κλίσης ως Ταχύτητα.
7. Κατασκευαστικές Ικανότητες στις Γραφικές Παραστάσεις – Σύγκρουση με Στερεοτυπικές Αντιλήψεις.
8. Επί Μέρους Αποτελέσματα Ερωτήσεων (εδώ εντάσσονται επί μέρους αποτελέσματα που προέκυψαν και δεν εντάσσονταν σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες).

Παρουσιάζονται στη συνέχεια τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την έρευνα μας με τη μέθοδο των συνεντεύξεων, για κάθε μία από τις παραπάνω θεματικές κατηγορίες.

6.3.1.1. Συντεταγμένες και Συστήματα Συντεταγμένων

Με τη μέθοδο των συνεντεύξεων εξετάστηκε η κατανόηση των φοιτητών για τις συντεταγμένες θέσης, καθώς και το ρόλο του συστήματος συντεταμένων στον καθορισμό της θέσης στο χώρο. Πρωτεύουσα σημασία στην διερεύνηση που επιχειρήσαμε με τους φοιτητές είχε ο ρόλος της θέσης της αρχής του συστήματος συντεταγμένων και πως η μεταφορά της σε άλλη θέση επηρεάζει τις συντεταγμένες των αντικειμένων που βρίσκονται στο χώρο. Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου στις οποίες βασιστήκαμε για την παραπάνω διερεύνηση ήταν αυτές με κωδικούς (στο ερωτηματολόγιο) Desks1 και Desks2. Η εκφώνηση τους ήταν αυτή που παρουσιάστηκε στην εικόνα 6.4 (σελίδα 160).

Από την ανάλυση των συνεντεύξεων για τα ερωτήματα με κωδικούς Desk1 και Desks2 προέκυψαν 18 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

στο παράρτημα 6.2. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης όπως παρουσιάζεται στο παράρτημα 6.2 είναι τα εξής:

1. **Μετά την πειραματική παρέμβαση παρουσιάστηκε από τους φοιτητές βελτίωση στην κατανόηση του ρόλου της αρχής του συστήματος συντεταγμένων.**
2. **Μετά την πειραματική παρέμβαση παρουσιάστηκε από τους φοιτητές βελτίωση στην κατανόηση των συνεπειών που έχει η μεταφορά του συστήματος συντεταγμένων, στις θέσεις των αντικειμένων στο χώρο.**
3. **Μετά την πειραματική παρέμβαση παρουσιάστηκε από τους φοιτητές βελτίωση στη σύνδεση της καθημερινής έννοιας της θέσης στο χώρο, με τον μαθηματικό τρόπο προσδιορισμού της.**

Στα ερωτήματα με κωδικούς Desks1 και Desks2 ο ρόλος της αρχής του συστήματος συντεταγμένων αποδίδεται στην έδρα του δασκάλου, λόγω του ιδιαίτερου ρόλου του δασκάλου στην σχολική τάξη. Κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων εξετάστηκε αν αυτή η απόδοση του ρόλου της αρχής του συστήματος στην έδρα του δασκάλου θα συνεχιζόταν με συνέπεια στην περίπτωση που μετακινούσαμε την έδρα μέσα στην σχολική αίθουσα του προβλήματος. Επίσης, εξετάστηκε η αποδοχή των αρνητικών τιμών για τις συντεταγμένες των θρανίων που προκύπτουν από την εν γένει μεταφορά του συστήματος συντεταγμένων. Οι αρνητικές συντεταγμένες έρχονται σε σύγκρουση με τις αρχικές τιμές, που είναι όλες θετικές, καθώς και με την σύνδεση με την πραγματικότητα της καθημερινότητας όπου η απόδοση αρνητικών τιμών για τον προσδιορισμό θέσεων πραγματικών αντικειμένων, όπως είναι τα θρανία μιας σχολικής τάξης, μοιάζει παράλογη, παρότι ισχύει ως μαθηματική αναπαράσταση.

Αναλύουμε στη συνέχεια τα αποτελέσματα (1), (2) και (3) στα πλαίσια των ερωτημάτων με κωδικούς Desks1 και Desks2 στα οποία και διερευνήθηκαν. Όσον αφορά τα αποτελέσματα (1) και (2):

Μετά την πειραματική παρέμβαση η κατανόηση των φοιτητών για το ρόλο της αρχής του συστήματος συντεταγμένων και τις συνέπειες μετακίνησης του, στα πλαίσια των ερωτημάτων με κωδικούς Desks1 και Desks2 παρουσιάζεται βελτιωμένη.

Πριν την πειραματική παρέμβαση στους φοιτητές επικρατούσαν διάφορες αντιλήψεις σχετικά με τις συνέπειες πιθανής μετακίνησης της έδρας του δασκάλου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

στις συντεταγμένες των θρανίων. Οι φοιτητές ήταν μοιρασμένοι σε τρεις κατηγορίες. Αυτούς που πίστευαν πως δεν θα αλλάξουν οι συντεταγμένες των θρανίων, αυτούς που πίστευαν πως θα αλλάξουν και αυτούς που δεν ήταν σίγουροι για το τι ενδέχεται να συμβεί.

Κατά τη διάρκεια των εργαστηριακών μαθημάτων οι φοιτητές αντιμετώπισαν δραστηριότητες στις οποίες έπρεπε να μετακινήσουν την αρχή του συστήματος αναφοράς που χρησιμοποιούσαν για τη συλλογή των συντεταγμένων των κινούμενων αντικειμένων. Συγκεκριμένα στις μισές από όσες δραστηριότητες έκαναν, υπήρχαν συγκεκριμένες προτροπές και ερωτήσεις για την μετακίνηση της αρχής του συστήματος αναφοράς και της εξέτασης των συντεταγμένων όπως προέκυπταν μετά την αλλαγή. Προσδοκία αυτών των τμημάτων των δραστηριοτήτων ήταν οι φοιτητές καταρχήν να προβούν σε παρατήρηση των όποιων μεταβολών συνέβαιναν στις συντεταγμένες και σε ένα δεύτερο επίπεδο να δικαιολογήσουν τις μεταβολές αυτές με βάση τη νέα θέση που είχε η αρχή του συστήματος αναφοράς σχετικά με τις θέσεις των υπό μελέτη αντικειμένων.

Μετά την πειραματική παρέμβαση στη συντριπτική πλειοψηφία τους οι φοιτητές εκφράζουν την πεποίθηση ότι μετακίνηση της έδρας του δασκάλου θα συνεπάγεται εν γένει μεταβολή των συντεταγμένων των θρανίων. Ας δούμε ένα χαρακτηριστικό απόσπασμα διαλόγου:

Κατερίνα – Πριν:

1. **Γ**: .... Αν την έδρα του δασκάλου από επάνω δεξιά την φέρναμε εδώ, κάτω αριστερά. Θα άλλαζε αυτό τις συντεταγμένες των θρανίων;
2. **Κ**: (παύση) Νομίζω πως όχι.
3. **Γ**: Αν τον φέρναμε στο κέντρο της αίθουσας;
4. **Κ**: ... Δε νομίζω ότι θα μπορούσαν να άλλαζαν.

Όπως και στα κείμενα άλλων φοιτητών, έτσι και στην περίπτωση της Κατερίνας διαφαίνεται ότι η αρχική της αντίληψη είναι πως υπάρχει κάποιο στάνταρ σύστημα συντεταγμένων στο πρόβλημα, το οποίο δε σχετίζεται με τη θέση του δασκάλου. Η αντίληψη αυτή, θα μπορούσε να ευσταθεί για κάποιο πρόβλημα διατυπωμένο σε κάποιο άλλο πλαίσιο, όμως εδώ είναι λανθασμένη. Στα πλαίσια που παρουσιάζεται αυτό το πρόβλημα, οι φοιτητές είναι αναγκασμένοι να αποδώσουν στην έδρα του δασκάλου το ρόλου της αρχής του συστήματος συντεταγμένων, προκειμένου να επαληθεύονται οι συντεταγμένες των θρανίων «Γ» και «Μ», που δίνονται ως δεδομένα του προβλήματος. Η μόνη εναλλακτική ερμηνεία θα ήταν πως ο ρόλος της

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

αρχής (0,0) αποδίδεται στη γωνία της αίθουσας, στην οποία συμπτωματικά βρίσκεται η έδρα του δασκάλου. Αυτό το ενδεχόμενο όμως είναι συγκριτικά πιο απίθανο καθώς η θέση αυτή δεν συμπίπτει με την συνηθισμένη θέση της αρχής όπως την έχουν διδαχθεί οι φοιτητές αυτοί (κάτω αριστερά) κατά τα μαθητικά τους χρόνια. Ας δούμε την απάντηση της Κατερίνας μετά τα μαθήματα, όπου σαφώς αποδίδει το ρόλο του (0,0) στην έδρα του δασκάλου:

Κατερίνα – Μετά:

1. **Γ: Στη συγκεκριμένη αίθουσα αν παίρναμε την έδρα του δασκάλου και τη μετακινούσαμε από είναι, εδώ πέρα, κάτω αριστερά.**
2. **Κ: Την έδρα;**
3. **Γ: Θα άλλαζε αυτό τις συντεταγμένες των θρανίων;**
4. **Κ: (παύση) Λογικά, ναι. Γιατί θα έπαιρνε διαφορετικά τα σημεία τώρα. .. Ας πούμε αν από εδώ ξεκινούσε από εδώ, θα το θέταμε σαν 1.**
5. **Γ: Μμ..**

Παρατηρούμε πως τώρα πλέον η Κατερίνα έχει σαφώς ταυτίσει την έδρα του δασκάλου με την αρχή του συστήματος συντεταγμένων (αποτέλεσμα **(1)**) και έχει επίσης συνειδητοποιήσει πως η αλλαγή της θέσης του επηρεάζει τις τιμές των συντεταγμένων των θρανίων (αποτέλεσμα **(2)**). Ας δούμε στη συνέχεια του διαλόγου και την επιτυχία που επιδεικνύει στον προσδιορισμό των θέσεων στο νέο σύστημα συντεταγμένων.

6. **Κ: …Ξέρω γω..**
7. **Γ: Ο Βασίλης για παράδειγμα.. τι συντεταγμένες θα είχε τώρα?**
8. **Κ: Χμμ.. Αν καθόταν εδώ;**
9. **Γ: Ναι.**
10. **Κ: (παύση) Αν και πάλι .. και ξεκινούσε από εδώ, τον άξονα..**
11. **Γ: Μμ..**
12. **Κ: Δηλαδή 1, 2, 3 (μετράει)… 3..1. [εννοεί (3,1) συντεταγμένες]**

Όσον αφορά το αποτέλεσμα **(3)** – «**βελτίωση στη σύνδεση της καθημερινής έννοιας της θέσης στο χώρο, με τον μαθηματικό τρόπο προσδιορισμού της**», έχουμε την εξής ανάλυση στα πλαίσια των Desks1 και Desks2:

Μετά την πειραματική παρέμβαση υπήρξε μικρή αλλά παρατηρήσιμα μεγαλύτερη αποδοχή στο ενδεχόμενο ύπαρξης αρνητικών τιμών για τις συντεταγμένες σε ένα τροποποιημένο σύστημα συντεταγμένων για την σχολική αίθουσα.

Κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων, ζητούσαμε από τους φοιτητές να εξετάσουν το ενδεχόμενο της μεταφοράς της έδρας του δασκάλου. Στα πλαίσια του

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

δεδομένου προβλήματος αυτή η κίνηση ισοδυναμεί με μεταφορά της αρχής του συστήματος συντεταγμένων. Η μεταφορά που προτείναμε ήταν η έδρα του δασκάλου να βρεθεί στο κάτω αριστερά σημείο του σχήματος. Οι φοιτητές που κατάφεραν να υπολογίσουν τις θέσεις των θρανίων στο νέο σύστημα θεωρούσαν πως ο προσανατολισμός των αξόνων του συστήματος συντεταγμένων στη νέα του θέση είναι τέτοιος ώστε οι συντεταγμένες των θρανίων να είναι θετικές. Συγκριτικά δηλαδή με το αρχική σύστημα, εκτελούσαν νοερά και μία στροφή των αξόνων κατά 180 μοίρες, έτσι ώστε οι συντεταγμένες στο νέο σύστημα συντεταγμένων να είναι όλες θετικές. Η στροφή αυτή δεν εκφράσθηκε ρητώς σε καμία περίπτωση και ήταν μάλλον υποσυνείδητη επιλογή των φοιτητών, οι οποίοι είχαν απλώς διαλέξει τέτοιο προσανατολισμό στους άξονες που θα έδινε θετικές τιμές για τις συντεταγμένες των θρανίων, γεγονός που συμβαδίζει με το πρότυπο με το οποίο είναι εξοικειωμένοι. Για να ξεφύγουμε από αυτή την εύκολη επιλογή στην περίπτωση που η έδρα μεταφέρεται σε κάποια από τις γωνίες, τους γινόταν η ερώτηση σχετικά με τις συντεταγμένες που θα είχαν τα θρανία αν η έδρα του δασκάλου τοποθετούνταν στο κέντρο της αίθουσας. Σε μια τέτοια περίπτωση οποιοσδήποτε προσανατολισμός των αξόνων οδηγεί και σε θετικές και σε αρνητικές τιμές για τις συντεταγμένες των θρανίων.

Η γνωστική σύγκρουση του προτύπου των θετικών τιμών για τις συντεταγμένες με τις τιμές που προκύπτουν στην περιγραφόμενη περίπτωση λύθηκε από τους φοιτητές με τέσσερις τρόπους. Α) Με απόρριψη της έδρας του δασκάλου ως αρχή του συστήματος συντεταγμένων και ανάθεση αυτού του ρόλου σε κάποια από τις γωνίες του σχήματος, Β) Με απόρριψη της αντίληψης ότι οι συντεταγμένες θα αλλάξουν γενικώς, Γ) Με τεχνάσματα αποφυγής των αρνητικών τιμών, όπως ορισμός τιμών «εμπρός» και «πίσω» από το δάσκαλο ή ορισμό πολικών συντεταγμένων και Δ) Με την υιοθέτηση αρνητικών τιμών για κάποιες από τις συντεταγμένες των θρανίων.

Μετά την πειραματική παρέμβαση υπάρχει σχετικά αυξημένος αριθμός φοιτητών που επιλέγουν την (Δ) λύση, εν αντιθέσει με τις αντιλήψεις των φοιτητών πριν τις δραστηριότητες, οπού η λύση (Δ) εμφανιζόταν πιο σπάνια. Ας δούμε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα.

Γεωργία – Πριν:

1. **Γι: Οκ... Εδώ πέρα στη συγκεκριμένη τάξη με αυτόν τον δάσκαλο. Αν παίρναμε την έδρα του από επάνω δεξιά και την φέρναμε ας πούμε εδώ πέρα, κάτω αριστερά.**
2. **Γε:** Μμ..

3. **Γι:** Θα άλλαζαν οι συντεταγμένες των θρανίων;
4. **Γε:** ... Ε γιατί; Παίζει ρόλο που κάθεται ο δάσκαλος;
5. **Γι:** Αυτό ρωτάω, αν παίζει ρόλο που κάθεται ο δάσκαλος.
6. **Γε:** ... Όχι. Στο συγκεκριμένο;
7. **Γι:** Ναι, στο συγκεκριμένο.
8. **Γε:** Ε, ναι. Μπορεί να αρχίζει από εδώ να μετράει 1, 2, 3, 4.
9. **Γι:** Μπορεί να αρχίζει από κάτω δηλαδή;
10. **Γε:** Ναι.
11. **Γι:** Από εκεί που είναι ο δάσκαλος δηλαδή; Μάλιστα... Αν ισχύει αυτό που λες, τότε ο Βασίλης τι συντεταγμένες θα έχει όταν ο δάσκαλος είναι κάτω αριστερά;
12. **Γε:** 3,1.
13. **Γι:** Μμ.. Μάλιστα. ..και αν τον βάλουμε στο κέντρο της αίθουσας, πάλι αλλάζουν;
14. **Γε:** Τον δάσκαλό;
15. **Γι:** Ναι.
16. **Γε:** ... Δε νομίζω. Τότε πως θα πάει;
17. **Γι:** ... Τότε ποιες θα ισχύουν;
18. **Γε:** ...Εε... όταν ο δάσκαλος θα είναι κάτω.
19. **Γι:** Εκείνες όταν είναι κάτω..;
20. **Γε:** Μμ..
21. **Γι:** 3,1 ας πούμε για τον Βασίλη.
22. **Γε:** Ναι.

Μετά την πειραματική παρέμβαση ας δούμε πως η απάντηση της Γεωργίας δείχνει πως η κατανόηση της έχει βελτιωθεί στα συστήματα συντεταγμένων, καθώς διαφοροποιεί την απάντηση της στην περίπτωση που η έδρα τοποθετείται στο κέντρο της αίθουσας.

Γεωργία – Μετά:

1. **Γι:** Εδώ με το δάσκαλο, αν παίρναμε την έδρα του από επάνω δεξιά που είναι και τη φέρναμε κάτω αριστερά, θα άλλαζε αυτό τις συντεταγμένες;
2. **Γε:** Ναι.
3. **Γι:** Ναι; Ο Βασίλης τι συντεταγμένες θα είχε;
4. **Γε:** 3,1
5. **Γι:** Μάλιστα. Και αν φέρναμε το δάσκαλο στο κέντρο της αίθουσας;
6. **Γε:** ... Θα άλλαζαν
7. **Γι:** Θα άλλαζαν. Και ο Βασίλης τι θα είχε;
8. **Γε:** ... Θα φέρναμε την αρχή των αξόνων εδώ, έτσι;
9. **Γι:** Θα την έβαζες εκεί που είναι ο δάσκαλος..;
10. **Γε:** Ναι.
11. **Γι:** Μάλιστα. Και ο Βασίλης πόσο θα σου έβγαινε τότε;
12. **Γε:** Με την αρχή των αξόνων εδώ;

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

13. Γι: Ναι.
14. Γε: Χωρίς να αλλάξει...
15. Γι: Ναι, έτσι όπως μου το περιγράφεις.
16. Γε: Ναι... Εε.... Θα έβγαινε 1,-2.

6.3.1.2. Ερμηνεία Μεταβλητών γραφικών παραστάσεων πλαισιωμένων σε πραγματικές καταστάσεις

Η ερμηνεία των μεταβλητών που παριστάνονται στους άξονες μιας γραφικής παράστασης στα πλαίσια της κατάστασης που αυτή αναπαριστά δεν είναι πάντα επιτυχής για τους φοιτητές. Σε κάποιες περιπτώσεις τις παρερμηνεύουν, ενώ σε άλλες αδυνατούν να τις ερμηνεύσουν παντελώς. Από την ανάλυση των συνεντεύξεων της έρευνας μας διαπιστώσαμε πως σε άλλες περιπτώσεις η ικανότητα αυτή των φοιτητών ενισχύθηκε, ενώ σε άλλες όχι. Για τις περιπτώσεις που παρατηρήθηκε βελτίωση μετά την πειραματική παρέμβαση, αυτή επεκτάθηκε και στην ικανότητα των φοιτητών να συσχετίζουν τις μεταβλητές που παριστάνονταν στους δύο άξονες της γραφικής παράστασης προκειμένου να φτάνουν σε πιο σύνθετα συμπεράσματα για το φαινόμενο που περιέγραφαν. Οι περιπτώσεις όμως στις οποίες δεν σημειώθηκε βελτίωση στην ικανότητα ερμηνείας των μεταβλητών, στα πλαίσια που περιέγραφε η εκάστοτε γραφική παράσταση, μας οδηγούν στο συμπέρασμα πως η όποια βελτίωση παρατηρήθηκε φαίνεται να εξαρτάται στενά από το πλαίσιο στο οποίο παρατηρήθηκε και να συνδέεται με τη συνολικότερη βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης για το φαινόμενο που περιγράφει η γραφική παράσταση. Έτσι το συμπέρασμα της ανάλυσης των συνεντεύξεων αναφορικά με την ερμηνεία και τη συσχέτιση των μεταβλητών των γραφικών παραστάσεων είναι το εξής:

Η ερμηνεία και η συσχέτιση των μεταβλητών των γραφικών παραστάσεων από τους φοιτητές, βελτιώθηκε μετά την πειραματική παρέμβαση, μόνο για κάποιες από τις γραφικές παραστάσεις, ενώ η παρατήρηση βελτίωσης ή μη βελτίωσης σχετίζεται με τη γενικότερη επίδραση της πειραματικής παρέμβασης στα συγκεκριμένα επιμέρους ερωτήματα.

Ξεκινούμε την παρουσίαση της ανάλυσης του παραπάνω συμπεράσματος με το ερώτημα Story1, στο οποίο οι φοιτητές επέδειξαν βελτιωμένες ικανότητες ερμηνείας και συσχετισμού των μεταβλητών της γραφικής παράστασης που διαπραγματευόταν.

Ερώτηση με κωδικό Story1

Υπενθυμίζουμε πως το ζητούμενο για το ερώτημα αυτό ήταν να περιγράψουν οι φοιτητές την ιστορία που λέει η γραφική παράσταση της εικόνας 6.9 (σελίδα 164). Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 24 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.7. Δύο από τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παραπάνω κατηγοριοποίηση σχετίζονται με την ικανότητα των φοιτητών να ερμηνεύουν και συσχετίζουν τις μεταβλητές της γραφικής παράστασης. Το πρώτο είναι το εξής:

Μετά την πειραματική παρέμβαση έχει αυξηθεί ο αριθμός των φοιτητών που συνδυάζουν τις μεταβλητές των δύο αξόνων για να καταλήξουν σε συμπεράσματα που αφορούν την ταχύτητα κίνησης του Πέτρου.

Πριν την πειραματική παρέμβαση, μια μερίδα των φοιτητών ήταν σε θέση να παρέχει μια σχετικά καλή περιγραφή της κίνησης του Πέτρου, βάσει των πληροφοριών της γραφικής παράστασης. Κάποιοι από αυτούς όμως τα κατάφερναν μόνο μέχρι το αρχικό επίπεδο της περιγραφής που βασίζεται σε δεδομένα που προέρχονται άμεσα από τη γραφική παράσταση και όχι αυτά που προέρχονται από τη σύνθεση τους και φυσικά τις αντίστοιχες γνώσεις Φυσικής και Μαθηματικών. Έτσι, οι φοιτητές αυτοί μπορούσαν να περιγράψουν τον τρόπο που μεταβαλλόταν η απόσταση και ταυτόχρονα ο χρόνος, αλλά δεν κατάφερναν να φτάσουν στο προφανές συμπέρασμα που αφορά την ταχύτητα με την οποία κινείται ο Πέτρος. Ας δούμε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα.

Μαρία – Πριν:

1. **Γ**: … Πως φαντάζεσαι ότι κινήθηκε ο Πέτρος;
2. **Μ**: Εεε ότι.. (παύση) Ότι στην αρχή ο Πέτρος.. εε… διένυσε μια απόσταση μεγάλη. Εε.. σε λίγο χρονικό διάστημα. Μετά κράτησε μια σταθερή πορεία. Και στη συνέχεια ..μμ.. εε.. στην ίδια απόσταση, προφανώς, δε ξέρω, άρχισε να κουράζεται; Εεε.. Όλο και περισσότερο χρόνο δηλαδή.. εε.. όχι .. στην ίδια απόσταση… περίπου ..

Μετά την πειραματική μας παρέμβαση, οι φοιτητές αυτοί είναι πλέον σε θέση να συνδυάσουν και να συνθέσουν τις επιμέρους πληροφορίες που τους παρέχει η γραφική παράσταση. Ας δούμε το αντίστοιχο κομμάτι διαλόγου που είχαμε με τη Μαρία μετά την πειραματική μας παρέμβαση.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Μαρία – Μετά:

1. **Μ:** Ναι... εε.. στην αρχή.. μέσα σε λίγοο... χρονικό διάστημα, ο Πέτρος έχει διανύσει μια μεγάλη απόσταση.. εεε, από το σπίτι. ..Συνεπώς πήγαινε γρήγορα. ..μμ.. στη συνέχεια... διένεε, παρέμεινε εκεί για αρκετό χρόνο... στο σημείο αυτό
2. **Γ:** Μμ..
3. **Μ:** .. και στη συνέχεια σεε.. εε.. την ίδια απόσταση.. στο γυρισμό δηλαδή, την έκανεε.. εε.. σε περισσότερο χρόνο, συνεπώς πήγαινε πιο αργά
4. **Γ:** Μάλιστα

Το δεύτερο επιμέρους συμπέρασμα του ερωτήματος με κωδικό Story1 που σχετίζεται με την ικανότητα των φοιτητών να ερμηνεύουν και συσχετίζουν τις μεταβλητές της γραφικής παράστασης στα πλαίσια της κατάστασης που αυτή περιγράφει αποτελεί προέκταση του πρώτου και είναι το ακόλουθο:

Μετά την πειραματική παρέμβαση έχει αυξηθεί ο αριθμός των φοιτητών που ποιοτικά συγκρίνουν επιμέρους χρονικά διαστήματα Δt, συνδέοντας τις παρατηρήσεις αυτές με τον τρόπο που κινήθηκε ο Πέτρος.

Πριν την πειραματική μας παρέμβαση, ορισμένοι φοιτητές από αυτούς που είχαν ήδη μια μέτρια κατανόηση του περιπάτου όπως αυτός αναπαρίσταται στη γραφική παράσταση, δεν προχωρούσαν σε συγκρίσεις για τα διακριτά χρονικά διαστήματα που αντιστοιχούν στα τρία χαρακτηριστικά τμήματα της κίνησης του Πέτρου. Έτσι η περιγραφή τους ήταν σωστή μέχρι έναν βαθμό, καθώς υπήρχαν πληροφορίες για την κίνηση οι οποίες αναδεικνύονταν μόνο από την σύγκριση των επιμέρους χρονικών διαστημάτων. Ας δούμε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα.

Στράτος – Πριν:

1. **Σ:** Πάλι αυτή η απόσταση από το σπίτι.. (παύση) Λοιπόν αυτό που παρατηρώ είναι ότι όσο μεγαλώνει ο χρόνος αρχικά..
2. **Γ:** Μμ..
3. **Σ:** Τόσο μεγαλώνει και η απόσταση του Πέτρου από το σπίτι, όπως απομακρύνεται ο ίδιος από το σπίτι. Ωσπου φτάνει σε ένα σημείο που (γελάει λίγο) αποφασίζει να σταματήσει τον περίπατο του και γυρνάει στο σπίτι του.
4. **Γ:** Ωραία..
5. **Σ:** (παύση) Μάλιστα για κάποια ορισμένη χρονική στιγμή, ο Πέτρος παραμένει στο ίδιο σημείο.. για κάποιο χρόνο.. x.. Τη στιγμή που θα αποφασίσει να γυρίσει πίσω..
6. **Γ:** Ωραία.

Ο Στράτος ήταν μια περίπτωση φοιτητή που δυσκολευόταν να καταλάβει τη μεταβλητή «απόσταση από το σπίτι» που παριστάνεται στον κατακόρυφο άξονα

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

αυτής άλλα και άλλων γραφικών παραστάσεων που υπήρχαν στο ερωτηματολόγιο (γραμμή 1 του διαλόγου). Μετά την πειραματική παρέμβαση μας, ο Στράτος, όπως και οι περισσότεροι από τους φοιτητές, έχοντας μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της κίνησης του Πέτρου, μπορούν να περιγράψουν πως αυτή έχει προκύψει από τα επιμέρους πληροφοριακά στοιχεία της γραφικής παράστασης. Έτσι, αφενός ξεπερνιέται η δυσκολία ερμηνείας της «απόστασης από το σπίτι» στα πλαίσια του περίπατου και αφετέρου, συγκρίνοντας τον χρόνο που χρειάστηκε ο Πέτρος για να απομακρυνθεί από το σπίτι του και τον αντίστοιχο χρόνο για την επιστροφή του, διακρίνουν την κίνηση που αντιστοιχεί στην ίδια απόσταση όχι μόνο ως προς την φορά αλλά και ως προς τον ρυθμό. Ας δούμε την αντίστοιχη απάντηση του Στράτου μετά την πειραματική παρέμβαση.

Στράτος – Μετά:

1. **Σ**: Νομίζω ότι.. σε σύντομο χρονικό διάστημα, σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα .. απομακρύνθηκε αρκετά από το σπίτι του... Για κάποιο χρόνο, έμεινε σταθερός σε κάποιο σημείο... Ώσπου πάλι γρήγορα, νομίζω κινήθηκε προς το σπίτι του.
2. **Γ**: Μάλιστα.
3. **Σ**: (πολύ μεγάλη παύση) Όχι δεν ισχύει αυτό που είπα (νομίζω) Στο σπίτι του δεν πρέπει να επέστρεψε σύντομα, πρέπει να επέστρεψε σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα..
4. **Γ**: Μμ..
5. **Σ**: Είναι διαφορετική... η καμπύλη.. στη μια περίπτωση απ' την αρχή που πολύ σύντομα έφτασε μακριά.. ενώ στο τέλος πολύ πιο αργά .. έφτασε στο σπίτι του..

Ερωτήσεις με κωδικούς Cardiff1 και Cardiff2

Αντίστοιχα θετικά αποτελέσματα για την ορθή ερμηνεία των μεταβλητών εντός του πλαισίου που περιγράφει η γραφική παράσταση είχαμε και για το ερώτημα με κωδικό Cardiff. Το ζητούμενο του ερωτήματος αυτού φαίνεται στην εικόνα 6.8 (σελίδα 163). Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 24 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.6.

Από την κατηγοριοποίηση αυτή οδηγηθήκαμε στη διατύπωση μεταξύ άλλων του παρακάτω συμπεράσματος:

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Η μεταβλητή του κατακόρυφου άξονα «Απόσταση από το σπίτι» παρερμηνεύεται ως «διάστημα που έχει διανυθεί» πριν την πειραματική παρέμβαση. Μετά την πειραματική παρέμβαση δεν εμφανίζεται πλέον αυτή η λανθασμένη ερμηνεία.

Πριν την πειραματική παρέμβαση υπήρξαν ορισμένοι φοιτητές που είχαν λανθασμένη αντίληψη για το τι παριστάνει ο κατακόρυφος άξονας της γραφικής παράστασης. Οι φοιτητές, προσπαθώντας να αποφανθούν ποιο από τα δύο αυτοκίνητα είχε μεγαλύτερη ταχύτητα στις 2 η ώρα, έπρεπε να δώσουν ερμηνεία στην τιμή που είχαν οι γραμμές για τα δύο αυτοκίνητα στον κατακόρυφο άξονα. Αυτό ήταν αναγκαίο είτε γιατί δοκίμαζαν να εφαρμόσουν τον τύπο που θυμόντουσαν από το σχολείο για την ταχύτητα στην περίπτωση της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης είτε προσπαθούσαν να δώσουν την απάντηση βασιζόμενοι στην αρχική μεταξύ τους απόσταση και στην απόσταση που είχαν στις 2 η ώρα. Και στις δύο περιπτώσεις η ερμηνεία που έδιναν για τον κατακόρυφο άξονα ήταν ότι παριστάνει το διάστημα (s) που διανύουν τα αυτοκίνητα.

Στον κατακόρυφο άξονα όμως, παριστάνεται η απόσταση από το σπίτι, που θα έπρεπε να μεταφραστεί από τους φοιτητές διαφορετικά, αναλόγως του αν η κίνηση ήταν μονοδιάστατη ή δυσδιάστατη. Στην περίπτωση μονοδιάστατης κίνησης η «απόσταση από το σπίτι» μεταφράζεται ως η συντεταγμένη κίνησης του κάθε αυτοκινήτου. Στην περίπτωση που οι φοιτητές φαντάζονταν δισδιάστατη κίνηση η απόσταση από το σπίτι θα έπρεπε να ερμηνευθεί ως το μήκος του ευθύγραμμου τμήματος που ενώνει το σπίτι και το κάθε αυτοκίνητο. Οι φοιτητές όμως αυτοί το ερμήνευσαν σε κάθε περίπτωση με τον ίδιο τρόπο, ως το διάστημα που έχει διανύσει το κάθε αυτοκίνητο στην πορεία του. Ας δούμε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα.

Ανθή – Πριν:

1. **Α**: ... Τώρα που λέει για την ταχύτητα..
2. **Γ**: Ναι..
3. **Α**: Για να βρούμε κατά πόσο είναι μεγαλύτερη πρέπει να ... να το... με τον τύπο της ταχύτητας... που είναι..... που είναι; .... Η απόσταση που διένυσε..... επί το χρόνο; (παύση) πρέπει να είναι δια.. ενώ η ταχύτητα ισούται με την απόσταση που διένυσε προς το χρόνο.
4. **Γ**: Μάλιστα..
5. **Α**: Οπότε πρέπει να το δούμε στη γραφική παράσταση.. (παύση) αυτό που βλέπουμε από τη γραφική παράσταση είναι ότι.. το Β
6. **Γ**: Μμ
7. **Α**: Στον ίδιο χρόνο είχε διανύσει.. μεγαλύτερη απόσταση από το Α
8. **Γ**: Μάλιστα

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

9. **Α:** ..... Οπότε λογικά, θα έχει μεγαλύτερη ταχύτητα. Αλλά δε ξέρουμε ακριβώς (μεγάλη παύση) γιατί όταν δεν βγαίνει .. ή όταν πάρουμε στο Α .. δεν βγαίνει.. (μουρμουράει λέει κάτι σαν «κάτι έχω κάνει λάθος») ... Αν το πάρουμε... και η γραφική παράσταση, το ότι ο Β έχει διανύσει μεγαλύτερη απόσταση.. τότε και η ταχύτητα του θα ήταν μεγαλύτερη, οπότε συμφωνώ...
10. **Γ:** Αλλά δεν είσαι σίγουρη ε;
11. **Α:** Όχι.. (σχόλια για τον χρόνο που απομένει για να απαντήσει) ....Δε μπορώ να σκεφτώ κάτι διαφορετικό, το λέω σύμφωνα με τη γραφική παράσταση
12. **Γ:** Μμ..
13. **Α:** Οπότε μπορεί να έχει και δίκαιο... τώρα... πρέπει να το δικαιολογήσω κιόλας;
14. **Γ:** Ναι
15. **Α:** (παύση) Ε νομίζω ότι είναι σωστό, οπότε αν υποθέσουμε ότι η απόσταση είναι ανάλογη με την ταχύτητα, εφόσον έχει διανύσει μεγαλύτερη απόσταση, τότε έχει και μεγαλύτερη ταχύτητα.

Μετά την πειραματική παρέμβαση οι ερμηνείες αυτές δεν κάνουν πλέον την εμφάνιση τους. Φαίνεται πως η ενίσχυση της νοερής εικόνας που έχουν αποκτήσει οι φοιτητές για την κίνηση κάνει περιττή μια τέτοια θεώρηση της γραφικής παράστασης και συμβάλλει στη βελτιωμένη ερμηνεία της μεταβλητής που παριστάνεται στον κατακόρυφο άξονα στα πλαίσια του προβλήματος που η γραφική παράσταση αναπαριστά. Ας δούμε το αντίστοιχο τμήμα των διαλόγων μας με την Ανθή μετά την πειραματική παρέμβαση, που φανερώνει την υποχώρηση της λάθος ερμηνείας της μεταβλητής του κατακόρυφου άξονα και πως αυτή μπορεί να αποδοθεί στην ενισχυμένη νοερή εικόνα που έχει η Ανθή για την κίνηση των αυτοκινήτων.

Ανθή – Μετά:

1. **Α:** Στις 3 η ώρα... (παύση) Όπως το δείχνει η γραφική παράσταση, δείχνει ότι το Β ..εεε.. τη στιγμή που ξεκινάνε ταυτόχρονα, βρίσκεται πιο κοντά στο σπίτι, όπως το δείχνει η γραφική παράσταση. Στις 3 η ώρα που συναντιούνται, πρέπει να βρίσκονται.. ακριβώς στην ίδια απόσταση από το σπίτι.
2. **Γ:** Μάλιστα.
3. **Α:** Δηλαδή αν θεωρήσουμε ότι είναι δύο χιλιόμετρα η απόσταση και έχουν διανύσει ένα χιλιόμετρο, τους μένει ένα χιλιόμετρο και για τους δύο. (μεγάλη παύση) .. μμ.. Δε θα συμφωνήσω, γιατί.. για να συναντηθούνε μετά από κάποια στιγμή.. - όχι να συναντηθούνε. Για να βρίσκονται στην ίδια απόσταση, και εφόσον το.. το Β τη στιγμή που ξεκινάνε έχει ήδη καλύψει κάποια απόσταση απ' το σπίτι, δηλαδή βρίσκεται πιο κοντά.. – το σημείο που ξεκινάει από το σπίτι σε σχέση με τον Α.. Τότε.. για να βρίσκονται στην ίδια απόσταση στις 3 η ώρα σημαίνει ότι.. το Α είχε μεγαλύτερη ταχύτητα και διένυσε μεγαλύτερη απόσταση.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Στα πλαίσια των ερωτήσεων με κωδικούς Story1 και Cardiff η επίδραση της πειραματικής μας παρέμβασης είχε θετικά αποτελέσματα. Η μελέτη και ανάλυση όμως των συνεντεύξεων για το ερώτημα με κωδικό Transport και για το ερώτημα με κωδικό Story2 δεν έδειξε κάποια μεταβολή

Ερώτηση με κωδικό Transport

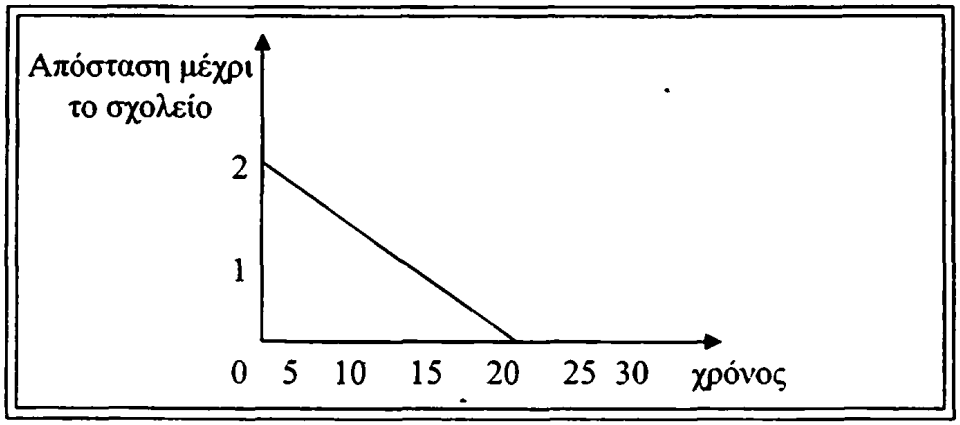
Το ερώτημα αυτό αποτελείται από δύο υποερωτήματα. Το ζητούμενο του πρώτου υποερωτήματος ήταν να ταιριάξουν οι φοιτητές 4 διαφορετικά μεταφορικά μέσα (αυτοκίνητο, λεωφορείο, ποδήλατο, με τα πόδια) που καλύπτουν το ίδιο ταξίδι, από το σπίτι στο σχολείο με τις 4 γραμμές της γραφικής παράστασης. Δεδομένο του ερωτήματος ήταν ότι η γραμμή Γ αντιστοιχεί στο ποδήλατο (εικόνα 6.6, σελίδα 161). Όπως έδειξε η στατιστική ανάλυση των δεδομένων του ερωτηματολογίου (πίνακας 6.17) η ερώτηση αυτή απαντήθηκε σωστά από την συντριπτική πλειοψηφία των φοιτητών τόσο πριν όσο και μετά τις δραστηριότητες. Το δεύτερο υποερώτημα αποτελεί συνέχεια του προηγούμενου και για την απάντηση του οι φοιτητές αντλούν δεδομένα από την ίδια γραφική παράσταση. Το δεύτερο υποερώτημα αποδείχθηκε (σύμφωνα και με τον πίνακα 6.18) πολύ δύσκολο για τους φοιτητές τόσο πριν όσο και μετά την πειραματική παρέμβαση. Το ζητούμενο του φαίνεται στην εικόνα 6.7 (σελίδα 162).

Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 17 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.4 και 6.5. Το κυριότερο συμπέρασμα από την ανάλυση των συνεντεύξεων για το ερώτημα με κωδικό Transport, που σχετίζεται με την ερμηνεία των μεταβλητών των αξόνων της γραφικής παράστασης είναι το εξής:

Οι φοιτητές έφτιαχναν τη ζητούμενη γραφική παράσταση ίδια με τη δεδομένη για το ποδήλατο, παρουσιάζοντας τους ίδιους προβληματισμούς, τόσο πριν όσο και μετά την πειραματική παρέμβαση.

Οι φοιτητές δυσκολεύτηκαν να απαντήσουν σε αυτό το ερώτημα κατά κύριο λόγο διότι δεν μπορούσαν να καταλάβουν ποιο είναι το ζητούμενο. Η δυσκολία αυτή, όπως έδειξε η ανάλυση των συνεντεύξεων, προήλθε από τη σύγχυση που είχαν

μεταξύ της μεταβλητής «Απόσταση Ταξιδιού» και «Απόσταση από το Σπίτι» που παρουσιάζονται στην πρώτη και στην δεύτερη γραφική παράσταση αντίστοιχα. Στην πρώτη γραφική παράσταση, η «Απόσταση Ταξιδιού» είναι η μεταβλητή που μας δείχνει σε κάθε χρονική στιγμή ποια είναι η απόσταση του ταξιδιού του κάθε μεταφορικού μέσου, δηλαδή η απόσταση που έχει καλύψει από το σπίτι. Στην δεύτερη γραφική παράσταση η «Απόσταση μέχρι το σχολείο» είναι η μεταβλητή που μας δείχνει σε κάθε χρονική στιγμή ποια θα είναι η απόσταση μας (με το ποδήλατο, αυτό είναι δεδομένο) από το σχολείο. Επομένως, η σωστή λύση θα ήταν μια γραφική παράσταση σαν την παρακάτω:



Εικόνα 6. 21 - Σωστή απάντηση για το ερώτημα Transport2

Και η σωστή αιτιολόγηση θα εξηγούσε πως η «Απόσταση μέχρι το σχολείο» στην αρχή του ταξιδιού είναι μέγιστη και καθώς πηγαίνουμε προς το σχολείο μειώνεται σταθερά (όπως στην δεδομένη γραφική παράσταση) μέχρι που μηδενίζεται όταν φτάνουμε στο σχολείο στα 22 περίπου λεπτά.

Φαίνεται λοιπόν πως σε αυτό το σημείο, η πειραματική παρέμβαση μας δεν συνέβαλε σε κάποια μεταβολή των παραπάνω προβλημάτων παρότι η μελέτη της κίνησης όπως είχε σχεδιασθεί σε αυτές (μέσω διαφορετικών συστημάτων αναφοράς) θα μπορούσε να είχε βοηθήσει σε αυτή την κατεύθυνση[25].

Στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων οι φοιτητές έφτιαχναν μια γραφική παράσταση ίδια με τη δεδομένη για το ποδήλατο. Δήλωναν πως δεν μπορούν να καταλάβουν ποια θα είναι η διαφορά μεταξύ της δεδομένης γραφικής παράστασης και της ζητούμενης και θεωρούσαν πως οι δύο γραφικές παραστάσεις θα πρέπει να

[25] Η «Απόσταση ταξιδιού» μπορεί να θεωρηθεί ως η μία συντεταγμένη κίνησης σε ένα σύστημα αναφοράς αν η αρχή του συστήματος ταυτίζεται με το «σπίτι», ενώ η «Απόσταση μέχρι το σχολείο» μπορεί να θεωρηθεί αντίστοιχα η συντεταγμένη αν μεταφέρουμε την αρχή του συστήματος αναφοράς στο «σχολείο».

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

είναι ακριβώς ίδιες, αδυνατώντας να εντοπίσουν τη διαφορά των δύο μεταβλητών που αναπαριστούσαν την «Απόσταση ταξιδιού» και την «Απόσταση μέχρι το σχολείο».

Ερώτηση με κωδικό Story2

Το ερώτημα αυτό αποτελεί παράδειγμα ανάμεσα από τις δύο κατηγορίες του γενικού συμπεράσματος, καθώς άλλοι φοιτητές βελτιώθηκαν μετά την πειραματική παρέμβαση ως προς την ικανότητα τους να ερμηνεύουν και συσχετίζουν τις μεταβλητές της γραφικής παράστασης, ενώ άλλοι όχι. Συνολικά, δεν υπήρξε αξιόλογη μεταβολή μεταξύ των απαντήσεων πριν και μετά της πειραματικής παρέμβασης. Η ανάλυση του ερωτήματος αυτού παρουσιάζεται όμως για να αναδείξει περαιτέρω πτυχές της ικανότητας ερμηνείας των μεταβλητών της γραφικής παράστασης στα πλαίσια της κατάστασης που περιγράφει.

Το ερώτημα ζητούσε από τους φοιτητές να γράψουν την ιστορία που αναπαριστά η γραφική παράσταση που φαίνεται στην εικόνα 6.10 (σελίδα 165) και αφορά τη χρέωση των τηλεφωνικών κλήσεων κατά τη διάρκεια μιας ημέρας. Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 21 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.8. Ένα από τα επιμέρους αποτελέσματα που προέκυψαν για αυτό το ερώτημα ήταν το ακόλουθο:

Μετά την πειραματική παρέμβαση δεν υπήρξε αξιόλογη μεταβολή στη συνολική κατανόηση της γραφικής παράστασης.

Τόσο πριν όσο και μετά οι φοιτητές ήταν μοιρασμένοι σε τέσσερις κατηγορίες. Η πρώτη και πολυπληθέστερη έδινε μια περιγραφή με σαφήνεια για τα πρώτα δύο διαστήματα στα οποία η χρέωση είναι σταθερή και διαφορετική, ενώ δεν περιλαμβανόταν σε αυτή την περιγραφή το τρίτο διάστημα της ημέρας για το οποίο ισχύει μια τρίτη διαφορετική χρέωση. Προφανώς η παράλειψη του τρίτου διαστήματος οφείλεται στην επιπρόσθετη δυσκολία της μη αναγραφόμενης ώρας της ημέρας. Δεν υπήρξε αξιόλογη μεταβολή του αριθμού των φοιτητών που έδιναν αυτού του είδους την απάντηση. Μια μικρότερη σε αριθμό κατηγορία φοιτητών, έδινε την ολοκληρωμένη περιγραφή για τη γραφική παράσταση, περικλείοντας στην απάντηση τους και το τρίτο διάστημα της ημέρας. Και σε αυτή την κατηγορία απαντήσεων δε

σημειώθηκε αξιόλογη μεταβολή του αριθμού των φοιτητών που την παρείχαν. Μια τρίτη κατηγορία απαντήσεων στην οποία είχαν μοιραστεί οι φοιτητές, ήταν αυτή που έδινε μια περιγραφή της γενικής τάσης που αναπαριστά η γραφική παράσταση, χωρίς να δίνουν συγκεκριμένες λεπτομέρειες και πληροφορίες. Αυτοί οι φοιτητές διατύπωναν την πρόταση πως η γραφική παράσταση μας δείχνει ότι η χρέωση για ένα λεπτό κλήσης μειώνεται καθώς περνάει η μέρα. Δεν εξαντλούσαν δηλαδή τα δεδομένα που παρέχει η γραφική παράσταση ως προς τον τρόπο που συμβαίνει αυτή η γενική μεταβολή, αλλά αρκούνταν στο να περιγράψουν την κατεύθυνση της. Η συμπεριφορά αυτή φανερώνει μια αδυναμία συσχετισμού των μεταβλητών των αξόνων της γραφικής παράστασης. Η αδυναμία αυτή δεν είναι τόσο έντονη, όσο ήταν στην περίπτωση του ερωτήματος Transport. Ούτε και ο αριθμός που αφορά τους φοιτητές που έδωσαν τέτοιες απαντήσεις μεταβλήθηκε αξιόλογα.

Τέλος, υπήρχε και μία τέταρτη ολιγομελής κατηγορία φοιτητών οι οποίοι πριν την πειραματική παρέμβαση αδυνατούσαν παντελώς να κατανοήσουν και να συσχετίσουν τις μεταβλητές των αξόνων της γραφικής παράστασης, δίνοντας είτε καμία ερμηνεία για τη γραφική παράσταση είτε κάποια που ήταν τελείως άσχετη με την ιστορία που περιέγραφε η γραφική παράσταση. Μετά την πειραματική παρέμβαση οι περισσότεροι βελτίωσαν σε κάποιο βαθμό την ερμηνεία που παρείχαν για τη γραφική παράσταση και εντάχθηκαν σε κάποια από τις προηγούμενες κατηγορίες, ενώ άλλοι εξακολούθησαν να αδυνατούν να συσχετίσουν τις μεταβλητές με την κατάσταση που αναπαριστά η γραφική παράσταση.

6.3.1.3. Μεταφραστικές ικανότητες μεταξύ αναπαραστάσεων Γραφικής Παράστασης και Νοερής Εικόνας της Κίνησης

Μια από τις μεταφράσεις μεταξύ αναπαραστάσεων στην οποία σημειώθηκε βελτίωση για τους φοιτητές μετά την πειραματική παρέμβαση ήταν αυτή από την αναπαράσταση της γραφικής παράστασης στην αναπαράσταση της νοερής εικόνας για το ίδιο το γεγονός της κίνησης. Να σημειώσουμε πως με τον όρο «νοερή εικόνα της κίνησης» στην εργασία αυτή εννοούμε την οπτική αναπαράσταση του φαινόμενου της κίνησης στο μυαλό των φοιτητών, το πώς δηλαδή φαντάζονται ότι έγινε η πραγματική κίνηση στο φυσικό της περιβάλλον. Η νοερή εικόνα για την κίνηση μπορεί να προκύψει από την μετάφραση οποιασδήποτε άλλης αναπαράστασης

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

της κίνησης, όπως είναι μια λεκτική περιγραφή, ένας πίνακας συντεταγμένων, μια εξίσωση κίνησης ή από μια γραφική παράσταση για την κίνηση.

Η συνηθέστερη περίπτωση τέτοιου είδους μετάφραση με την οποία είχαν έρθει αντιμέτωποι οι φοιτητές κατά τα μαθητικά τους χρόνια είναι αυτή που αφορά τη λεκτική περιγραφή, όπου διαβάζοντας τις εκφωνήσεις των ασκήσεων των σχολικών βιβλίων, έπρεπε οι φοιτητές να φανταστούν νοερά την κίνηση που περιγραφόταν. Η δεύτερη συνηθέστερη περίπτωση ήταν αυτή της μετάφρασης από κάποια εξίσωση κίνησης. Και οι δύο παραπάνω περιπτώσεις χρησιμοποιούνται συχνότερα από κάθε άλλες στα σχολικά βιβλία παρότι παρουσιάζουν σημαντικά μειονεκτήματα. Στην μεν πρώτη περίπτωση η λεκτική περιγραφή δεν επιτρέπει τον προσδιορισμό ποσοτικών χαρακτηριστικών της κίνησης, ενώ στην περίπτωση της εξίσωσης κίνησης, οι κινήσεις που περιγράφονται είναι αυστηρά μαθηματικά ορισμένες και συνήθως δεν ανταποκρίνονται σε πραγματικές κινήσεις, παρά σε μαθηματικά ιδανικά μοντέλα κίνησης.

Η μετάφραση από γραφική παράσταση σε νοερή εικόνα μπορεί να περιγράφει πραγματικές κινήσεις, όπως επιτυγχάνεται στην περίπτωση των VBL και επίσης προσφέρει τη δυνατότητα για εξαγωγή πληροφοριών ποσοτικού χαρακτήρα. Για το λόγο αυτό είχε δοθεί η αρμόζουσα προσοχή κατά το σχεδιασμό των δραστηριοτήτων στις οποίες συμμετείχαν οι φοιτητές. Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προκύπτει πως η προσπάθεια αυτή ήταν στα περισσότερα σημεία αρκετά επιτυχής και διατυπώνονται δύο συμπεράσματα, ένα που περιγράφει τα σημεία στα οποία υπήρξε θετική μεταβολή και ένα που περιγράφει τα σημεία στα οποία δεν υπήρξε μεταβολή:

1. **Μετά την πειραματική παρέμβαση οι φοιτητές μπορούν να μεταφράσουν με μεγαλύτερη επιτυχία την αντίστοιχη γραφική παράσταση σε νοερή εικόνα της κίνησης.**

2. **Στην περίπτωση που η γραφική παράσταση δεν αντιστοιχούσε μονοσήμαντα σε κάποιο φαινόμενο κίνησης, η μετάφραση της γραφικής παράστασης σε νοερή εικόνα της κίνησης γίνεται με μονοσήμαντο τρόπο τόσο πριν όσο και μετά την πειραματική παρέμβαση.**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που μας επέτρεψαν μέσω της μεθόδου των συνεντεύξεων να διερευνήσουμε την δυνατότητα των φοιτητών για μετάφραση της γραφικής παράστασης σε νοερή εικόνα της κίνησης ήταν αυτές με κωδικούς Cardiff1, Cardiff2 και Story1. Παρουσιάζουμε στη συνέχεια τα επιμέρους σχετικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των συνεντεύξεων γύρω από αυτά τα ερωτήματα.

Ερωτήσεις με κωδικούς Cardiff1 και Cardiff2

Το ζητούμενο του ερωτήματος αυτού φαίνεται στην εικόνα 6.8 (σελίδα 163). Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 24 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.6. Από αυτή την κατηγοριοποίηση προκύπτουν δύο συμπεράσματα τα οποία αντιστοιχούν στα γενικότερα συμπεράσματα (1) και (2) που διατυπώθηκαν νωρίτερα για τη δυνατότητα μετάφρασης μεταξύ αναπαραστάσεων.

Το πρώτο αφορά το αποτέλεσμα της ανάλυσης (2) – «**Στην περίπτωση που η γραφική παράσταση δεν αντιστοιχούσε μονοσήμαντα σε κάποιο φαινόμενο κίνησης, η μετάφραση της γραφικής παράστασης σε νοερή εικόνα της κίνησης γίνεται με μονοσήμαντο τρόπο τόσο πριν όσο και μετά την πειραματική παρέμβαση**», και είναι το ακόλουθο:

Στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, το σημείο τομής των δύο γραμμών στη γραφική παράσταση ερμηνεύεται ως συνάντηση των δύο αυτοκινήτων, τόσο πριν όσο και μετά την πειραματική παρέμβαση.

Στο πρώτο υποερώτημα «*τι συμβαίνει στα δύο αυτοκίνητα στις 3 η ώρα;*» η συντριπτική πλειοψηφία των φοιτητών απάντησε ότι εκείνη την ώρα, τα δύο αυτοκίνητα συναντιούνται. Η απάντηση τους δεν άλλαξε μετά την πειραματική μας παρέμβαση. Η απάντηση αυτή είναι προφανώς σωστή στην περίπτωση που τα δύο αυτοκίνητα εκτελούν μονοδιάστατη κίνηση, όταν δηλαδή βρίσκονται στον ίδιο, ευθύ, δρόμο και κινούνται με την ίδια φορά. Η απάντηση είναι επίσης σωστή σε άλλες περιπτώσεις κίνησης σε μη ευθείς αλλά παράλληλους δρόμους όταν και πάλι τα δύο αυτοκίνητα έχουν την ίδια φορά κίνησης.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Η απάντηση όμως «*τα αυτοκίνητα στις 3 η ώρα συναντιούνται*» στα πλαίσια του συγκεκριμένου προβλήματος δεν μπορεί να θεωρηθεί σωστή, διότι δεν γνωρίζουμε το είδος της κίνησης που τα αυτοκίνητα εκτελούν. Ενδεχομένως τα αυτοκίνητα να κινούνται στην ίδια διεύθυνση αλλά σε διαφορετικές κατευθύνσεις ή και σε τελείως διαφορετικές διευθύνσεις. Ακόμη γενικότερη είναι η περίπτωση όπου τα δύο αυτοκίνητα εκτελούν δισδιάστατη κίνηση. Στις παραπάνω περιπτώσεις το να θεωρήσουμε ότι συναντιούνται στις 3 η ώρα είναι λάθος. Η σωστή απάντηση στο πρώτο ερώτημα που απορρέει από τη γραφική παράσταση είναι πως στις 3 η ώρα τα δύο αυτοκίνητα βρίσκονται στην ίδια απόσταση από το σπίτι, αφού το σημείο τομής των γραμμών στη γραφική παράσταση μας δίνει αυτή την πληροφορία και μονάχα αυτή.

Η διατύπωση της λανθασμένης απάντησης που δόθηκε από τους φοιτητές τόσο πριν όσο και μετά την πειραματική παρέμβαση μπορεί να αποδοθεί μόνο στην θεώρηση από μέρους τους μίας νοερής εικόνας για την κίνηση που συμπίπτει με της μονοδιάστατης κίνησης που αναφέρθηκε παραπάνω. Μια τέτοια νοερή εικόνα όπως εξηγήσαμε δεν είναι λανθασμένη, αλλά δεν είναι και η μοναδική πιθανή. Η πειραματική παρέμβαση φαίνεται πως δεν επέφερε κάποια αλλαγή στην ενίσχυση της κατανόησης των φοιτητών οδηγώντας τους σε μια πιο γενικευμένη μετάφραση από την γραφική παράσταση στην νοερή εικόνα της κίνησης. Αποτελεί μάλιστα ενδεχόμενο η πειραματική παρέμβαση να λειτούργησε αποτρεπτικά για αυτού του είδους τη γενίκευση. Σε κάθε δραστηριότητα οι φοιτητές μελετούσαν κάποιο συγκεκριμένο φαινόμενο κίνησης μέσα από τις διάφορες αναπαραστάσεις τους. Η σύνδεση μεταξύ των μαθηματικών αναπαραστάσεων και του πραγματικού φαινόμενου ενισχυόταν (όπως δείχνουν τα γενικότερα αποτελέσματα της έρευνας μας), πιθανόν όμως δημιουργώντας την πεποίθηση πως αυτού του είδους οι συνδέσεις είναι μονοσήμαντες. Έτσι, οι φοιτητές μετά την πειραματική παρέμβαση δεν τροποποιούν την αρχική τους απάντηση, καθώς μέσα από τις δραστηριότητες στα VBL διαπιστώνουν ότι η αρχική νοερή εικόνα που είχαν για την κίνηση θα μπορούσε κάλιστα να είναι η σωστή. Το ενδεχόμενο μια μαθηματική αναπαράσταση της κίνησης να αντιστοιχεί σε παραπάνω της μία περιπτώσεις πραγματικών κινήσεων φαίνεται πως δεν ενισχύεται αλλά μάλλον υποβαθμίζεται λόγω της πειραματικής μας παρέμβασης.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Συνολικά, παρόλα αυτά, όπως αναφέραμε στο (1) γενικό συμπέρασμα σχετικά με την μετάφραση γραφικής παράστασης – νοερής εικόνας «**Μετά την πειραματική παρέμβαση οι φοιτητές μπορούν να μεταφράσουν με μεγαλύτερη επιτυχία την αντίστοιχη γραφική παράσταση σε νοερή εικόνα της κίνησης**», η νοερή εικόνα των φοιτητών για την συγκεκριμένη κίνηση βελτιώθηκε μετά την πειραματική παρέμβαση αν και μονοσήμαντα, όπως αναλύσαμε παραπάνω. Το επιμέρους συμπέρασμα που προέκυψε από την ανάλυση των συνεντεύξεων και υποστηρίζει τη θέση μας για το ερώτημα Cardiff είναι το ακόλουθο:

Η νοερή εικόνα της κίνησης που αντλούν οι φοιτητές από τη γραφική παράσταση μετά την πειραματική παρέμβαση παρουσιάζεται βελτιωμένη.

Αφού οι φοιτητές είχαν απαντήσει στα ερωτήματα όπως αυτά ήταν διατυπωμένα στο ερωτηματολόγιο, τους ζητούσαμε να μας περιγράψουν πως φαντάζονται ότι γίνεται η κίνηση αυτή. Να μας δώσουν δηλαδή την νοερή εικόνα της κίνησης που έχουν στο μυαλό τους όταν μελετούν αυτή τη γραφική παράσταση. Σύμφωνα και με όσα αναφέρθηκαν νωρίτερα σε αυτή την ενότητα, η συγκεκριμένη γραφική παράσταση μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικές σωστές νοερές εικόνες που αφορούν την κίνηση που αναπαριστά. Πριν την πειραματική μας παρέμβαση όμως, στις περισσότερες περιπτώσεις οι φοιτητές είχαν ασαφή ή λανθασμένη εικόνα για την κίνηση που αναπαριστά η γραφική παράσταση.

Μετά την πειραματική παρέμβαση οι φοιτητές έχουν μια καλύτερη εικόνα για την κίνηση που περιγράφει η γραφική παράσταση. Οι περισσότεροι φαντάζονται μονοδιάστατη κίνηση στον ίδιο ή σε παράλληλους δρόμους. Οι περιπτώσεις αυτές κίνησης δεν είναι όπως προαναφέρθηκε οι μοναδικές σωστές που πηγάζουν από τη γραφική παράσταση του προβλήματος, είναι όμως οι συνηθέστερες και απλούστερες περιπτώσεις. Για αυτές τις κινήσεις οι φοιτητές είχαν μια σαφή εικόνα με λεπτομέρειες που αφορούν όχι μόνο την πορεία, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις και την ταχύτητα των δύο αυτοκινήτων. Ας δούμε ένα τυπικό παράδειγμα.

Βάια – Πριν:

1. **Γ:** ... για πες μου πως φαντάζεσαι την κίνηση για τα δύο αυτοκίνητα. Πάλι αν έπρεπε να κάνουμε το ίδιο πράγμα [να τα κινηματογραφήσουμε ώστε να προκύψει η δεδομένη γραφική παράσταση].
2. **Β:** Πως τη φαντάζομαι;
3. **Γ:** Ναι. Τι θα έβαζες τα δύο αυτοκίνητα να κάνουν;
4. **Β:** .... Να κινηθούνε... ευθεία...

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

5. **Γ:** Πάλι σα να το βλέπαμε από ψηλά;
6. **Β:** ...Ναι
7. **Γ:** Σαν σε ένα πάρκινγκ δηλαδή και να-
8. **Β:** Ναι

Η αρχική της κατανόηση φαίνεται να προέρχεται από την GAP σύγχυση, αλλά δε θα επεκταθούμε καθώς αναλύεται αργότερα σε αυτό το κεφάλαιο. Ας δούμε όμως την απάντηση της μετά από τις δραστηριότητες που έκανε στο περιβάλλον του λογισμικού ανάλυσης κίνησης.

Βάια – Μετά:

1. **Γ:** Εδώ θέλω να μου πεις πως φαντάζεσαι την κίνηση των δύο αυτοκινήτων.
2. **Β:** Εεε.... Παράλληλα.
3. **Γ:** Δηλαδή; Βρίσκονται στον ίδιο δρόμο;
4. **Β:** Σε διαφορετικούς..
5. **Γ:** Αλλά παράλληλους;
6. **Β:** Ναι. Και εδώ φτάνουν στο ίδιο σημείο.
7. **Γ:** Συναντιούνται εκεί;
8. **Β:** Όχι
9. **Γ:** Αλλά;
10. **Β:** Έχουν το ακριβώς.. ε.. την ακριβώς ίδια απόσταση από το σπίτι.
11. **Γ:** Μμμ .....
12. **Β:** Φτάνουν στο ίδιο ύψος δηλαδή, δεν συναντιούνται.

Η σωστή απάντηση της που μοιάζει να βασίζει σε μια συμβατή με τη γραφική παράσταση νοητική εικόνα της κίνησης των αυτοκινήτων μας παρακινεί να διερευνήσουμε περισσότερο το πώς έχει διαμορφωθεί αυτή η εικόνα και τις λεπτομέρειες της. Προκαλούμε λοιπόν την Βάια να δικαιολογήσει τη θέση της με τον παρακάτω τρόπο.

13. **Γ:** Την ίδια ώρα έχουν την ίδια απόσταση από το σπίτι και είναι σε παράλληλους δρόμους. ..Πως μπορεί να γίνει αυτό. Για φαντάσου δυο παράλληλους δρόμους.
14. **Β:** Τα θυμάμαι από .. απ' τις δραστηριότητες με τα τρενάκια και αυτά..
15. **Γ:** Ναι..
16. **Β:** Που όταν κάναμε την γραφική παράσταση- Η κίνηση τους ήταν παράλληλη και όταν κάναμε τη γραφική παράσταση. .
17. **Γ:** Υπήρχε ένα σημείο τομής..
18. **Β:** Ναι.. Και ήταν ακριβώς – απείχαν ακριβώς την ίδια απόσταση.
19. **Γ:** Ναι.. Το φαντάζεσαι δηλαδή αυτό να κινούνται όπως στα τρενάκια; Να κινούνται αντίθετα ή προς την ίδια κατεύθυνση;
20. **Β:** Προς την ίδια νομίζω

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Διαπιστώνουμε στην αναζήτηση μας ότι σωστά έχει καταλάβει την αναπαράσταση της κίνησης στην δραστηριότητα «τρενάκια» μέσα από τις γραφικές παραστάσεις που την ανέλυσε και μέσα από τα εργαλεία που τις παρείχε το λογισμικό. Επίσης ορθά έχει καταφέρει και μεταφέρει αυτή της την εμπειρία σε μία νέα κατάσταση με παρόμοια χαρακτηριστικά.

Ερώτηση με κωδικό Story1

Υπενθυμίζουμε πως το ζητούμενο για το ερώτημα αυτό ήταν να περιγράψουν οι φοιτητές την ιστορία που λέει η γραφική παράσταση της εικόνας 6.9 (σελίδα 164). Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 24 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.7. Η κατηγοριοποίηση αυτή αναδεικνύει τρία επιμέρους συμπεράσματα σχετικά με τη μεταβολή που επέφερε η πειραματική παρέμβαση και σχετίζονται με το γενικότερο συμπέρασμα αυτής της ενότητας (1) - «**Μετά την πειραματική παρέμβαση οι φοιτητές μπορούν να μεταφράσουν με μεγαλύτερη επιτυχία την αντίστοιχη γραφική παράσταση σε νοερή εικόνα της κίνησης**». Το πρώτο σχετικό συμπέρασμα του ερωτήματος με κωδικό Story1 είναι το ακόλουθο:

Πριν την πειραματική παρέμβαση υπήρχε ένας αριθμός φοιτητών που δεν μπορούσαν να συσχετίσουν καθόλου τη γραφική παράσταση με τον περίπατο του Πέτρου. Μετά την πειραματική παρέμβαση οι φοιτητές αυτοί έχουν μια βελτιωμένη νοερή εικόνα η οποία όμως κατά περίπτωση εμπεριέχει και παρανοήσεις.

Πριν την πειραματική παρέμβαση υπήρχε ένας αριθμός φοιτητών που αδυνατούσε παντελώς να συσχετίσει τη δεδομένη γραφική παράσταση με έναν περίπατο. Για τους φοιτητές αυτούς δεν υπήρχε καμία σύνδεση μεταξύ των δύο αναπαραστάσεων. Στις περισσότερες αυτών των περιπτώσεων η απάντηση που έδιναν στο ερωτηματολόγιο ήταν μια πρόταση γενικής αλήθειας, κατά τα άλλα ασύνδετη με τις πληροφορίες που παρέχει η γραφική παράσταση. Φαίνεται πως σε αυτές τις περιπτώσεις υπήρχε μια δυσκολία στη σύλληψη της συνολικής μορφής της γραφικής παράστασης που περιγράφει τον περίπατο με αποτέλεσμα ακόμα και τα επιμέρους στοιχεία που μπορούσαν να ερμηνεύσουν (σε κάποιο βαθμό) οι φοιτητές να μην

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

μπορούν να αξιοποιηθούν. Χαρακτηριστικό είναι ότι ακόμα και φοιτητές που κατά τα άλλα είχαν επιδείξει υψηλές επιδόσεις σε αυτή την ερώτηση δεν ήξεραν με ποιο τρόπο να προσεγγίσουν τη γραφική παράσταση και να περιγράψουν την ιστορία της. Ας δούμε ένα τέτοιο παράδειγμα.

Ανέτα – Πριν:

<u>1η Συνάντηση</u>

1. **Α: Εε.. όσο πιο γρήγορα πηγαίνει ο Πέτρος... δηλαδή.. τόσο πιο σύντομα θα φτάσει στο σπίτι.**
2. **Γ: Αυτό είναι μια γενική αλήθεια.**
3. **Α: Ναι.**

Στις περιπτώσεις που είχαμε τέτοιες απαντήσεις, προτείναμε ένα σενάριο όπου έθετε τον φοιτητή στο ρόλο του παρατηρητή της κίνησης και του προσθέταμε την ευθύνη της ανελλιπούς και αυστηρής παρακολούθησης της.

4. **Γ: Προσπάθησε να το σκεφτείς με όρους – Πες ότι ο Πέτρος ήταν ξαδερφάκι σου και το προσέχεις και έρχεται μετά η θεία σου και σου λέει «Ανέτα, τι έκανε ο Πέτρος όσο έλειπα;», τι θα της απαντήσεις; Κάπως έτσι να το διατυπώσεις.**
5. **Α: (μεγάλη παύση) Ξεκινώντας δηλαδή από το σπίτι ..από το σπίτι Α να κατευθυνθεί στο σπίτι Β... Δηλαδή αυτό το πράγμα...; Έκανε...;**
6. **Γ: Κάπως έτσι..**
7. **Α: Κάπως έτσι..;**
8. **Γ: Ναι. (μεγάλη παύση) Σε δυσκολεύει πολύ;**
9. **Α: Με δυσκολεύει... ; Δεν ξέρω γενικότερα... Θέλω αριθμούς.. Δε μπορώ έτσι.. σε...**
10. **Γ: Μμ..**
11. **Α: ..κάτι γενικό.. Το θέλω πιο συγκεκριμένο.**
12. **Γ: Μάλιστα.**
13. **Α: Εε.. ..Το γενικό είναι κάτι πολύ γενικό. Ξεκινώντας απ- Ή ... ξεκινώντας από το σημείο.. Α... (παύση) πάμε παρακάτω.**

Οι φράσεις της Ανέτας «*Θέλω αριθμούς*» και «*είναι γενικό, το θέλω πιο συγκεκριμένο*» ενισχύουν την αρχική μας τοποθέτηση. Ότι δηλαδή η συνολική μορφή της γραφικής παράστασης είναι δύσκολο να ερμηνευθεί σε νοερή εικόνα και έπειτα σε λεκτική περιγραφή του περιπάτου του Πέτρου. Αν μπορούσαν να την προσεγγίσουν πιο τμηματικά και πιο συγκεκριμένα, όπως προτείνει η Ανέτα ότι θα την εξυπηρετούσε, θα τους ήταν πιο εύκολο τμηματικά να βρουν την ιστορία που περιγράφει η γραφική παράσταση.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Κατά τη δεύτερη συνάντηση μας (ακόμα πριν την πειραματική παρέμβαση) με την Ανέτα επανερχόμαστε σε αυτό το ερώτημα και ζητάμε και πάλι την απάντηση της, προκειμένου να βεβαιωθούμε πως η έλλειψη απάντησης στην πρώτη συνάντηση δεν οφείλεται σε δισταγμό έκφρασης μιας εικόνας που μπορεί να έχει για τον περίπατο.

2η Συνάντηση

1. **Γ**: Πως φαντάζεσαι ότι κινήθηκε ο Πέτρος; Πάλι αν έπρεπε να το κινηματογραφήσουμε, τι θα του έλεγες να κάνει;
2. **Α**: (παύση) Εε.. εννοούμε τώρα δηλαδή αν στην αρχή έτρεξε, περπάτησε.. τι έκανε.. Ο Πέτρος ξεκίνησε από ένα σημείο, έφτασε σε κάποιο άλλο σημείο.. (γελάει λιγάκι)
3. **Γ**: Κινήθηκε όπως πριν τα αυτοκίνητα σε έναν ευθύ δρόμο; [αναφέρομαι σε προηγούμενη ερώτηση] ..Πως το φαντάζεσαι;
4. **Α**: … Δεν ξέρω όμως τι παίζει ρόλο..
5. **Γ**: Δε μπορείς να φανταστείς.. Δεν το βλέπεις να επηρεάζει το πρόβλημα..
6. **Α**: … Σύμφωνα με τη γραφική παράσταση, δε θυμάμαι. Να πω την αλήθεια..
7. **Γ**: Μμ..
8. **Α**: Δηλαδή.. Κατά πόσον η γραφική παράσταση επηρεάζει και τον τρόπο…

Φοιτητές που είχαν δυσκολίες σαν την Ανέτα φαίνεται ότι ωφελήθηκαν σημαντικά από τη διαδικασία της πειραματικής μας παρέμβασης, καθώς μετά από αυτή, όλοι έχουν κάποια ιστορία περιπάτου να προτείνουν που θα εξηγούσε τη γραφική παράσταση. Αν και δεν είναι όλες οι ιστορίες που προτείνουν ολοκληρωμένες, οι περισσότερες από αυτές προσεγγίζουν τη σωστή περιγραφή, συνήθως περιέχοντας παρανοήσεις για κάποιο τμήμα της γραφικής παράστασης. Ας δούμε στο παράδειγμα της Ανέτας που παραθέσαμε προηγουμένως, την απάντηση της μετά την πειραματική παρέμβαση.

Ανέτα – Μετά:

1. **Α**: Εγώ πιστεύω ότι από το σημείο που ξεκινάει ..εε.. για να φτάσει .. μέχρι ένα σημείο.. θα μπορούσαμε να πούμε ότι τρέχει; Εε.. μετά….. αυτό [εννοεί το τμήμα της γραφικής παράστασης] που παραμένει.. ουσιαστικά σταθερό.. …. Προσπαθώ να το συνδυάσω με αυτά που έχω μάθει..[εννοεί από τις δραστηριότητες]
2. **Γ**: Μμ..
3. **Α**: Και αυτά που έλεγα προηγουμένως .. για να μην πω από τη μια και μετά πω από την άλλη
4. **Γ**: Στις προηγούμενες ερωτήσεις..
5. **Α**: Κάποια μου έστεκαν λογικά..
6. **Γ**: Τι πιστεύεις ότι συμβαίνει λοιπόν σε εκείνο το σημείο;

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

7. Α: .... Εκείνη τη στιγμή σταματάει.. [αναφέρεται στο μεσαίο τμήμα της γραφικής παράστασης]
8. Γ: Μάλιστα.
9. Α: Δηλαδή από τα... Δεν ξέρω, για κάποια λεπτά..
10. Γ: Ναι..
11. Α: Εε.. σταματάει.. κάπου σε ένα σημείο..
12. Γ: Μμ..
13. Α: Εε... από εκεί και έπειτα... ..Γυρν- Νομίζω ότι κάνει ουσιαστικά την ίδια πορεία; Και φτάνει σε ένα σημείο.. Στο ίδιο σημείο..

Παρατηρούμε από το παραπάνω απόσπασμα, πως η μετά την πειραματική παρέμβαση εικόνα που έχει η Ανέτα για τον περίπατο του Πέτρου είναι σχεδόν πλήρης. Τα μόνα που παραλείπει να αναφέρει είναι πως ο Πέτρος ξεκινά από το σπίτι του και πως στην επιστροφή ο ρυθμός κίνησης του (η ταχύτητα του δηλαδή) είναι μικρότερος από ότι όταν ξεκινούσε τον περίπατο.

Ένα δεύτερο επιμέρους συμπέρασμα που αφορά το ερώτημα με κωδικό Story1 και σχετίζεται με τη βελτίωση της μετάφρασης της γραφικής παράστασης σε νοερή εικόνα της κίνησης είναι το ακόλουθο:

Μετά την πειραματική παρέμβαση έχει αυξηθεί ο αριθμός των φοιτητών που ερμηνεύουν το τρίτο κομμάτι της γραφικής παράστασης ως αλλαγή φοράς της κίνησης του Πέτρου.

Κατά τις αρχικές συνεντεύξεις, ένας αριθμός φοιτητών δυσκολευόταν να ερμηνεύσει το τελευταίο κομμάτι της γραφικής παράστασης ως κίνηση του Πέτρου με φορά αντίθετη από την αρχική. Ίσως ο λόγος για αυτό είναι η συνήθης εικόνα που έχουν οι φοιτητές από τέτοια παραδείγματα, όπου η κίνηση είναι συνεχής και προς την ίδια κατεύθυνση. Έτσι το να συνδέσουν την αλλαγή κατεύθυνσης της κίνησης με την αρνητική κλίση της γραφικής παράστασης Απόστασης – Χρόνου είναι αρκετά δύσκολο. Το πιο συνηθισμένο αποτέλεσμα αυτής της δυσκολίας είναι να ερμηνεύουν το τελευταίο κομμάτι της γραφικής παράστασης ως μείωση κάποιου μεγέθους, και ελλείψει της σωστής ερμηνείας, το μέγεθος που συνήθως επιλέγουν είναι η ταχύτητα. Ας δούμε ένα παράδειγμα, όπου η Βούλα δυσκολεύεται να εντάξει το τρίτο κομμάτι της γραφικής παράστασης στην ερμηνεία που έχει δώσει.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Βούλα – Πριν:

1. **Γ:** Εδώ φαντάσου ότι ο Πέτρος είναι ας πούμε ένα ξαδερφάκι σου και το προσέχεις εσύ, κάνει ένα περίπατο, έρχεται μετά η θεία σου και σου λέει «Βούλα τι έκανε ο Πέτρος όση ώρα τον πρόσεχες;» Τι θα της πεις;
2. **Β:** (μεγάλη παύση) Λοιπόν. Από τη γραφική παράσταση φαίνεται ότι ..... δηλαδή εδώ η απόσταση από το σπίτι.. πόσο μακριά είναι περίπου ακόμα απ' το σπίτι.. ε και εδώ σε αυτό το διάστημα ή περπατούσε πολύ αργά..
3. **Γ:** Ποιο διάστημα λες;
4. **Β:** Αυτό εδώ..
5. **Γ:** Μάλιστα.
6. **Β:** Ή επειδή μας το δείχνει φαντάζομαι ότι.. εδώ είναι η μεγαλύτερη απόσταση από το σπίτι.
7. **Γ:** Μάλιστα.
8. **Β:** ..Και εδώ άραγε είναι μηδενική η απόσταση από το σπίτι, άρα έχει φτάσει (γελώντας λίγο) Αλλά δε ξέρω τι να γράψω..

Κατά τη διάρκεια των εργαστηριακών μαθημάτων οι φοιτητές είχαν την ευκαιρία να ασχοληθούν με και να αντιμετωπίσουν κινήσεις όπου η φορά τους δεν ήταν σταθερή. Η μελέτη τέτοιων κινήσεων ταυτόχρονα με την μελέτη των αντίστοιχων γραφικών τους παραστάσεων, σκόπευε στην αντιμετώπιση ακριβώς τέτοιων προβλημάτων σαν αυτό που μελετούμε εδώ. Μετά από τα εργαστηριακά μαθήματα, αυτά τα προβλήματα φαίνεται να έχουν μειωθεί σημαντικά χάρη στη βελτιωμένη νοερή εικόνα για την κίνηση που μπορούν να σχηματίσουν οι φοιτητές. Ας δούμε την αντίστοιχη απάντηση της Βούλας μετά την πειραματική μας παρέμβαση.

Βούλα – Μετά:

<u>3η Συνάντηση</u>

1. **Β:** Τώρα πάλι εδώ, απόσταση από το σπίτι
2. **Γ:** Ναι
3. **Β:** Εξακολουθώ να μη το καταλαβαίνω αυτό
4. **Γ:** Ναι
5. **Β:** Δηλαδή, ε ας πούμε στον.. στον y άξονα είναι 5..10.. μέτρα ξέρω γω τι είναι.. 15 .. τι ότι είναι 15 μέτρα μακριά από το σπίτι; Η απόσταση; Αυτό δεν το καταλαβαίνω.
6. **Γ:** Ναι. Τι είναι η απόσταση από το σπίτι;
7. **Β:** (πολύ μεγάλη παύση) Τώρα πρέπει να είναι τελείως διαφορετική η απάντηση από την προηγούμενη φορά.
8. **Γ:** Για πες μου, τι έγραψες;

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

9. **Β:** Έγραψα ότι.. ότι εδώ ο Πέτρος ξεκινάει από το σπίτι. Τη στιγμή μηδέν. Εε, όσο περνάει ο χρόνος απομακρύνεται από το σπίτι. Και στη συνέχεια παίρνει το δρόμο της επιστροφής μέχρι που.. επιστρέφει πάλι από εκεί που ξεκίνησε.
10. **Γ:** Μάλιστα
11. **Β:** Τώρα το καταλαβαίνω έτσι
12. **Γ:** Παλιά τι είχες γράψει;
13. **Β:** Εε.. παλιά πρέπει να είχα γράψει ότι .. σε σχέση με το πώς περπατάει, ότι τρέχει, περπατάει γρήγορα..
14. **Γ:** Μάλιστα..

Στην τέταρτη συνέντευξη μας μαζί της επανερχόμαστε στον περίπατο του Πέτρου για άλλο σκοπό, αλλά η απάντηση της παρατίθεται εδώ καθώς ενισχύει την παραπάνω θέση μας.

4η Συνάντηση

1. **Γ:** Στο σημείο στη γραφική παράσταση του Πέτρου που είναι ευθεία
2. **Β:** Ναι
3. **Γ:** Τι πιστεύεις ότι συμβαίνει;
4. **Β:** (παύση) Λοιπόν.. ξεκινά απ' το σπίτι.... Αυξάνεται η απόσταση... σε αυτό το σημείο ίσως βρίσκεται.. στο ίδιο ..σημείο, δηλαδή δεν κινείται... αυτό πιστεύω ότι ίσως να μην κινείται σε εκείνο το σημείο και μετά αρχίζει πάλι να επιστρέφει προς το σπίτι, άρα μειώνεται η απόσταση.
5. **Γ:** Οκ..

Το τρίτο επιμέρους συμπέρασμα που αφορά το ερώτημα με κωδικό Story1 και σχετίζεται με τη βελτίωση της μετάφρασης της γραφικής παράστασης σε νοερή εικόνα της κίνησης είναι το εξής:

Οι παρανοήσεις σχετικά με το μεσαίο τμήμα της γραφικής παράστασης που υπήρχαν πριν την πειραματική παρέμβαση, έχουν υποχωρήσει σημαντικά μετά από αυτήν.

Η πιο συχνή και σημαντική παρανόηση που επέδειξαν οι φοιτητές που είχαν μέτρια εικόνα για τον περίπατο του Πέτρου πριν την πειραματική παρέμβαση είναι της παρανόησης του τι συμβαίνει στον περίπατο κατά το μεσαίο τμήμα της γραφικής παράστασης. Η πλειοψηφούσα απάντηση ήταν πως ο Πέτρος κινείται «σταθερά» ή με σταθερή ταχύτητα. Σε κάποιες από τις περιπτώσεις η παρανόηση αυτή ενδεχομένως αποτελεί μια ακόμη μορφή έκφρασης του GAP (Graph-As-Picture) ενώ σε άλλες πιστεύουμε ότι έχει άλλη αιτία. Συγκεκριμένα, μια κατανόηση βασισμένη στο GAP για το μεσαίο μέρος ταιριάζει κατά τη γνώμη μας περισσότερο με τα λεγόμενα εκείνων των φοιτητών που αναφέρουν ότι «ο Πέτρος κινείται σταθερά» στο μεσαίο

τμήμα της γραφικής παράστασης». Τέτοιου είδους φράσεις είναι ενδείξεις πως εκείνο το τμήμα της γραφικής παράστασης μπορεί να ερμηνεύεται ως η τροχιά του Πέτρου κατά τον περίπατο του.

Οι φράσεις όμως που σχετίζονταν με τη σταθερή ταχύτητα που ενδεχομένως έχει σε εκείνο το σημείο δεν φαίνεται να εντάσσονται το ίδιο εύκολα στο παραπάνω πρότυπο όπως το περιγράψαμε. Πιστεύουμε ότι σε αυτές τις περιπτώσεις η παρανόηση μπορεί να συνδεθεί περισσότερο με το γεγονός ότι οι φοιτητές είχαν μια φτωχή ή συγκεχυμένη νοερή εικόνα της κίνησης. Μπορούσαν να διακρίνουν πως κάτι παραμένει σταθερό στη γραφική παράσταση, αλλά δεν μπορούσαν να βρουν τι αντιπροσωπεύει αυτή η σταθερή ποσότητα όσον αφορά στην κίνηση του Πέτρου.

Ενδεχομένως τα όρια των δύο κατηγοριών που περιγράφουμε να είναι δυσδιάκριτα μέσα από τα λεγόμενα των φοιτητών. Αυτό αποτελεί ένα ζήτημα θεωρητικής έρευνας για τις αναπαραστάσεις των γραφικών παραστάσεων που δεν εμπίπτει στους σκοπούς της δικής μας μελέτης. Αυτό που είναι σημαντικό για εμάς είναι πως μετά την πειραματική μας παρέμβαση, το λάθος αυτό έχει υποχωρήσει σημαντικά, χάρη στην ενισχυμένη νοερή εικόνα της κίνησης που είχαν αποκτήσει οι φοιτητές. Ας δούμε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα, αυτό της Ολυμπίας.

Ολυμπία – Πριν:

1. **Γ**: Εδώ στον περίπατο του Πέτρου στο σημείο που η γραφική παράσταση είναι ευθεία, τι πιστεύεις ότι συμβαίνει;
2. **Ο**: … Ότι … ότι η κίνηση έκανε μεταβολή..
3. **Γ**: Μμ..
4. **Ο**: Δηλαδή.. σε σχέση με το χρόνο και την απόσταση.. Ξέρω γω.. αυτή πιστεύω, κάτι τέτοιο θυμάμαι (γελάει λίγο)
5. **Γ**: Τον Πέτρο πως τον φαντάζεσαι να κινείται εκεί πέρα [αναφερόμαστε στο μεσαίο τμήμα της γραφικής παράστασης];
6. **Ο**: Με σταθερό βήμα. Αυτό ήθελα να πω.

Όπως θα δούμε στη συνέχεια το πρόβλημα της Ολυμπίας με το μεσαίο τμήμα της γραφικής παράστασης προέρχεται μάλλον από την παρανόηση που έχει πως η κίνηση πρέπει να είναι συνεχής και χωρίς παύσεις, αφού αντίστοιχα η γραμμή της γραφικής παράστασης είναι συνεχής. Παρόλα αυτά θα δούμε ότι πλέον αυτή η αντίληψη έρχεται σε σύγκρουση (και υποχωρεί) με τη νέα, σωστή ερμηνεία που έχει για το μεσαίο τμήμα της γραφικής παράστασης.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Ολυμπία – Μετά:

1. **Ο**: Λοιπόν.. μέχρι εδώ…
2. **Γ**: Ναι.
3. **Ο**: Είχε .. μια και κινείται ο Πέτρος (νομίζω), λοιπόν. Περπατούσε πιο γρήγορα.
4. **Γ**: Μμ..
5. **Ο**: Εδώ μπορώ να πω ότι σταμάτησε.. (γελάει λίγο) … Όχι … λοιπόν… Περπατούσε γρήγορα, έφτασε σπίτι .. (παύση) Και ξαναγύρισε από το σπίτι που βρισκόταν.
6. **Γ**: Μάλιστα.
7. **Ο**: Λοιπόν, δηλαδή..
8. **Γ**: Ναι, για πάρτο άλλη μία..
9. **Ο**: Έφτασε σπίτι. Σε αρκετά γρήγορο χρονικό διάστημα, που σημαίνει ότι πήγαινε πολύ γρήγορα. Έχουμε ένα διάστημα που απόσταση παραμένει ίδια και ο χρόνος αυξάνεται… Που σημαίνει ότι.. έμεινε σπίτι..
10. **Γ**: Μμ..
11. **Ο**: Και μετά.. έχουμε επίσης αύξηση του χρόνου και μείωσης της απόστασης που σημαίνει ότι γύρισε εκεί που ήταν.
12. **Γ**: Μάλιστα.
13. **Ο**: Στο αρχικό σημείο.
14. **Γ**: ΟΚ.

6.3.1.4. Μεταφραστικές ικανότητες μεταξύ αναπαραστάσεων Λεκτικής Περιγραφής της Κίνησης και Γραφικών Παραστάσεων

Για τις γραφικές παραστάσεις του ερωτηματολογίου τις οποίες έπρεπε να κατασκευάσουν οι ίδιοι οι φοιτητές, μας δόθηκε η ευκαιρία να διερευνήσουμε την επίδραση της πειραματικής μας παρέμβασης στην μετάφραση των αναπαραστάσεων των λεκτικών περιγραφών στην αναπαράσταση της γραφικής παράστασης. Η ανάλυση των συνεντεύξεων για αυτά τα ερωτήματα έδειξε πως:

Η ικανότητα μετάφρασης των λεκτικών περιγραφών σε γραφικές παραστάσεις βελτιώθηκε μετά την πειραματική παρέμβαση, αν και όχι για το σύνολο των ερωτήσεων.

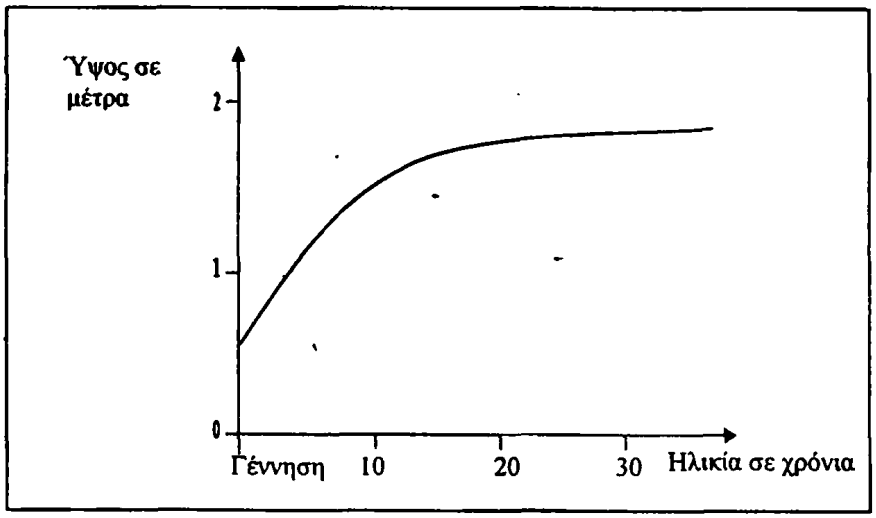
Παρουσιάζουμε στη συνέχεια τις δύο πιο χαρακτηριστικές περιπτώσεις στις οποίες βασίζεται το παραπάνω συμπέρασμα. Η μία προέρχεται από την ανάλυση του ερωτήματος με κωδικό Story3 και δείχνει πως εκεί βελτιώθηκε η ικανότητα μετάφρασης από τη λεκτική περιγραφή στη γραφική παράσταση, ενώ η άλλη από το

ερώτημα με κωδικό Mary και αντιστοιχεί στην περίπτωση που δε σημειώθηκε βελτίωση.

Ερώτηση με κωδικό Story3

Υπενθυμίζουμε πως εδώ οι φοιτητές έπρεπε να σχεδιάσουν στο ερωτηματολόγιο τους την γραφική παράσταση για το ύψος ενός ανθρώπου συναρτήσει της ηλικίας και να γράψουν την αντίστοιχη λεκτική περιγραφή (εικόνα 6.11, σελίδα 166).

Η λεκτική περιγραφή προηγείται της κατασκευής της γραφικής παράστασης, καθώς από αυτή θα προέλθουν τα δεδομένα βάσει των οποίων οι φοιτητές σχεδίαζαν τη γραφική παράσταση. Μια σωστή γραφική παράσταση θα ήταν της μορφής που φαίνεται στο σχήμα της εικόνας 6.23.



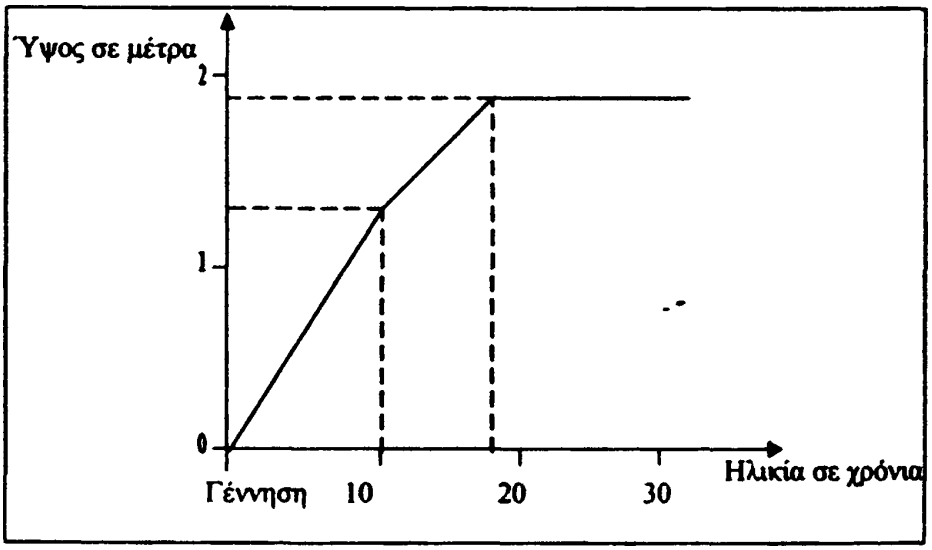
Εικόνα 6. 22 - Σωστή γραφική παράσταση για το ερώτημα Story3

Το τμήμα αυτό του ερωτηματολογίου εξέταζε την ικανότητα των φοιτητών να αναπαραστήσουν γραφικά μια ιστορία και οι συνεντεύξεις μας επέτρεψαν να εξετάσουμε το σκεπτικό του σχεδιασμού που υιοθέτησαν οι φοιτητές. Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 16 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.9. Από την κατηγοριοποίηση αυτή προκύπτει το παρακάτω συμπέρασμα σχετικά με την μετάφραση της λεκτικής περιγραφής σε γραφική παράσταση:

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Μετά την πειραματική παρέμβαση έχει αυξηθεί ο αριθμός των φοιτητών που πιστεύουν ότι στη συγκεκριμένη γραφική παράσταση η πραγματικότητα αναπαρίσταται καλύτερα από καμπύλες και όχι ευθείες γραμμές.

Οι κυρίαρχες στρατηγικές για το σχεδιασμό αυτής της γραφικής παράστασης ήταν δύο, μία με ευθείες γραμμές και μία με καμπύλη γραμμή. Σύμφωνα με την πρώτη στρατηγική, που φαίνεται στο σχήμα της εικόνας 6.23 οι φοιτητές έβρισκαν τα σημεία που αντιστοιχούσαν σε δύο ή περισσότερα ζεύγη ηλικιών και αντίστοιχου ύψους και στη συνέχεια τα ένωναν με ευθείες γραμμές.



Εικόνα 6. 23 - Συνήθης απάντηση στο ερώτημα Story3

Η δεύτερη στρατηγική αφορούσε τον σχεδιασμό μιας καμπύλης γραμμής, όμοιας με αυτής του σχήματος 6.23, που όμως πριν τις δραστηριότητες περνούσε από το (0,0)[26]. Όσοι φοιτητές επέλεγαν τη δεύτερη στρατηγική δεν έκαναν κάποια αναφορά σε συγκεκριμένα σημεία ηλικίας και αντίστοιχου ύψους.

Η πρώτη στρατηγική υπαγορεύεται από την στατική (pointwise) προσέγγιση, κατά την οποία κυρίαρχο στοιχείο της ερμηνείας/κατασκευής της γραφικής παράστασης είναι η θεώρηση της ως η γραμμή που σχηματίζεται από ζεύγη συντεταγμένων. Η μετάφραση δηλαδή από την λεκτική περιγραφή προκύπτει ως η μεταφορά πληροφοριών σε επί μέρους σημεία της γραφικής παράστασης και όχι στο συνολικό της σχήμα-μορφή. Η δεύτερη στρατηγική υπαγορεύεται από την δυναμική (global) προσέγγιση, κατά την οποία η μετάφραση από τη λεκτική διατύπωση γίνεται στη συνολική μορφή της γραφικής παράστασης ως αναπαράσταση της γενικότερης

[26] Το σφάλμα αυτό αναλύεται σε επόμενη ενότητα (6.3.1.7)

τάσης/συμπεριφοράς του φαινόμενου που αυτή περιγράφει. Εδώ κυρίαρχο ρόλο έχει η συναρτησιακή σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών και η κατασκευή της καμπύλης υπαγορεύεται κυρίως από το ρυθμό μεταβολής dy/dx. Η σωστή προσέγγιση στην ερμηνεία ή κατασκευή μιας γραφικής παράστασης είναι ο συνδυασμός της στατικής και δυναμικής θεώρησης, ώστε και η συνολική εξέλιξη να αναπαρίσταται σωστά και επιμέρους ποσοτικής φύσης πληροφορίες να μπορούν να αντληθούν με ακρίβεια.

Έτσι, όσοι φοιτητές είχαν την στατική προσέγγιση ως κυρίαρχη στο μυαλό τους, σημείωσαν κάποια ενδεικτικά ζεύγη συντεταγμένων και στη συνέχεια, παρασύρθηκαν και εσφαλμένα τα ένωσαν με ευθείες γραμμές, αγνοώντας την συνολική εικόνα της γραφικής παράστασης (σχήμα 6.24). Αυτή όπως είπαμε ήταν και η πλειοψηφία των περιπτώσεων πριν την πειραματική παρέμβαση. Το γεγονός αυτό δε μας παραξενεύει, διότι η στατική θεώρηση της γραφικής παράστασης συμβαδίζει με τη συνολική προτίμηση των φοιτητών στην διαδικαστική αντιμετώπιση των προβλημάτων έναντι της εννοιολογικής, την οποία φαίνεται να αποφεύγουν, ίσως και να αγνοούν γενικότερα.

Κατά τη 2η και 4η συνέντευξη, συζητούσαμε με τους φοιτητές σχετικά με την επιλογή της στρατηγικής που είχαν υιοθετήσει και αν πιστεύουν ότι στο συγκεκριμένο πρόβλημα η πραγματικότητα αναπαρίσταται καλύτερα από ευθείες ή καμπύλες γραμμές. Η σωστή επιλογή είναι αυτή της καμπύλης γραμμής, καθώς ο ρυθμός μεταβολής του ύψους με την πάροδο του χρόνου δεν είναι σταθερός και αυτό το γεγονός αντιστοιχεί σε καμπύλη. Φυσικά, η καμπύλη που θα περιγράφει την εξέλιξη του ύψους ενός ανθρώπου (global θεώρηση) θα πρέπει όχι μόνο να έχει σωστή μορφή, αλλά και λογικές τιμές συντεταγμένων βάσει του ύψους ενός πραγματικού ανθρώπου (pointwise θεώρηση).

Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προκύπτει πως ο αριθμός των φοιτητών που επιλέγουν καμπύλη για την κατασκευή της γραφικής παράστασης μετά την πειραματική παρέμβαση είναι σημαντικά αυξημένος. Αυτό κατά τη γνώμη μας οφείλεται στην καλύτερη κατανόηση των χαρακτηριστικών μιας γραφικής παράστασης, όπως αυτή εκφράζει την μετάφραση της αναπαράστασης μιας πραγματικής κατάστασης διατυπωμένης λεκτικά σε γραφική παράσταση. Η παρατηρούμενη βελτίωση συνίσταται κυρίως στην κατανόηση της αντιστοιχίας της καμπύλης γραμμής στον μη σταθερό ρυθμό μεταβολής και της ευθείας γραμμής στον σταθερό ρυθμό μεταβολής, και στην κατανόηση της σχέσης μεταξύ δύο μεγεθών

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

όπως περιγράφεται λεκτικά και πως αυτές οι σχέσεις αναπαρίστανται υπό τη μορφή γραφικής παράστασης. Ας δούμε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα διαλόγου.

Βάια – Πριν:

1. **Γ:** Εδώ με το ύψος του ανθρώπου, είχες πάρει κάποια σημεία και τα ένωσες. Το ερώτημα μου είναι. Έφερες ευθείες τις γραμμές με το χάρακα σκοπίμως ή απλά προέκυψε; Θα μπορούσες να έχεις φέρει και καμπύλες..;
2. **Β:** (παύση) ε πώς να τις κάνω αλλιώς;
3. **Γ:** .. Με καμπύλες γραμμές
4. **Β:** Όχι, σκοπίμως το έκανα.
5. **Γ:** Σκοπίμως;
6. **Β:** Ναι
7. **Γ:** Πιστεύεις ότι ταιριάζει καλύτερα οι γραμμές σε αυτή την περίπτωση δηλαδή;
8. **Β:** Ναι

Παρατηρούμε στον παραπάνω διάλογο ότι η Βάια θεωρεί τη σχεδίαση αυτής της γραφικής παράστασης με γραμμές ως την μοναδική επιλογή που είχε. Δεν σκέφτηκε καν το ενδεχόμενο να χρησιμοποιήσει καμπύλη γραμμή. Όταν της το προτείνουμε εμείς ως επιλογή, επιμένει στην τακτική της ευθείαςγραμμής για την οποία πιστεύει ότι αντιπροσωπεύει καλύτερα την πραγματικότητα σε αυτό το πρόβλημα. Ας δούμε τον αντίστοιχο διάλογο μετά την πειραματική παρέμβαση.

Βάια – Μετά:

1. **Γ:** [παύση - προβληματίζεται] Τι σκέφτεσαι;
2. **Β:** Ότι η ηλικία δεν είναι ανάλογη με το.. – το ύψος δεν είναι ανάλογο με την ηλικία..
3. **Γ:** Και πως λες να το παραστήσεις αυτό;
4. **Β:** Αυτό σκέφτομαι. (παύση) μμ.. καμπύλη είναι προς τα πάνω
5. **Γ:** Μμ

Βλέπουμε ότι ο προβληματισμός της μετά την πειραματική παρέμβαση αφορά το πώς θα παραστήσει τον μη σταθερό ρυθμό μεταβολής του ύψους. Απαντώντας στην ερώτηση μας, αποφασίζει ότι ο σωστός τρόπος μετάφρασης αυτής της πληροφορίας στη γραφική παράσταση είναι να χρησιμοποιήσει μια καμπύλη γραμμή.

Ας δούμε στη συνέχεια το αντίστοιχο αλλά και αντίθετο[27] συμπέρασμα αναφορικά με την ικανότητα μετάφρασης λεκτικής περιγραφής σε γραφική παράσταση, που προκύπτει επίσης από την ανάλυση των συνεντεύξεων, αυτή τη φορά, από το ερώτημα με κωδικό Mary.

[27] Αν και σπανιότερο σε συχνότητα εμφάνισης.

Ερώτηση με κωδικό Mary

Η εκφώνηση του ερωτήματος αυτού φαίνεται στην εικόνα 6.5 (σελίδα 161). Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 23 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.3. Η ανάλυση των συνεντεύξεων για αυτό το ερώτημα οδήγησε στη διατύπωση του παρακάτω συμπεράσματος σχετικά με την ικανότητα μετάφρασης από τη λεκτική περιγραφή σε γραφική παράσταση:

Κάποιοι φοιτητές τόσο πριν όσο και μετά από την πειραματική παρέμβαση σχεδίαζαν την γραμμή για τον Γιάννη βασιζόμενοι στο πρότυπο της Μαρίας και στις πληροφορίες για τον χρόνο.

Υπήρξε ένας αριθμός φοιτητών που σχεδίαζαν τη γραμμή του Γιάννη ακολουθώντας το πρότυπο της γραμμής της Μαρίας, διαφοροποιώντας το σχέδιο τους ελαφρά και αξιοποιώντας μόνο τα δεδομένα που αφορούσαν τον χρόνο. Τέτοιες περιπτώσεις εμφανίστηκαν τόσο πριν όσο και μετά την πειραματική παρέμβαση, ενώ στις περιπτώσεις που είχαν εμφανιστεί από πριν δεν υποχώρησαν σε όλες τις περιπτώσεις μετά. Αν και σε πρώτη ανάγνωση το συμπέρασμα αυτό μοιάζει ανεξήγητο και σε αντίθεση με τα υπόλοιπα συμπεράσματα (που έδειχναν βελτίωση) που προέκυψαν από αυτό το ερώτημα, μια λεπτομερής μελέτη του πίνακα που κωδικοποιούνται οι επιμέρους παρατηρήσεις (παράρτημα 6.3) μπορεί να μας δώσει κάποια επιπλέον στοιχεία και να βοηθήσει να το εξηγήσουμε. Παρατηρούμε από αυτόν τον πίνακα πως παρότι κάποιοι φοιτητές υπέπεσαν σε αυτό το σφάλμα (και αναφερόμαστε κυρίως στις συνεντεύξεις μετά την πειραματική παρέμβαση), δεν είχαν πρόβλημα στην κατανόηση της ερμηνείας της κλίσης ως ταχύτητας, τουλάχιστον σε κάποιο αρχικό στάδιο. Μελετώντας τα κείμενα των συγκεκριμένων φοιτητών συμπεραίνουμε ότι οι περισσότεροι πράγματι είχαν μια σχετικά καλή κατανόηση της συγκεκριμένης αναπαράστασης αλλά υπέπεσαν στο σφάλμα να σχεδιάσουν μια γραμμή στα πρότυπα της Μαρίας. Πιστεύουμε ότι αυτό οφείλεται στην αδυναμία μετάφρασης των γνώσεων και δεδομένων της λεκτικής αναπαράστασης στην αναπαράσταση της γραφικής παράστασης. Ας δούμε ένα παράδειγμα κειμένου που ανήκει πιστεύουμε σε αυτή την κατηγορία.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Κατερίνα (Μετά):

1. **Γ:** Εδώ με τη Μαρία και το Γιάννη ... Αν δεν είχαμε τον Γιάννη και δεν είχαμε και την εκφώνηση καθόλου στο πρόβλημα. Να είχαμε μόνο τη Μαρία.
2. **Κ:** Ναι.
3. **Γ:** Θα μπορούσες να διακρίνεις ποια από τις 2 γραμμές της Μαρίας αποτελεί το περπάτημα και ποια το τρέξιμο;
4. **Κ:** (παύση) Χμ... Λογικά ναι. Γιατί αυτή εδώ. Σε αυτό το σημείο της γραφικής παράστασης.. εε.. βλέπουμε ότι έχει μια σταθερή ανοδική πορεία. Ανεβαίνει συνεχώς.
5. **Γ:** Μάλιστα.
6. **Κ:** Δηλαδή πάει πιο γρήγορα. Με ποιο γρήγορους ρυθμούς.
7. **Γ:** Εκεί τι είναι; Το τρέξιμο ή το περπάτημα..;
8. **Κ:** Το τρέξιμο [δείχνει τη σωστή γραμμή]
9. **Γ:** ... Το Γιάννη γιατί τον σχεδίασες με αυτόν τον τρόπο;
10. **Κ:** (γελώντας) Γιατί δεν μπορούσα αλλιώς. Βέβαια δεν ξέρω, αυτό ενώ το καταλάβαινα, δε μπορώ να το σχεδιάσω. Και αυτό λάθος το έχω κάνει, στάνταρ..
11. **Γ:** Είναι λάθος πιστεύεις αυτό..
12. **Κ:** Μμ..
13. **Γ:** Για ποιο λόγο;
14. **Κ:** Γιατί όπως στο ξανάπα, αυτό έπρεπε να είναι το αντίθετο από αυτό.
15. **Γ:** Αλλά όταν λες αντίθετο, εκεί είναι που σε μπερδεύει, ε;
16. **Κ:** Ναι, εκεί είναι που με μπερδεύει. Αλλά τώρα που το βλέπω, μάλλον .. κατάλαβα πως λάθος είναι.

Η Κατερίνα στο παραπάνω απόσπασμα επιδεικνύει καλή κατανόηση των επιμέρους γνώσεων που απαιτούνται για την απάντηση. Γνωρίζει πως αναπαρίσταται η μεγαλύτερη σε σύγκριση με την μικρότερη ταχύτητα και ξέρει ότι στην περίπτωση του Γιάννη η σειρά θα είναι αντίστροφη από αυτή της Μαρίας, παρόλα αυτά, δεν μπορεί να μεταφέρει τις γνώσεις τις αυτές στο σχέδιο της. Συνειδητοποιεί μάλιστα ότι το σχέδιο της είναι λανθασμένο, αλλά μη έχοντας άλλη επιλογή σχεδίασε τη γραμμή του Γιάννη αξιοποιώντας στην ουσία μόνο τα δεδομένα για τον χρόνο που αλλάζει τρόπο κίνησης ο Γιάννης.

Για άλλες πάλι περιπτώσεις φοιτητών στο ερώτημα Mary, φαίνεται να έχουν βελτιώσει τις ικανότητες τους στη μετάφραση από λεκτική περιγραφή σε γραφική παράσταση, αλλά να έχουν φτάσει στα άκρα της ζώνης επικείμενης ανάπτυξης (zone of proximal development). Έτσι, ενώ είναι πολύ κοντά στην επιτυχή λύση του προβλήματος, μέσα από συζήτηση που δρα ως η στοιχειώδης βοήθεια που

προϋποθέτει το πέρασμα από τη ζώνη επικείμενης ανάπτυξης στην επιτυχή λύση, φτάνουν σε μια πιο σωστή λύση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το παρακάτω.

Δημήτρης (Μετά):

1. **Γ: Εδώ με τη Μαρία, που πηγαίνει στο σινεμά. Αν δεν είχες την εκφώνηση καθόλου, θα μπορούσες να διακρίνεις ποια από τις 2 γραμμές της αποτελεί το περπάτημα και ποια το τρέξιμο;**
2. **Δ: ... εε ... Ναι.**
3. **Γ: Για πες μου. Πως θα το έκανες;**
4. **Δ: Τώρα από τη γραφική παράσταση που βλέπω ότι.. Σε πολύ λίγο χρόνο.. διανύει μεγάλη απόστ- μεγαλύτερη απόσταση, απ' ότι όταν περπατάει που βλέπουμε... Σύμφωνα με το...**
5. **Γ: Άρα πρώτα λες ότι τρέχει εκεί και μετά..;**
6. **Δ: Ναι, ναι.**
7. **Γ: Θέλω να μου εξηγήσεις το σκεπτικό με το οποίο έφτιαξες τη γραμμή του Γιάννη. Γιατί την έκανες έτσι;**
8. **Δ: Ο Γιάννης περπατάει λέει πρώτα 20 λεπτά ... και μετά τρέχει για 15 λεπτά.**
9. **Γ: Μμ..**
10. **Δ: (παύση με άνευ σημασίας μουρμουρητά) Μάλλον είναι λάθος.**
11. **Γ: Θα το έκανες αλλιώς τώρα;**
12. **Δ: Εε.. ναι .. Εε... δε θα είναι τόσο... θα ήταν πιο κάτω από της Μαρίας... Πώς να στο σχεδιάσω τώρα;**
13. **Γ: Κατάλαβα. Πιο κάτω. Πόσο πιο κάτω; Όσο να 'ναι; Ή .. θα σκεφτόσουν και ακριβώς πόσο;**
14. **Δ: Τώρα.. προσεγγιστικά θα το έκανα. Δε θα σου έλεγα.. τάδε τιμές.**
15. **Γ: Ναι. Γιατί θα το έκανες πιο κάτω;**
16. **Δ: Γιατί... Η Μαρία λέει τρέχει τα πρώτα 15 λεπτά, ενώ ο Γιάννης περπατάει.. τα πρώτα 20 λεπτά. Που σημαίνει ότι η Μαρία έχει διανύσει μεγαλύτερη απόσταση αφού τρέχει, ενώ ο Γιάννης μικρότερη απόσταση.**

6.3.1.5. Σύγχυση Γραφικής Παράστασης Θέσης – Χρόνου με την Τροχιά Κίνησης (Graph As Picture σφάλμα ή GAP σφάλμα)

Ένα από τα συνηθέστερα λάθη στην ερμηνεία γραφικών παραστάσεων που περιγράφουν κινήσεις είναι η σύγχυση της γραφικής παράστασης της θέσης x(t) με την τροχιά κίνησης (Bell & Janvier, 1981, Clement, 1987, McDermott et al., 1987). Το σφάλμα αυτό είναι γνωστό στη βιβλιογραφία ως Graph-as-Picture error ή GAP, και αυτή την ορολογία θα χρησιμοποιήσουμε από εδώ και πέρα στην διατριβή αυτή.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Οι συνεντεύξεις με τους φοιτητές μας επέτρεψαν να εξετάσουμε τις περιπτώσεις που εμφανιζόταν το GAP σφάλμα στην ερμηνεία των γραφικών παραστάσεων και από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψε πως η ερμηνεία βασισμένη στο GAP υποχώρησε μετά από την πειραματική παρέμβαση. Το συμπέρασμα που προκύπτει για την GAP ερμηνεία στα πλαίσια της έρευνας μας είναι επομένως το ακόλουθο:

Η ερμηνεία των γραφικών παραστάσεων που περιέγραφαν φαινόμενα κίνησης και βασιζόταν στην σύγχυση της γραφικής παράστασης θέσης – χρόνου με την τροχιά κίνησης, υποχώρησε μετά την πειραματική παρέμβαση χάρη στην βελτίωση της νοερής εικόνας που είχαν οι φοιτητές για την κίνηση.

Πριν προχωρήσουμε στην παρουσίαση της ανάλυσης των ερωτημάτων που οδήγησαν στο παραπάνω συμπέρασμα, θέλουμε να σημειώσουμε πως στις περισσότερες περιπτώσεις οι φοιτητές που έδιναν τέτοια ερμηνεία για τις γραφικές παραστάσεις επεδείκνυαν ταυτόχρονα και κάποιο επίπεδο σωστής κατανόησης και ας ήταν αντιφατικό αυτό με την GAP ερμηνεία. Στις περιπτώσεις αυτές φαίνεται πως η GAP ερμηνεία αποτελεί την νοερή εικόνα της κίνησης που φαντάζονται οι φοιτητές, αλλά προκειμένου να απαντήσουν σε άλλα επιμέρους υποερωτήματα, παραμερίζουν την λανθασμένη GAP ερμηνεία και δίνουν σωστές απαντήσεις. Τα επιμέρους υποερωτήματα που παρατηρήθηκε αυτό, ήταν ερωτήματα που σχετίζονται με ανάγνωση σημείων της γραφικής παράστασης και άντλησης συγκεκριμένων πληροφοριών από αυτήν (pointwise). Η παραπάνω παρατήρηση δεν αναιρεί τη σημασία του συμπεράσματος που διατυπώθηκε, αλλά είναι απόρροια της πολυπλοκότητας που χαρακτηρίζει την ορθή εννοιολογική ερμηνεία των γραφικών παραστάσεων που συνίσταται από διάφορες και διαφορετικής μορφής πτυχές κατανόησης.

Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που εξέταζαν την ύπαρξη της ερμηνείας βασισμένη σε GAP ήταν αυτές με κωδικούς Mary, Cardiff1, Cardiff2 και Story1. Παρουσιάζουμε στη συνέχεια τα επιμέρους αποτελέσματα της διερεύνησης αυτών των ερωτήσεων σχετικά με το GAP σφάλμα.

Ερώτηση με κωδικό Mary

Η εκφώνηση αυτού του ερωτήματος φαίνεται στην εικόνα 6.5 (σελίδα 161). Το ερώτημα αυτό έχει για την έρευνα μας εξαιρετικό ενδιαφέρον. Αποτελεί ένα

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

πρόβλημα που εξετάζει τις περισσότερες από τις γνώσεις και δεξιότητές που καλούνται να κατέχουν οι φοιτητές όσον αφορά μια πολύ σημαντική κατηγορία γραφικών παραστάσεων, αυτές που αναφέρονται σε κάποια κίνηση, σε κάποιο ταξίδι. Συγκεκριμένα, η επίλυση της προϋποθέτει κατανόηση βασικών δεξιοτήτων όπως αντιστοίχηση σημείων σε τιμές στους άξονες, υπολογισμός της κλίμακας των αξόνων αλλά και πιο προηγμένων γνώσεων όπως κατανόηση του ρόλου της κλίσης σε μια γραφική παράσταση. Στη συγκεκριμένη γραφική παράσταση, που παριστάνει ένα ταξίδι και στους άξονες της έχει τα μεγέθη «Απόσταση από το σπίτι» και «Λεπτά» η κλίση της γραμμής εκφράζει την ταχύτητα της Μαρίας και του Γιάννη αντίστοιχα. Μεγαλύτερη κλίση σημαίνει μεγαλύτερη ταχύτητα, ενώ για να έχει ο Γιάννης ίδια ταχύτητα με τη Μαρία θα πρέπει οι γραμμές τους να είναι παράλληλες, δηλαδή να έχουν την ίδια κλίση.

- Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 23 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.3. Ένα από τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση αυτής της ερώτησης αφορά την GAP ερμηνεία της γραφικής παράστασης και είναι το παρακάτω:

Μετά την πειραματική παρέμβαση εγκαταλείφθηκε από τους φοιτητές η τακτική σχεδιασμού ίδιας γραμμής για τον Γιάννη με αυτή της Μαρίας

Πριν την πειραματική παρέμβαση υπήρχε ένας αριθμός φοιτητών που σχεδίαζαν την γραμμή του Γιάννη ακριβώς ίδια με της Μαρίας. Περνούσαν δηλαδή με μολύβι μια πιο έντονη γραμμή πάνω από της Μαρίας και συνήθως έγραφαν και το όνομα του Γιάννη πάνω από αυτό της Μαρίας για να καταστήσουν φανερό ότι οι δύο γραμμές συμπίπτουν. Μια εξήγηση (αν και όχι η αποκλειστική) για αυτή τους τη συμπεριφορά σχετίζεται με την GAP ερμηνεία, η οποία πράγματι επαληθεύτηκε σε κάποιες περιπτώσεις συνεντεύξεων. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι φοιτητές κατά την αιτιολόγηση του σχεδιασμού της ίδιας γραμμής αναφέρονταν στην «ίδια διαδρομή» που θα ακολουθήσουν ο Γιάννης και η Μαρία, δηλαδή αποδίδουν στη γραφική παράσταση το ρόλο της διαδρομής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό της Ανέτας:

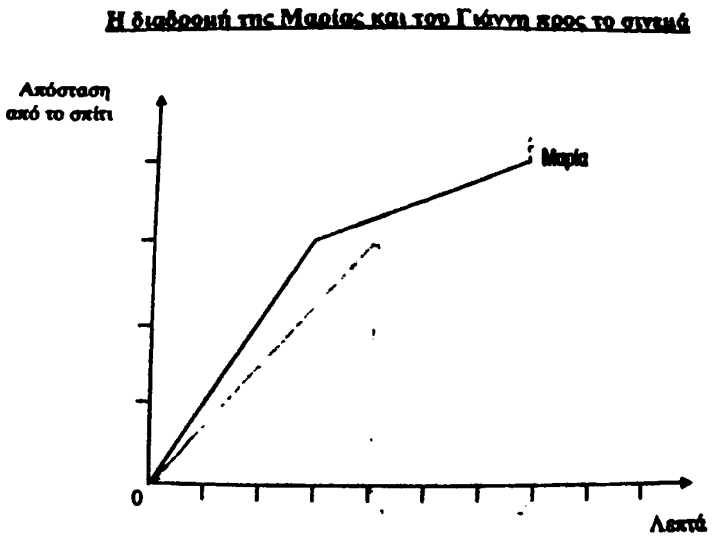
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Ανέτα – Πριν:

1. **Α:** .... Ναι, εε.. δε καταλαβαίνω.. τη στιγμή που έχω τη γραφική παράσταση, τη διαδρομή, όταν – Να κάνω εγώ – Να σχεδιάσω τη γραφική παράσταση στους άξονες; Δηλαδή πρέπει να πω ότι μέχρι εδώ-
2. **Γ:** Να φτιάξεις εσύ του Γιάννη τώρα. Σου δίνει της Μαρίας και σου ζητάει να φτιάξεις..-
3. **Α:** Τη γραφική παράσταση του Γιάννη.
4. **Γ:** Έτσι
5. **Α:** Ναι, όμως ..δεν έχω καθόλου απόσταση... δεν έχω..
6. **Γ:** Ναι.. Δε σου δίνει κάτι..
7. **Α:** (παύση) Εντάξει εγώ απαντώ ότι ο Γιάννης θα περπατάει ουσιαστικά μέχρι αυτό το σημείο.
8. **Γ:** Μάλιστα..
9. **Α:** Και ότι μετά.. τα υπόλοιπα λεπτά μέχρι να φτάσει στο σπίτι θα τρέχει..

Θεωρεί δηλαδή η Ανέτα, πως η γραμμή που δίνεται ήδη για τη Μαρία αποτελεί την γραφική παράσταση της τροχιάς της, το ίχνος δηλαδή της διαδρομής που ακολούθησε. Αφού λοιπόν αυτό είναι δεδομένο για αυτήν, μας απαντά πως και ο Γιάννης θα κάνει την ίδια γραμμή (γραμμή 7 στον παραπάνω διάλογο) αλλά απλά διαφοροποιείται το διάστημα στο οποίο τρέχει και περπατάει από τα αντίστοιχα της Μαρίας.

Ανέτα – Μετά:



Εικόνα 6. 24 - Απάντηση της Ανέτας στο ερώτημα Mary μετά την πειραματική παρέμβαση

Μετά την πειραματική παρέμβαση η Ανέτα μας δίνει μία τελείως διαφορετική απάντηση που βασίζεται σε αρκετά καλά επιχειρήματα, που όμως λόγω δυσκολιών στη σχεδίαση, η Ανέτα δεν καταφέρνει να περάσει στο χαρτί. Παραθέτουμε τη

γραμμή (εικόνα 6.25) που έφτιαξε για τον Γιάννη μετά την πειραματική παρέμβαση, η οποία αποτελεί από μόνη της απόδειξη πως έχει ξεπεράσει το σφάλμα της GAP ερμηνείας της γραφικής παράστασης.

Σημειώνουμε ωστόσο πως για το συγκεκριμένο ερώτημα υπήρχαν και περιπτώσεις φοιτητών που ξεπέρασαν την τακτική σχεδιασμού ίδιας γραμμής και η αιτία για αυτή τη βελτίωση δεν μπορεί να αποδοθεί πλήρως στην ύπαρξη GAP ερμηνείας. Οι περιπτώσεις αυτές θα αναφερθούν σε άλλο συμπέρασμα της ανάλυσης των συνεντεύξεων αργότερα σε άλλη ενότητα αυτού του κεφαλαίου.

Ερωτήσεις με κωδικούς Cardiff1 και Cardiff2

Η εκφώνηση για αυτά τα ερωτήματα φαίνεται στην εικόνα 6.8 (σελίδα 163). Αυτό το ερώτημα, όπως και το ερώτημα Mary, εξετάζει το σύνολο κάποιων εννοιών που σχετίζονται με γραφικές παραστάσεις που αναπαριστούν καταστάσεις κίνησης. Επίσης αποτελεί ένα πρόβλημα το οποίο έχει χαρακτηριστικά που αντιμετωπίστηκαν ευθέως και εκτεταμένα από τις διάφορες δραστηριότητες που έκαναν οι φοιτητές στο VBL περιβάλλον. Για αυτούς τους λόγους παρουσιάζει και ιδιαίτερο ενδιαφέρον η ανάλυση των διαλόγων των συνεντεύξεων αναφορικά με αυτό.

Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 24 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.6. Από την ανάλυση των συνεντεύξεων των φοιτητών για το συγκεκριμένο ερώτημα προκύπτει το παρακάτω συμπέρασμα σχετικά με την GAP ερμηνεία της γραφικής παράστασης:

Μετά την πειραματική παρέμβαση υπάρχουν λιγότερες ερμηνείες για την κίνηση των αυτοκινήτων που βασίζονται στην ερμηνεία της γραφικής παράστασης ως η τροχιά κίνησης των αυτοκινήτων.

Το GAP σφάλμα εμφανίσθηκε στις απαντήσεις των φοιτητών σε αυτό το πρόβλημα σε διάφορες εκφάνσεις πριν από τις δραστηριότητες, ενώ υποχωρεί και εξαφανίζεται στην πλειονότητα των περιπτώσεων μετά από τις δραστηριότητες. Σε λίγες περιπτώσεις εμφανίστηκε με την τυπική του μορφή, όπου οι φοιτητές ερμήνευσαν την γραφική παράσταση σαν μια κυριολεκτική εικόνα της πραγματικής κατάστασης, θεωρώντας τις γραμμές της γραφικής παράστασης ως τις τροχιές των δύο αυτοκινήτων. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι φοιτητές θεωρούσαν πως αυτό που

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

βλέπουν είναι η πορεία των αυτοκινήτων σε δύο ανηφορικούς δρόμους που διασταυρώνονται. Στις περισσότερες περιπτώσεις όμως το GAP σφάλμα εμφανιζόταν με την θεώρηση των γραμμών της γραφικής παράστασης ως τροχιές των αυτοκινήτων, αν όμως εμείς σαν παρατηρητές βλέπουμε την κάτοψη της κίνησης τους σαν να τα παρακολουθούσαμε από ψηλά, π.χ. ως επιβάτες σε ένα ελικόπτερο.

Ας δούμε το παρακάτω χαρακτηριστικό παράδειγμα GAP ερμηνείας της γραφικής παράστασης πριν την πειραματική παρέμβαση.

Μελίνα – Πριν:

1. **Γ**: Μμ.. Πως φαντάζεσαι την κίνηση αυτών των δύο αυτοκινήτων; Αν θα έπρεπε να το κινηματογραφήσεις και είσαι ο σκηνοθέτης. Τι θα τα έβαζες να κάνουν;
2. **Μ**: … Λοιπόν. Ξεκινάμε την ώρα που ξεκινάνε… Αυτό επειδή έχει..[εννοεί το αυτοκίνητο Β] είναι λίγο μεγαλύτερη απόσταση.. Θα ξεκινάει ας πούμε με μία ταχύτητα.. αυτό θα είχε ας πούμε ελάχιστα χιλιόμετρα..
3. **Γ**: Δηλαδή αν κατάλαβα καλά [από τις κινήσεις των χεριών της]. Είναι σα να είμαστε με ένα ελικόπτερο και να τα βλέπουμε πως θα κινηθούνε;
4. **Μ**: Ναι.
5. **Γ**: Θα είναι σε ένα πάρκινγκ ξέρω γω..
6. **Μ**: Ναι, έτσι όπως μου το λες να το φανταστώ, ναι. ..Και ξεκινάνε..
7. **Γ**: Και διασταυρώνονται οι δρόμοι τους..;
8. **Μ**: Και διασταυρώνονται, ναι.
9. **Γ**: Πάνε διαγωνίως δηλαδή…
10. **Μ**: Απλά αυτός μπορεί να τρέχει.. να τρέχει μισό χιλιόμετρο παραπάνω.. με σταθερή βέβαια ταχύτητα.

Μετά την πειραματική παρέμβαση η λανθασμένη εικόνα φαίνεται να έχει εξαλειφθεί τελείως και στη θέση της η Μελίνα έχει μια εικόνα που συμβαδίζει με τη συγκεκριμένη γραφική παράσταση.

Μελίνα – Μετά:

1. **Γ**: Εδώ πως φαντάζεσαι ότι κινούνται τα δύο αυτοκίνητα; Αν έπρεπε να το γυρίσουμε σε βίντεο, τι θα τα έβαζες να κάνουν;
2. **Μ**: ….. (μουρμουράει) ..πηγαίνουν παράλληλα.
3. **Γ**: Ναι..
4. **Μ**: Παράλληλα, το ένα απέναντι στο άλλο…. Προφανώς θα τα βάλω να είναι το ένα δίπλα στο άλλο.. όχι.. Στην παράλληλη ευθεία ας πούμε..
5. **Γ**: Μμ.
6. **Μ**: Το ένα θα αρχίζει.. από εδώ ας πούμε, από το μηδέν.. Και το άλλο θα αρχίζει κάπου εδώ.
7. **Γ**: Πιο μετά..

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

8. **Μ**: Αλλά θα είναι στην ίδια ευθεία, ναι..
9. **Γ**: Ναι..
10. **Μ**: Στην ίδια ευθεία..; ... Απέναντι, αλλά όχι απ' το μηδέν.. Το άλλο θα είναι πιο μπροστά..

Ερώτηση με κωδικό Story1

Η ερώτηση με κωδικό Story1 αποτελεί γνωστό ερώτημα από τη βιβλιογραφία που αφορά την ερμηνεία γραφικών παραστάσεων. Το ζητούμενο για το ερώτημα αυτό ήταν να περιγράψουν οι φοιτητές την ιστορία που λέει η γραφική παράσταση της εικόνας 6.9 (σελίδα 164). Η σωστή ερμηνεία που αντιστοιχεί στην γραφική παράσταση και θα αξιολογούσαμε ως σωστή, θα ήταν η εξής: «Ο Πέτρος ξεκινά από το σπίτι του. Απομακρύνεται από αυτό (με γρήγορο ρυθμό). Παραμένει σε σταθερή απόσταση από το σπίτι για κάποιο χρονικό διάστημα (θα δεχόμασταν ως σωστό και το παραμένει ακίνητος). Στο τέλος του περιπάτου του επιστρέφει στο σπίτι με πιο αργό ρυθμό από ότι όταν έφυγε». Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 24 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.7. Η κατηγοριοποίηση αυτή οδήγησε στη διατύπωση του παρακάτω συμπεράσματος που αφορά την GAP ερμηνεία της γραφικής παράστασης.

Η ερμηνεία της γραφικής παράστασης του περίπατου του Πέτρου που βασιζόταν σε GAP πριν την πειραματική παρέμβαση, υποχωρεί μετά την πειραματική παρέμβαση.

Το GAP σφάλμα στην ερμηνεία της συγκεκριμένης γραφικής παράστασης εκφράστηκε με δύο τρόπους. Κατά τον πρώτο, και πιο σπάνιο στο δικό μας δείγμα, η γραφική παράσταση δείχνει ότι ο Πέτρος ανέβηκε έναν λόφο, περπάτησε στην κορυφή του και στη συνέχεια κατέβηκε από το λόφο στο επίπεδο που βρισκόταν αρχικά. Η δεύτερη διατύπωση που εμφανίστηκε πιο συχνά εξέφραζε την αντίληψη πως η γραφική παράσταση μας δείχνει μια κάτοψη της κίνησης του Πέτρου (όπως και στο ερώτημα με κωδικό Cardiff), το πώς δηλαδή έκανε τον γύρο κάποιου οικοδομικού τετραγώνου, ενώ εμείς παρακολουθούμε την κίνηση του από ψηλά. Ας δούμε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας φοιτήτριας, που στην αρχική γραπτή της απάντησης είχε εκδηλώσει μια GAP κατανόηση της γραφικής παράστασης.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Βάια – Πριν:

1. **Γ:** Εδώ θέλω να μου περιγράψεις πως φαντάζεσαι ότι κινήθηκε ο Πέτρος. Αν ήσουν ο σκηνοθέτης και έπρεπε να τον κινηματογραφήσεις. Τι θα του έλεγες να κάνει;
2. **Β:** Τι «τι θα το έλεγα να κάνει;» Να ακολουθήσει αυτό;
3. **Γ:** Πως θα του έλεγες να κινηθεί; Του έχεις ένα λόφο και θα ανέβει ο Πέτρος; Τι θα έκανε;
4. **Β:** ...Θα .. δε ξέρω.. θα 'κανε το γύρω, δε θα πήγαινε ευθεία.
5. **Γ:** Αυτό θέλω να πω. Πως φαντάζεσαι την κίνηση; Φαντάζεσαι ότι ανεβαίνει ένα λόφο, περπατάει και κατεβαίνει;
6. **Β:** Όχι, ότι...
7. **Γ:** Φαντάζεσαι ότι το βλέπουμε από ψηλά και κάνει το γύρω ενός πράγματος;
8. **Β:** Ναι, ένα τετράγωνο (οικοδομικό εννοεί) ξέρω γω..
9. **Γ:** Μμμ.. Εδώ που λες δεν ακολουθεί την ευθεία
   [η γραπτή της απάντηση είναι: «Όταν ο Πέτρος δεν ακολουθεί την ευθεία, ο χρόνος αυξάνεται και η απόσταση μακραίνει»].
   Ποια ευθεία εννοείς; Το να πήγαινε..-
10. **Β:** Ναι, γιατί θα ήταν πιο σύντομος ο δρόμος.

Μετά την αντιμετώπιση παρόμοιων κινήσεων και των αντίστοιχων γραφικών τους παραστάσεων στο περιβάλλον του λογισμικού ανάλυσης κίνησης, είναι φυσιολογικό το ότι παρατηρούμε πως οι ερμηνείες της γραφικής παράστασης που βασίζονται στο GAP έχουν ελαττωθεί μετά την πειραματική παρέμβαση. Ας δούμε την απάντηση της Βάιας μετά την πειραματική παρέμβαση, κατά την 3η συνέντευξη.

Βάια – Μετά:

3η Συνάντηση

1. **Γ:** ..μμ.. τι λες ότι κάνει ο Πέτρος;
2. **Β:** Ότι στην αρχή κινείται γρήγορα-
3. **Γ:** Ναι..
4. **Β:** Ο χρόνος που χρειάζεται είναι μικρότερος.. για να φτάσει στο σπίτι. Μετά κινείται.. τώρα ευθεία; Δε ξέρω.. Τέλος πάντων, μετά επιβραδύνει την κίνηση του, αρχίζει να πηγαίνει πιο σιγά και (μπερδεμένο)
5. **Γ:** Μάλιστα..
6. **Β:** ... Δε σε πειράζει με τους αριθμούς..
7. **Γ:** Μμμ (αρνητικό)

Ακόμη πιο χαρακτηριστική είναι η απάντηση της κατά την 4η συνέντευξη μας μαζί της όπου συζητούμε τη διαδρομή που πιστεύει πως έχει ακολουθήσει ο Πέτρος στον περίπατο του.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

4η Συνάντηση

1. **Γ:** Εδώ πάλι πως φαντάζεσαι τον Πέτρο να κινείται;
2. **Β:** Δε ξέρω. Ευθεία; Δε ξέρω. Μπορεί και ευθεία..
3. **Γ:** Μπορεί και ευθεία..
4. **Β:** Απλά αλλάζει ο ρυθμός μετ- ο τρόπος με τον οποίο κινείται.
5. **Γ:** Που πιστεύεις ότι παριστάνεται το σπίτι του Πέτρου σε αυτή τη γραφική παράσταση;
6. **Β:** ...Κάπου εδώ (δείχνει)
7. **Γ:** Στο μηδέν;
8. **Β:** Απόσταση από το σπίτι.. ναι..
9. **Γ:** Μμ..

6.3.1.6. Η Ερμηνεία της Κλίσης ως Ταχύτητα

Η ερμηνεία της κλίσης των γραφικών παραστάσεων που παριστάνουν απόσταση (που ταυτίζεται με τη θέση για μονοδιάστατη κίνηση) συναρτήσει του χρόνου ως ταχύτητα του κινούμενου αντικειμένου, αποτελεί σημαντικό στόχο στην επιχειρούμενη διεπιστημονική μάθηση Φυσικής και Μαθηματικών. Η κατανόηση της έννοιας της ταχύτητας μέσα από την κλίση μιας γραφικής παράστασης απόστασης – χρόνου[28], οδηγεί στην εννοιολογική κατανόηση της ταχύτητας ως ο ρυθμός μεταβολής της απόστασης και δίνει νόημα στην εξίσωση $\upsilon = \frac{s}{t}$, που τόσο καλά φαίνεται να θυμούνται οι φοιτητές, αλλά εξίσου ανεπαρκώς φαίνεται να μπορούν να ερμηνεύσουν και κατανοήσουν. Η διαδικαστική κατανόηση που προσφέρει η παραπάνω εξίσωση για την έννοια της ταχύτητας επιβεβαιώθηκε ως η με διαφορά υπερισχύουσα μορφή κατανόησης πριν την πειραματική παρέμβαση. Ακόμα όμως και για τους φοιτητές που μπορούσαν να ορίσουν την ταχύτητα με αυτό τον τρόπο, ήταν σαφές πως δεν μπορούσαν να της αποδώσουν το σωστό νόημα, ενώ κάποιοι από αυτούς δεν μπορούσαν καν να αποδώσουν νόημα στα σύμβολα s και t για την απόσταση και το χρόνο. Η κατανόηση των φοιτητών για την έννοια της ταχύτητας βελτιώθηκε σημαντικά και συγκεκριμένα προς την κατεύθυνση της εννοιολογικής κατανόησης, μετά από τις δραστηριότητες στο VBL περιβάλλον που είχαν σχεδιασθεί μεταξύ άλλων και για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος. Επιπλέον, όπως θα

[28] Να σημειώσουμε ότι πιο σωστός όρος είναι οι «γραφικές παραστάσεις θέσης – χρόνου», αλλά αφενός για λόγους μετάφρασης του χρησιμοποιούμενου όρου «distance – time graphs» του ερωτηματολογίου Hadjidemetriou (2002) και αφετέρου διότι οι γραφικές παραστάσεις που μελετήθηκαν στην έρευνα μας αφορούσαν την ανάλυση της κίνησης σε μία διεύθυνση κίνησης, οπότε συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται και οι δύο όροι (Serway, 1990, σ.38 και Feynman et. al., 1964, τόμος 1, σ. 8-1), επιλέχθηκε ο όρος «απόσταση» αντί του όρου «διάστημα».

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

φανεί και σε επόμενα συμπεράσματα αυτού του κεφαλαίου, η ερμηνεία της κλίσης γραφικών παραστάσεων x(t) ως ταχύτητα, μπόρεσε να γενικευθεί από τους φοιτητές ως καθαρά μαθηματική έκφραση της ιδέας του ρυθμού μεταβολής και σε άλλα ερωτήματα που δεν είχαν ως πλαίσιο φαινόμενα κίνησης. Το συμπέρασμα που προέκυψε από την ανάλυση των συνεντεύξεων για τα ερωτήματα εκείνα που σχετίζονταν με την ερμηνεία της κλίσης των γραφικών παραστάσεων x(t) ως ταχύτητα είναι το εξής:

Μετά την πειραματική παρέμβαση οι φοιτητές έχουν βελτιωμένη ερμηνεία της κλίσης των γραφικών παραστάσεων απόστασης – χρόνου x(t) ως η ταχύτητα των αντικειμένων την κίνηση των οποίων αφορά η εκάστοτε γραφική παράσταση.

Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που μας επέτρεψαν μέσω της μεθόδου των συνεντεύξεων να διερευνήσουμε την κατανόηση των φοιτητών για την κλίση ως ταχύτητα στις x(t) γραφικές παραστάσεις ήταν αυτές με κωδικούς Mary, Cardiff1 και Cardiff2. Παρουσιάζουμε στη συνέχεια τα επιμέρους σχετικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των συνεντεύξεων γύρω από αυτά τα ερωτήματα.

Ερώτηση με κωδικό Mary

Η εκφώνηση για αυτή την ερώτηση φαίνεται στην εικόνα 6.5 (σελίδα 161). Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 23 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.3. Από την κατηγοριοποίηση αυτή προκύπτουν δύο συμπεράσματα που αφορούν την ερμηνεία της κλίσης ως ταχύτητα.

Σε ένα πρώτο επίπεδο βελτιώθηκε η κατανόηση του ρόλου της κλίσης σε μία γραφική παράσταση της απόστασης συναρτήσει του χρόνου, απλώς συνδέοντας την έννοια της κλίσης με την έννοια της ταχύτητας του αντικειμένου που μελετάμε. Οι φοιτητές που έφτασαν μόνο σε αυτό το επίπεδο κατανόησης κατάφεραν μετά την πειραματική παρέμβαση να κατανοήσουν την ποιοτική σχέση μεταξύ απόστασης και χρόνου, μέσω της κλίσης, ότι δηλαδή μεγαλύτερη κλίση σε τέτοια γραφική παράσταση συνεπάγεται μεγαλύτερη ταχύτητα και το αντίστροφο. Το συμπέρασμα της ανάλυσης των συνεντεύξεων που αφορά αυτή την βελτίωση στην κατανόηση και ερμηνεία της κλίσης της γραφικής παράστασης ως ταχύτητα είναι το εξής:

Βελτίωση μετά την πειραματική παρέμβαση της σύνδεσης της κλίσης της γραμμής με την ταχύτητα του Γιάννη και της Μαρίας και ποιοτική κατανόηση της μεταξύ τους σχέσης: Μικρότερη κλίση παριστάνει μικρότερη ταχύτητα.

Στους φοιτητές θέταμε κατά τις συνεντεύξεις (αφού είχαν δώσει τη γραπτή τους απάντηση στο ερωτηματολόγιο) το πρόβλημα του να επιλέξουν ποιο από τα δύο τμήματα της γραφικής παράστασης της Μαρίας αντιστοιχεί στο περπάτημα και ποιο στο τρέξιμο. Στη συνέχεια τους ζητούσαμε να αιτιολογήσουν την επιλογή τους. Σκοπός αυτών των ερωτήσεων ήταν να διερευνήσουμε αν οι φοιτητές μπορούν μέσω της κλίσης της γραμμής σε μια γραφική παράσταση απόστασης - χρόνου, να φτάσουν σε συμπεράσματα για την ταχύτητα. Κάτι τέτοιο για τα δύο τμήματα της γραμμής της Μαρίας είναι εφικτό είτε συγκρίνοντας τη μορφή των γραμμών και θεωρώντας την κλίση ως εφαπτομένη, είτε υπολογίζοντας χοντρικά την κλίση ως λόγο διαφοράς απόστασης προς διαφορά χρόνου. Στα πλαίσια αυτής της γραφικής παράστασης η γεωμετρική προσέγγιση αντίληψης είναι αυτή που συνδέεται με την εννοιολογική κατανόηση, ενώ η προσέγγιση μέσω του ρυθμού μεταβολής ως πηλίκο συνδέεται περισσότερο με την διαδικαστική κατανόηση, όπως εξηγήθηκε νωρίτερα σε αυτή την ενότητα.

Πριν την πειραματική παρέμβαση μέρος των φοιτητών μπορούσαν να διακρίνουν ποιο από τα δύο τμήματα της γραφικής παράστασης της Μαρίας αντιστοιχεί σε περπάτημα και ποιο σε τρέξιμο. Κάποιοι από αυτούς αδυνατούσαν να αιτιολογήσουν την απάντηση τους ενώ άλλοι έδιναν αιτιολόγηση που δεν ήταν ολοκληρωμένη (για παράδειγμα συγκρίνοντας μόνο τα χρονικά διαστήματα αγνοώντας τη μεταβολή στην απόσταση). Μετά την πειραματική παρέμβαση έχει αυξηθεί ο αριθμός των φοιτητών που μπορούν και διακρίνουν ποιο τμήμα της γραφικής παράστασης αντιστοιχεί σε περπάτημα και ποιο σε τρέξιμο και αιτιολογούν την επιλογή τους με βάση την κλίση της γραμμής στο εκάστοτε τμήμα, δηλώνοντας πως μικρότερη κλίση σημαίνει πιο αργή μεταβολή της απόστασης, δηλαδή περπάτημα και αντίστροφα. Θετικό αξιολογείται και το γεγονός πως όσοι φοιτητές έδιναν ήδη πριν την πειραματική παρέμβαση επαρκή αιτιολόγηση για την διάκριση στα δύο τμήματα της γραφικής παράστασης της Μαρίας, διατηρούν την καλή τους κατανόηση ή και την ενισχύουν. Ας δούμε ένα χαρακτηριστικό απόσπασμα διαλόγου.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Βάια – Πριν:

1. Γ: Οκ ... εδώ με τη Μαρία και το Γιάννη. Αν βγάλουμε το Γιάννη από το πρόβλημα και ξεχάσουμε και την εκφώνηση. Μπορείς με κάποιο τρόπο να διακρίνεις ποια γραμμή αντιστοιχεί στο περπάτημα και ποια στο τρέξιμο της Μαρίας;
2. Β: Της Μαρίας; .... Αυτή είναι το περπάτημα και αυτή το τρέξιμο (δείχνει)
3. Γ: Γιατί το λες αυτό;
4. Β: ...Να το σκεφτώ λίγο;
5. Γ: Ναι.
6. Β: ... Με βάση την εκφώνηση;
7. Γ: Όχι, την εκφώνηση πες πως δεν την είχες.
8. Β: Μμ .. .. δεν ξέρω.

Βάια - Μετά:

1. Γ: Εδώ θέλω να μου πεις το σκεπτικό που έφτιαξες την γραμμή του Γιάννη.
2. Β: Ναι, παίρνουμε – θεωρούμε ότι η γραφική παράσταση της Μαρίας..
3. Γ: Ναι..
4. Β: Πρώτα τρέχει – τι κάνει; [ελέγχει την εκφώνηση] Πρώτα τρέχει και μετά περπατάει.
5. Γ: Ναι..
6. Β: Επομένως, αφού ο Γιάννης πρώτα... περπατάει και μετά τρέχει, θα είναι το αντίστροφο με τη Μαρία.
7. Γ: Ναι.. ε.. πως ακριβώς είναι το αντίστροφο;
8. Β: Ότι η γραφική παράσταση πρώτα έχει μικρότερη κλίση
9. Γ: Μμ
10. Β: Δείχνει ότι περπατάει. Άρα χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να διανύσει μια απόσταση και μετά τρέχει και η κλίση είναι μεγαλύτερη.

Σε δεύτερο επίπεδο αν και σε μικρότερο βαθμό, ορισμένοι φοιτητές βελτίωσαν την κατανόηση τους για το ρόλο της κλίσης ως ταχύτητας φτάνοντας σε συμπεράσματα που προϋποθέτουν ανώτερη ποιοτική αλλά και ποσοτική κατανόηση. Συγκεκριμένα διατύπωσαν την πρόταση ότι για να έχουμε ίδια ταχύτητα πρέπει να έχουμε και ίδια κλίση, άρα και παράλληλες γραμμές. Αυτές οι διαπιστώσεις δεν ήταν πάντοτε ρητά εκπεφρασμένες αλλά ορισμένες φορές υπονοούνταν από τις απαντήσεις των φοιτητών. Η παραπάνω διαπίστωση οδήγησε στην διατύπωση του δεύτερου σχετικού με την κλίση ως ταχύτητα συμπεράσματος για το ερώτημα με κωδικό Mary:

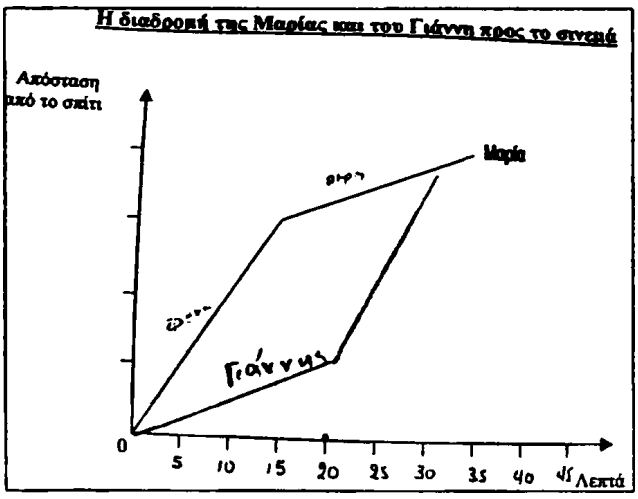
Βελτίωση μετά την πειραματική παρέμβαση της ποιοτικής και ποσοτικής κατανόησης της κλίσης ως ταχύτητα - Ίδια ταχύτητα συνεπάγεται και ίδια κλίση.

Πριν την πειραματική μας παρέμβαση δεν υπάρχουν φοιτητές που να μπορούν να διατυπώσουν την πρόταση πως ίδια ταχύτητα συνεπάγεται και ίδια κλίση σε αυτή

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

τη γραφική παράσταση. Μετά την πειραματική παρέμβαση υπάρχει μια μικρή μερίδα φοιτητών που φτάνουν σε αυτό το συμπέρασμα και το αξιοποιούν για να αντιμετωπίσουν το ζητούμενο του ερωτηματολογίου. Για να μπορέσει κανείς να διατυπώσει την παραπάνω πρόταση σημαίνει πως έχει ορίσει στο μυαλό του μια συγκεκριμένη σχέση ανάμεσα στα μεγέθη, ακόμη και αν δεν την έχει ορίσει με μαθηματικό φορμαλισμό. Το στάδιο της πρώτης προσέγγισης, αυτό δηλαδή που ορίζει την ποιοτική περιγραφή της σχέσης, έχει σίγουρα ξεπεραστεί. Είναι φανερό πως οι φοιτητές που διατυπώνουν την πρόταση ίδια ταχύτητα συνεπάγεται ίδια κλίση, έχουν υπόψη τους (τουλάχιστον) την γεωμετρική κατανόηση[29] της κλίσης ως ταχύτητα. Έτσι καταφέρνουν και προχωρούν στη διατύπωση πως οι γραμμές πρέπει να είναι παράλληλες για τα τμήματα που ο Γιάννης και η Μαρία θα περπατούν με την ίδια ταχύτητα.

- Παραθέτουμε ένα χαρακτηριστικό απόσπασμα απομαγνητοφωνημένου κειμένου της Νατάσσας. Να σημειώσουμε πως η Νατάσσα πριν την πειραματική παρέμβαση είχε φτιάξει για το Γιάννη την ίδια γραμμή με της Μαρίας και η προ-απάντηση της δήλωνε πως πιθανώς αυτή προέρχεται από μια GAP ερμηνεία. Η γραφική παράσταση της Νατάσσας μετά την πειραματική παρέμβαση φαίνεται στο σχήμα 6.26, όπου κανείς παρατηρεί την παραλληλία των γραμμών για τον Γιάννη και τη Μαρία.



Εικόνα 6. 25 Απάντηση της Νατάσσας στο ερώτημα Mary

Ας δούμε και την απάντηση της μετά την πειραματική παρέμβαση όπου διερευνούμε το σκεπτικό της κατά τον σχεδιασμό των γραμμών του σχήματος 6.26.

[29] Σε αντιπαράθεση με την κατανόηση που προκύπτει για την κλίση ως ταχύτητα μέσα από την θεώρηση της κλίσης ως ρυθμός μεταβολής (με την έννοια του πηλίκου των στοιχειωδών διαφορών δύο μεγεθών) για τα μεγέθη της γραφικής παράστασης.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Νατάσσα – Μετά:

1. Γ: Εδώ με τη Μαρία και το Γιάννη.. Όταν την έφτιαξες αυτή σημείωσα ότι είχες πάρει το χάρακα και τον έσυρες έτσι παράλληλα..
2. Ν: Μμ..
3. Γ: Γιατί το έκανες αυτό;
4. Ν: (γελάει λίγο) Γιατί... ήθελα να πετύχω την κλίση της ευθείας στο περπάτημα, της Μαρίας.. Να πετύχω και στον Γιάννη το ίδιο.
5. Γ: Γιατί ήθελες να είναι ίδιες;
6. Ν: Γιατί μας λέει ότι... Ε, ναι.. γιατί ήθελα να φαίνεται ότι περπατάει ο Γιάννης.. απ' την κλίση της ευθείας και μετά ότι τρέχει.. Επειδή κάνει λιγότερο χρόνο στο τρέξιμο μιας και πάει γρήγορα, θα ήτανε πιο ανηφορική..
7. Γ: Ναι..
8. Ν: .. η ευθεία..
9. Γ: Εε.. Το πόσο ακριβώς θα είναι η κλίση δεν .. καθόρισε αυτή τη στρατηγική σου.. Δεν ήθελες να βγει ίδια με της Μαρίας για άλλο λόγο πέρα απ' το να δείξεις ότι περπατάει..;
10. Ν: Εε... Ναι.. γιατί λέει ότι η Μαρία τρέχει το ίδιο γρήγορα με το Γιάννη και περπατάει και το ίδιο γρήγορα..

Ερωτήσεις με κωδικούς Cardiff1 και Cardiff2

Η εκφώνηση για αυτά τα ερωτήματα φαίνεται στην εικόνα 6.8 (σελίδα 163). Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 24 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.6. Το συμπέρασμα που προέκυψε από την κατηγοριοποίηση αυτή την κατανόηση της κλίσης της γραφικής παράστασης ως ταχύτητα είναι το εξής:

Μετά την πειραματική παρέμβαση βελτιώνεται η ερμηνεία της κλίσης των γραμμών για τα δύο αυτοκίνητα ως η ταχύτητα του κάθε αυτοκινήτου.

Στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, η κλίση της γραμμής σε αυτή τη γραφική παράσταση ερμηνεύεται σαν ταχύτητα στις συνεντεύξεις μετά την πειραματική παρέμβαση, ενώ καμία σχετική αναφορά δεν γινόταν πριν από αυτήν. Το δεύτερο υποερώτημα του ερωτηματολογίου, ζητά από τους φοιτητές να αποφανθούν ποιο αυτοκίνητο έχει μεγαλύτερη ταχύτητα στις 2 η ώρα. Πριν την πειραματική παρέμβαση άλλοι φοιτητές απαντούσαν ότι δεν είναι δυνατόν να γνωρίζουμε, άλλοι απαντούσαν λανθασμένα, ενώ άλλοι προσπαθούσαν να φτάσουν σε συμπεράσματα για την ταχύτητα των δύο αυτοκινήτων βασιζόμενοι στα δεδομένα των αποστάσεων

και του χρόνου. Υπήρξε και μια μερίδα φοιτητών που ανεπιτυχώς προσπαθούσε να θυμηθεί τους μαθηματικούς τύπους υπολογισμού της ταχύτητας που είχε διδαχθεί στο σχολείο. Ελάχιστες εξαιρέσεις υπήρξαν όπου η σύγκριση των ταχυτήτων των δύο αυτοκινήτων έγινε με βάση τη μορφή της γραμμής τους στη γραφική παράσταση. Ακόμα και στις λίγες αυτές περιπτώσεις οι φοιτητές συνήθως αναφέρονταν γενικόλογα και με ασάφεια στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των γραμμών.

Μετά τις δραστηριότητες στο λογισμικό ανάλυσης κίνησης υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός φοιτητών που στο δεύτερο υποερώτημα του ερωτηματολογίου βασίζει την απάντηση του στη σύγκριση της κλίσης των δύο γραμμών καταλήγοντας στο σωστό συμπέρασμα. Ας δούμε ένα χαρακτηριστικό απόσπασμα διαλόγου όπου φαίνεται πως ενισχύεται μια αρχικά μέτρια κατανόηση και πως εμφανίζεται στην αιτιολόγηση ο ρόλος της κλίσης των γραμμών ως ταχύτητα με την έννοια του ρυθμού μεταβολής της απόστασης:

Στράτος – Πριν:

1. **Σ**: ...[προσπαθώντας να απαντήσει στο 2° υποερώτημα] Δε μπορώ να καταλάβω τη γραφική παράσταση.
2. **Γ**: ... Τι σε δυσκολεύει σε αυτή; ..Δε μπορείς να τη φανταστείς..;
3. **Σ**: Δε μπορώ να φανταστώ τι συμβαίνει.. Αυτό το απόσταση από το σπίτι, δε μπορώ να καταλάβω τι είναι.. ... Δηλαδή..
4. **Γ**: Απόσταση από το σπίτι, πόσο απέχουνε από το σπίτι.
5. **Σ**: Τι σημαίνει; Ότι ο Α.. στη 1 ξεκίνησε και όταν σ- Αυτό εδώ είναι το σπίτι;.. δε ξέρω. Το μηδέν εδώ πέρα είναι το μηδέν; .. Εδώ στις 1 αυτός θα είναι στο σπίτι, αυτός στις 1 η ώρα θα είναι πιο μακριά απ' το σπίτι;
6. **Γ**: Αυτό είναι μέρος της ερμηνείας που πρέπει να κάνεις..
7. **Σ**: Δε συμφωνώ ότι στις 2 είναι μεγαλύτερη η ταχύτητα του Β.. ...γιατί.... παρόλο που βρίσκεται... το...
8. **Γ**: η γραμμή του;
9. **Σ**: Παρόλο που βρίσκεται η γραμμή... πιο ψηλά από το Α..
10. **Γ**: Ναι..
11. **Σ**: Πιστεύω ότι ο Β έχει ξεκινήσει πιο μακριά από το σπίτι, ενώ ο Α έχει ξεκινήσει από το σπίτι.. Αυτή την ερμηνεία (μπερδεμένο) Δε μπορώ να πω κάτι άλλο..

Η απάντηση που δίνει ο Στράτος πριν την πειραματική παρέμβαση βασίζεται στη λογική των γεγονότων αξιοποιώντας κάποια δεδομένα που μπορεί να αντλήσει από την γραφική παράσταση. Την τελική του κρίση δεν μπορεί να την αποδείξει χρησιμοποιώντας μαθηματικό συλλογισμό. Στην κρίση του υπεισέρχεται η κοινή

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

λογική και για αυτό δεν αισθάνεται βέβαιος για την απάντηση του. Ας δούμε πως τροποποιείται ο τρόπος που απαντά μετά την πειραματική παρέμβαση.

Στράτος – Μετά:

1. **Σ**: Στις 3 η ώρα τα αυτοκίνητα συναντιούνται. (παύση) Γιατί βλέπουμε ότι.. Γιατί οι γραφικές παραστάσεις τέμνονται.
2. **Γ**: Μάλιστα.
3. **Σ**: (μεγάλη παύση) Όχι, δεν το πιστεύω. [αναφερόμενος στην πρόταση του 2ου υποερωτήματος]
4. **Γ**: Ναι.. Γιατί διαφωνείς με την Ελένη;
5. **Σ**: ... Γιατί... Κατ' αρχάς εδώ βλέπουμε ότι το αυτοκίνητο Β έχει ξεκινήσει πιο μακριά από το σπίτι, ενώ το Α έχει ξεκινήσει από το σπίτι... εε.... Βλέπουμε το Β αυτοκίνητο, η γραφική του παράσταση να δείχνει.. να έχει πολύ πιο μικρή κλίση απ' ότι έχει... από την κλίση της γραφικής παράστασης Α, που σημαίνει ότι το Β απομακρύνεται από το σπίτι... πολύ πιο στγ- πολύ πιο αργά από το.. απ' ότι το Α από το σπίτι.
6. **Γ**: Μάλιστα.

Μετά την πειραματική παρέμβαση, την αρχική του απόφαση, έρχεται να ενισχύσει η νέα του κατανόηση για την ερμηνεία της κλίσης σε μία τέτοια γραφική παράσταση και να επιβεβαιώσει την κρίση για την οποία αρχικά δε μπορούσε να είναι βέβαιος.

6.3.1.7. Κατασκευαστικές Ικανότητες στις Γραφικές Παραστάσεις – Σύγκρουση με Στερεοτυπικές Αντιλήψεις

Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου στις οποίες οι φοιτητές έπρεπε να σχεδιάσουν οι ίδιοι κάποια γραφική παράσταση προσφέρονταν για την μελέτη των κατασκευαστικών ικανοτήτων των φοιτητών και την αποκάλυψη στερεοτυπικών αντιλήψεων που αφορούν την κατασκευή γραφικών παραστάσεων. Συγκεκριμένα, οι ερωτήσεις με κωδικό Transport και Story3, ζητούσαν την κατασκευή μιας γραφικής παράστασης, εξετάζοντας τις στερεοτυπικές αντιλήψεις για την διέλευση της γραφικής παράστασης από την αρχή των αξόνων και για την μορφή της που ακολουθεί το πρότυπο «y=x».

Ο σχεδιασμός της πειραματικής παρέμβασης ήταν τέτοιος που δεν επέτρεψε την συμπερίληψη στις δραστηριότητες ερωτήσεων που απαιτούσαν κατασκευαστικές ικανότητες των φοιτητών για γραφικές παραστάσεις. Έτσι, η αντιμετώπιση των προτύπων και των στερεοτύπων που συχνά εμφανίζονται στην κατασκευή γραφικών

παραστάσεων αντιμετωπίστηκε στα πλαίσια της πειραματικής μας παρέμβασης μόνο μέσω ερωτήσεων που εστίαζαν την προσοχή στην ερμηνεία των χαρακτηριστικών εκείνων της γραφικής παράστασης που σχετίζονται με αυτές τις στερεοτυπικές αντιλήψεις. Πιο συγκεκριμένα, οι ερωτήσεις ζητούσαν την ερμηνεία του σημείου τομής της γραφικής παράστασης με τον κατακόρυφο άξονα για κινήσεις όπου το νόημα της ερμηνείας ήταν ιδιαίτερα σημαντικό. Όσον αφορά το «y=x» πρότυπο, ως αντιμετώπιση, ο σχεδιασμός των δραστηριοτήτων προέβλεπε μόνο την ερμηνεία της μορφής της καμπύλης ως προς τις μεταβολές που συνδέονται με την κίνηση.

Η ανάλυση των συνεντεύξεων οδήγησε στην διατύπωση των παρακάτω συμπερασμάτων:

1. **Μετά την πειραματική παρέμβαση έχει υποχωρήσει το πρότυπο της διέλευσης της γραφικής παράστασης από την αρχή των αξόνων που σχετίζεται με κατασκευαστικές ικανότητες γραφικών παραστάσεων από τους φοιτητές.**

2. **Μετά την πειραματική παρέμβαση δε παρατηρείται μεταβολή στην ύπαρξη της «y=x» ως στερεοτυπικής αντίληψης στην κατασκευή γραφικών παραστάσεων από τους φοιτητές.**

Όσον αφορά το συμπέρασμα (1) παρουσιάζουμε στη συνέχεια την ανάλυση του ερωτήματος Story3 από το οποίο αναδεικνύεται η μεταβολή αυτή.

Ερώτηση με κωδικό Story3

Το ερώτημα αυτό αποτελεί συνέχεια των δύο προηγούμενων του ερωτηματολογίου (Story1 και Story3) που αφορούν την σύνδεση μιας γραφικής παράστασης με την ιστορία που περιγράφει. Διαφέρει όμως από τα προηγούμενα δύο, καθώς σε αυτό τον σημαντικό ρόλο έχει η κατασκευαστική ικανότητα των φοιτητών και όχι η ερμηνευτική. Εδώ οι φοιτητές έπρεπε να σχεδιάσουν στο ερωτηματολόγιο τους την γραφική παράσταση για το ύψος ενός ανθρώπου συναρτήσει της ηλικίας (εικόνα 6.11, σελίδα 166).

Μια σωστή γραφική παράσταση θα ήταν της μορφής που φαίνεται στο σχήμα 6.23 (σελίδα 214). Το τμήμα αυτό του ερωτηματολογίου εξέταζε την ικανότητα των φοιτητών να αναπαραστήσουν γραφικά μια ιστορία και οι συνεντεύξεις μας

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

επέτρεψαν να εξετάσουμε το σκεπτικό του σχεδιασμού που υιοθέτησαν οι φοιτητές. Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 16 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.9. Ένα από τα αποτελέσματα που προήλθαν από την παραπάνω ανάλυση είναι το ακόλουθο:

Πριν την πειραματική παρέμβαση οι φοιτητές σχεδιάζουν την γραφική παράσταση ακολουθώντας το πρότυπο της καμπύλης που διέρχεται από την αρχή των αξόνων. Μετά την πειραματική παρέμβαση εγκαταλείπουν την λανθασμένη στρατηγική και σχεδιάζουν την καμπύλη με αρχική τιμή για το ύψος y_0

Πριν την πειραματική παρέμβαση σχεδόν όλοι οι φοιτητές σχεδίασαν μια γραφική παράσταση, που ανεξάρτητα από τα άλλα χαρακτηριστικά της, ξεκινούσε από το σημείο (0,0), δηλαδή από την αρχή των αξόνων. Στην προκειμένη περίπτωση αυτό σημαίνει πως ο άνθρωπος κατά την γέννηση του έχει μηδενικό ύψος. Οι φοιτητές υπέπεσαν σε αυτό το σφάλμα διότι έχουν υπόψη τους το αντίστοιχο πρότυπο της γραφικής παράστασης που πάντα περνά από την αρχή των αξόνων. Η συντριπτική πλειοψηφία των γραφικών παραστάσεων που έχουν διδαχθεί κατά τα μαθητικά τους χρόνια ακολουθεί αυτό το πρότυπο με αποτέλεσμα οι φοιτητές να το υιοθετούν χωρίς να αναλογιστούν την ερμηνεία του. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι φοιτητές του δείγματος μας δεν έκαναν καν αναφορά σε σκέψεις σχετικά με το που πρέπει να τέμνει η γραφική παράσταση τον κατακόρυφο άξονα. Θεωρούσαν αυτονόητο ότι θα ξεκινάει από το (0,0). Ας δούμε ένα παράδειγμα όπου μια φοιτήτρια, η Ελένη, κάνει μια σχετική αναφορά.

Ελένη – Πριν:

1. **Ε:** Μμ.. (παύση) … Θα ξεκινήσουμε απ' το μηδέν και θα δώσουμε μία… ανοδική..
2. **Γ:** Μμ..
3. **Ε:** Ώστε όσο μεγαλώνει η ηλικία ας πούμε να αυξάνει το ύψος και κάπου να μένει σταθερό..

Η αναφορά της Ελένης στο πως θα ξεκινήσει τη γραφική παράσταση από την αρχή των αξόνων γίνεται χωρίς αυτή της η επιλογή να συνοδεύεται από οποιοδήποτε προβληματισμό.

Οι δραστηριότητες ανάλυσης κίνησης με τις οποίες ασχολήθηκαν οι φοιτητές, είχαν σχεδιασθεί ώστε να αντιμετωπίζουν αυτό το ζήτημα. Κάποιες γραφικές

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

παραστάσεις που έπρεπε να μελετήσουν οι φοιτητές μέσα στο VBL περιβάλλον ξεκινούσαν από το (0,0) ενώ άλλες όχι. Στο φύλλο εργασίας τους οι φοιτητές έπρεπε να ερμηνεύσουν το σημείο που ξεκινούσε η γραφική παράσταση, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις έπρεπε και να μαντέψουν τη μορφή της πριν την παράγουν στο λογισμικό. Για να το επιτύχουν αυτό συνήθως κατέφευγαν στην παρατήρηση της κίνησης και για να ερμηνεύσουν το σημείο τομής της παράστασης και του κατακόρυφου άξονα παρατηρούσαν την ταινία στην αρχή της, όταν ξεκινάει να μετράει ο χρόνος. Με αυτό τον τρόπο συνειδητοποίησαν ότι το σημείο του κατακόρυφου άξονα από το οποίο ξεκινάει μια γραφική παράσταση συνδέεται με κάποιο τρόπο (αναλόγως με την υπό μελέτη γραφική παράσταση) με το φαινόμενο που αναπαριστά η παράσταση αυτή.

Αποτέλεσμα είναι πως μετά την πειραματική μας παρέμβαση έχει αυξηθεί σημαντικά ο αριθμός των φοιτητών που κατά τη σχεδίαση της γραφικής παράστασης στο ερωτηματολόγιο εκφράζει την πεποίθηση πως η γραφική παράσταση δεν πρέπει να ξεκινάει από το (0,0), αλλά από πιο «ψηλά», καθώς ο άνθρωπος δεν γεννιέται με μηδενικό ύψος. Ας δούμε το χαρακτηριστικό απόσπασμα διαλόγου με την Ελένη, που είδαμε ότι αρχικά είχε υποπέσει σε αυτό το σφάλμα.

Ελένη – Μετά:

1. **Ε:** Η γραφική παράσταση δεν θα περνάει από την αρχή των αξόνων..
2. **Γ:** Μάλιστα.
3. **Ε:** γιατί δεν γίνεται όταν γεννιέσαι να είσαι.. μηδενικό ύψος. (λίγο γέλιο) Τότε μπορούμε να την αρχίσουμε κάπου εδώ, στα 50 εκατοστά.. να πάρει μια αύξουσα... πορεία... και έπειτα να σταθεροποιηθεί.
4. **Γ:** Μάλιστα.

Ερώτηση με κωδικό Transport

Η ανάλυση των συνεντεύξεων για το ερώτημα με κωδικό Transport που παρατίθεται στη συνέχεια σχετίζεται με το (2) συμπέρασμα μας – «**Μετά την πειραματική παρέμβαση δε παρατηρείται μεταβολή στην ύπαρξη της «y=x» ως στερεοτυπικής αντίληψης στην κατασκευή γραφικών παραστάσεων από τους φοιτητές**». Το ερώτημα με κωδικό Transport αποτελείται από δύο υποερωτήματα. Το ζητούμενο του πρώτου υποερωτήματος ήταν να ταιριάξουν οι φοιτητές 4 διαφορετικά μεταφορικά μέσα (αυτοκίνητο, λεωφορείο, ποδήλατο, με τα πόδια) που καλύπτουν το

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ίδιο ταξίδι, από το σπίτι στο σχολείο με τις 4 γραμμές τις γραφικής παράστασης. Το δεύτερο υποερώτημα αποτελεί συνέχεια του προηγούμενου και για την απάντηση του οι φοιτητές αντλούν δεδομένα από την ίδια γραφική παράσταση. Το ζητούμενο του φαίνεται στην εικόνα 6.7 (σελίδα 162).

Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 17 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.4 και 6.5. Το κυριότερο συμπέρασμα από την ανάλυση των συνεντεύξεων είναι το εξής:

Οι φοιτητές έφτιαχναν τη ζητούμενη γραφική παράσταση ίδια με τη δεδομένη για το ποδήλατο, παρουσιάζοντας τους ίδιους προβληματισμούς, τόσο πριν όσο και μετά την πειραματική παρέμβαση.

Η σωστή λύση θα ήταν μια γραφική παράσταση σαν αυτή της εικόνας 6.22 και η σωστή αιτιολόγηση θα εξηγούσε πως η «Απόσταση μέχρι το σχολείο» στην αρχή του ταξιδιού είναι μέγιστη και καθώς πηγαίνουμε προς το σχολείο μειώνεται σταθερά (όπως στην δεδομένη γραφική παράσταση) μέχρι που μηδενίζεται όταν φτάνουμε στο σχολείο στα 22 περίπου λεπτά.

Ένας από τους λόγους που οι φοιτητές δεν κατάφεραν να ξεπεράσουν την αρχική τους δυσκολία με αυτό το ερώτημα είναι η συνηθισμένη συμπεριφορά των φοιτητών να φτιάχνουν γραφικές παραστάσεις που ακολουθούν το πρότυπο "y=x" και περνούν από την αρχή των αξόνων (δες ενότητα 6.3.1.7). Κατά την εξήγηση του σκεπτικού σχεδιασμού της ζητούμενης γραφικής παράστασης ακούσαμε φράσεις όπως «όταν ξεκινάει, η απόσταση είναι μηδέν, άρα θα ξεκινάει από την αρχή των αξόνων». Τέτοιες φράσεις υποδηλώνουν την προσήλωση των φοιτητών στην πεποίθηση πως όλες οι γραφικές παραστάσεις ξεκινάνε από την αρχή των αξόνων. Η συμπεριφορά αυτή που βασίζεται σε ένα λανθασμένο πρότυπο δεν ξεπερνιέται γιατί δείχνουν να αγνοούν τη διαφορά μεταξύ των δύο μεταβλητών, όπως εξηγήθηκε νωρίτερα, και ταυτίζοντας τες κάτω από την λέξη «απόσταση» χωρίς περαιτέρω προσδιορισμό. Ας δούμε μία απάντηση που δείχνει τον συνδυασμό των δύο στερεοτυπικών αντιλήψεων (διέλευση από το (0,0) και μορφή ίδια με την y=x).

Ανθή(Μετά):

«Θα πάρουμε σαν χρόνο ..εε.. περίπου 20 λεπτά όπως δείχνει η παρακάνω γραφική παράσταση.. Και θα την ξεκινήσουμε από την αρχή των αξόνων γιατί σε μηδέν χρόνο...

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

δεν έχει διανύσει απόσταση. Οπότε θα είναι μια γραφική παράσταση που θα ξεκινάει απ' την αρχή των αξόνων [σχεδιάζει την y=x]»

6.3.1.8. Επί Μέρους Αποτελέσματα Ερωτήσεων

Παρουσιάζονται σε αυτή την ενότητα τα αποτελέσματα της ανάλυσης των συνεντεύξεων με τους φοιτητές, τα οποία προέρχονται το καθένα από ένα ερώτημα του ερωτηματολογίου Hadjidemetriou και τα οποία δεν μπορούσαν να ενταχθούν σε κάποια από τις προηγούμενες θεματικές κατηγορίες.

Ερμηνεία Ασυνέχειας σε Γραφική Παράσταση

Ένα από τα ερωτήματα που υπήρχαν στο ερωτηματολόγιο Hadjidemetriou είχε σχεδιασθεί με σκοπό τη διερεύνηση της κατανόησης των φοιτητών για γραφικές παραστάσεις που περιέχουν ασυνέχειες. Το ερώτημα αυτό είχε τον κωδικό Story2. Το συμπέρασμα από την ανάλυση των συνεντεύξεων των φοιτητών για το ερώτημα αυτό σχετικά με την κατανόηση της γραφικής παράστασης που περιέχει ασυνέχειες είναι το εξής:

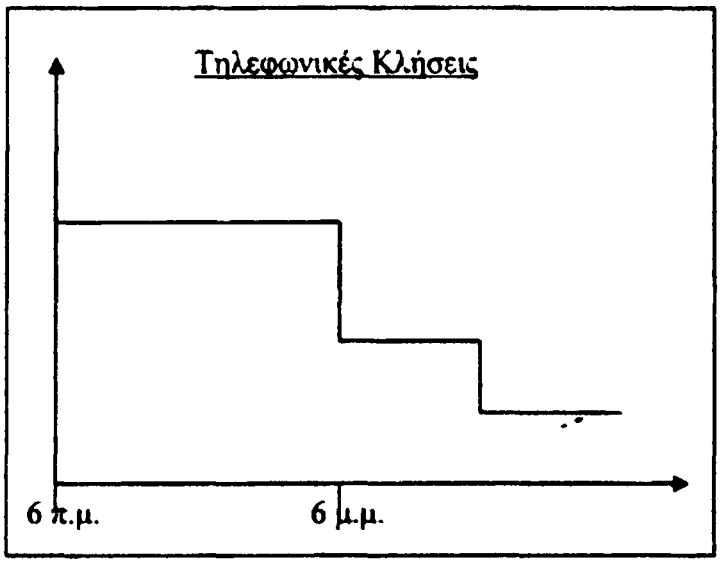
Οι φοιτητές επέδειξαν μέτρια συνολικά κατανόηση για γραφικές παραστάσεις που περιέχουν ασυνέχειες τόσο πριν, όσο και μετά την πειραματική παρέμβαση.

Το ερώτημα Story2 αποτελεί συνέχεια της προηγούμενης άσκησης του ερωτηματολογίου (Story1) που ζητούσε από τους φοιτητές να γράψουν την ιστορία που περιγράφει η γραφική παράσταση. Αυτή τη φορά η γραφική παράσταση είναι αυτή που φαίνεται στην εικόνα 6.10 (σελίδα 165) και αφορά τη χρέωση των τηλεφωνικών κλήσεων κατά τη διάρκεια μιας ημέρας.

Η συγκεκριμένη γραφική παράσταση ξεχωρίζει από τις περισσότερες με τις οποίες ασχολήθηκε αυτή η έρευνα ως προς το ότι η συνάρτηση που περιγράφει δεν είναι συνεχής. Η χρέωση των τηλεφωνικών κλήσεων όπως φαίνεται στη γραφική παράσταση διαφέρει ανάλογα με την ώρα της ημέρας. Καθώς δεν ήταν σαφές αν οι φοιτητές μας είχαν διδαχθεί τα συγκεκριμένα σύμβολα κλειστού και ανοιχτού διαστήματος στο παρελθόν, πριν την λύση αυτής της άσκησης τους δινόταν μια σύντομη ερμηνεία τους από τον ερευνητή. Επιπλέον, η ώρα της ημέρας στην οποία αντιστοιχεί η τελευταία αλλαγή της χρέωσης δεν αναγράφεται στη γραφική παράσταση και οι φοιτητές αν ήθελαν να την περιλάβουν στην απάντηση τους, θα έπρεπε να την υπολογίσουν.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Ιδιαίτερη έμφαση δώσαμε κατά τη διαδικασία των συνεντεύξεων στη διερεύνηση της κατανόησης της αναπαράστασης της ασυνέχειας στη συγκεκριμένη γραφική παράσταση. Συγκεκριμένα παρουσιάσαμε στους φοιτητές μια νέα εκδοχή της γραφικής παράστασης ενώνοντας τα σημεία όπου αλλάζει η τιμή της χρέωσης και αφαιρώντας τα σύμβολα του κλειστού και ανοικτού. Η νέα έκδοση της γραφικής παράστασης φαίνεται στο σχήμα 6.27



Εικόνα 6. 26 - Εναλλακτική γραφική παράσταση για το ερώτημα Story2

Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 21 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.8. Συνολικά δεν παρατηρήθηκε αξιοσημείωτη μεταβολή στην κατανόηση των διαφορών μεταξύ των δύο αναπαραστάσεων και κατ' επέκταση στην κατανόηση της ασυνέχειας στην δεδομένη γραφική παράσταση. Αναφέρονται στη συνέχεια τρία επιμέρους σημεία που σχετίζονται με αυτό το συμπέρασμα.

i. *Μετά την πειραματική παρέμβαση δεν υπήρξε μεταβολή για την κατανόηση της ισχύουσας τιμής για τη χρέωση στις 6μ.μ. η ώρα στην αρχική γραφική παράσταση.*

Προτού παρουσιάσουμε στους φοιτητές τη νέα εκδοχή της γραφικής παράστασης τους ζητούσαμε να μας πουν ποια χρέωση ισχύει με βάση την γραφική παράσταση του ερωτηματολογίου στις 6 το απόγευμα ακριβώς. Το ερώτημα ήταν το εξής: «Αν κάποιος τηλεφωνήσει στις 6 το απόγευμα ακριβώς, θα πληρώσει φθηνά ή ακριβά;». Οι φοιτητές παρουσιάστηκαν διχασμένοι στις απαντήσεις τους και υπήρξαν ορισμένοι που άλλαξαν γνώμη μετά την πειραματική μας παρέμβαση, όχι όμως πάντα

προς τη σωστή απάντηση. Φαίνεται λοιπόν, πως παρότι τους είχαμε δώσει μια ερμηνεία των συμβόλων του ανοικτού και του κλειστού δεν μπορούσαν στο σύνολο τους να την αξιοποιήσουν στα πλαίσια αυτής της γραφικής παράστασης. Το παραπάνω συμπέρασμα δεν μεταβλήθηκε μετά το πέρας της πειραματικής μας παρέμβασης και οι μετακινήσεις φοιτητών από τη μία στην άλλη θέση, ήταν μάλλον τυχαίες.

ii. *Μετά την πειραματική παρέμβαση δεν υπήρξε μεταβολή ως προς το ποια γραφική παράσταση προτιμούν μεταξύ της αρχικής και εναλλακτικής γραφικής παράστασης*

Όταν στους φοιτητές παρουσιάζαμε και τη νέα εκδοχή της γραφικής παράστασης, όπως αυτή φαίνεται στο σχήμα της εικόνας 6.27, τους ζητήσαμε να μας πουν ποια από τις δύο προτιμούν, ποια πιστεύουν ότι είναι η σωστή αναπαράσταση της πραγματικότητας. Οι περισσότεροι φοιτητές δήλωσαν πως δεν έχουν κάποια προτίμηση ανάμεσα στις δύο, ενώ οι υπόλοιποι εμφανίστηκαν διχασμένοι στις δύο εκδοχές. Μετά την πειραματική παρέμβαση, όπως και πριν, υπήρξαν περιορισμένες μετακινήσεις από τη μία στην άλλη άποψη, άλλα όχι με συγκεκριμένη φορά. Συμπέρασμα μας από την αδυναμία των φοιτητών να επιλέξουν τη σωστή γραφική παράσταση, είναι πως δεν κατανοούν σωστά την αναπαράσταση ενός φαινόμενου με ασυνέχειες σε μια γραφική παράσταση.

iii. *Μετά την πειραματική παρέμβαση δεν υπήρξε σημαντική μεταβολή στην ερμηνεία των κάθετων γραμμών στη νέα έκδοση της γραφικής παράστασης.*

Επεκτείνοντας την ανάλυση του προηγούμενου συμπεράσματος, σχολιάζουμε σε αυτό το σημείο την απάντηση των φοιτητών όταν τους ζητήσαμε να δώσουν κάποια ερμηνεία για το τι συμβολίζουν οι κάθετες γραμμές στη νέα εκδοχή της γραφικής παράστασης. Οι γραμμές της νέας εκδοχής της γραφικής παράστασης, για τους περισσότερους απλώς συμβόλιζαν την μείωση της χρέωσης μέσα από ένα συνεχές φάσμα τιμών σε εκείνη τη χρονική στιγμή. Υπήρχαν και ορισμένοι άλλοι φοιτητές που τις θεώρησαν βοηθητικές γραμμές στις οποίες δε θα πρέπει να αποδοθεί κάποιο νόημα. Συμπέρασμα από τα παραπάνω είναι πως τόσο πριν όσο και μετά την πειραματική μας παρέμβαση, γραμμές οι οποίες στερούνται πραγματικού νοήματος και είναι αντίθετες με τη μαθηματική αναπαράσταση ενός φαινόμενου στα πλαίσια

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

μιας γραφικής παράστασης, είναι διαφανείς για τους φοιτητές και δε φαίνεται να τους ενοχλούν.

Θα θέλαμε να σημειώσουμε ότι στο συγκεκριμένο (iii) σημείο παρατηρήθηκε η μοναδική τάση για θετική αλλαγή. Μετά από την πειραματική παρέμβαση έχει αυξηθεί ελαφρά ο αριθμός των φοιτητών που δηλώνει ότι δεν μπορεί να ερμηνεύσει τις κάθετες γραμμές, αλλά θα προτιμούσε να λείπουν. Δεν δίνουν κάποια αιτιολόγηση για αυτή τους τη θέση και πιστεύουμε ότι η στάση αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι στην ευκαιρία που είχαν να μελετήσουν ποικιλία γραφικών παραστάσεων κατά τη διάρκεια των εργαστηριακών μαθημάτων, δεν παρατήρησαν κάποια παρόμοια.

Σύγχυση γραφικής παράστασης που εκφράζει αναλογία με χρονική εξέλιξη φαινομένου – Ένα GAP σφάλμα διαφορετικής μορφής

Κατά την διάρκεια της έρευνας μας, ανακαλύψαμε μία παρερμηνεία των φοιτητών που αφορά την ερμηνεία μιας γραφικής παράστασης που αναπαριστά μια αναλογία. Για τη συγκεκριμένη παράσταση, που αφορούσε το ερώτημα με κωδικό Charity1, οι φοιτητές παρότι έδωσαν σωστές απαντήσεις, ανακαλύψαμε ότι οδηγήθηκαν σε μία ερμηνεία που αντί να εκφράζει τη σχέση αναλογίας μεταξύ των μεταβλητών, περιείχε στοιχεία που αφορούσαν τη χρονική εξέλιξη του φαινόμενου για το οποίο ίσχυε η αναλογία.

Συγκεκριμένα, για τον ερώτημα με κωδικό Charity1, οι φοιτητές έπρεπε να απαντήσουν στο ερώτημα που φαίνεται στην εικόνα 6.12 (σελίδα 167). Το ζητούμενο αυτής της ερώτησης αφορούσε την ερμηνεία της διέλευσης της γραφικής παράστασης από την αρχή των αξόνων στα πλαίσια μιας πραγματικής κατάστασης. Από τις πρώτες συνεντεύξεις και πριν τη μεσολάβηση των δραστηριοτήτων διαφάνηκε μια παρερμηνεία των φοιτητών για αυτή τη γραφική παράσταση η οποία αποτελεί και το συμπέρασμα μας για αυτή την ερώτηση:

Στην ερμηνεία των φοιτητών για τη γραφική παράσταση που εκφράζει την αναλογία μεταξύ δύο μεταβλητών, οι φοιτητές εισήγαγαν στοιχεία της καθημερινότητας που αφορούν την χρονική εξέλιξη του φαινόμενου που αναπαρίσταται, παρότι αυτά δεν προκύπτουν από τη γραφική παράσταση. Η συμπεριφορά αυτή σημειώθηκε τόσο πριν, όσο και μετά την πειραματική παρέμβαση.

Η συγκεκριμένη γραφική παράσταση αποτέλεσε για την έρευνα μας ένα πολύ καλό παράδειγμα γραφικής παράστασης όπου ο χρόνος, αν και δεν παριστάνεται σε κάποιον άξονα, θεωρείται ως μεταβλητή που επηρεάζει την ερμηνεία της γραφικής παράστασης. Η γραφική παράσταση αναπαριστά τη σχέση μεταξύ του χρηματικού ποσού που συγκεντρώνεται σε μια συναυλία, συναρτήσει του αριθμού θεατών που την παρακολουθούν, με την προϋπόθεση ότι ο κάθε θεατής πληρώνει εισιτήριο. Η σχέση όπως προκύπτει από τη γραφική παράσταση είναι αναλογίας, καθώς όσο μεγαλύτερος ο αριθμός θεατών που παρακολουθούν τη συναυλία, τόσο μεγαλύτερο το χρηματικό ποσό που εισπράττουν οι διοργανωτές της.

Το παραπάνω αποδείχθηκε κάθε άλλο παρά προφανές για τους φοιτητές που συμμετείχαν στην έρευνα μας. Για πολλούς από αυτούς η συγκεκριμένη γραφική παράσταση εμπεριέχει τη χρονική εξέλιξη της συναυλίας. Με τη μορφή ενός νέου είδους GAP σφάλματος, οι φοιτητές «ακολουθούν» την γραφική παράσταση με τροχιά που ξεκινά από την αρχή των αξόνων, θεωρώντας ότι σε αυτή την πορεία εκφράζεται η χρονικά εξελισσόμενη προσέλευση των θεατών σε κάποια συναυλία.

Το χρηματικό ποσό που συγκεντρώνεται αυξάνεται *καθώς* αυξάνεται ο αριθμός των θεατών. Η παραπάνω πρόταση από μόνη της θα αποτελούσε μια σωστή ερμηνεία της γραφικής παράστασης. Στις συνεντεύξεις όμως με τους φοιτητές ανακαλύψαμε ότι αυτό που εννοούσαν είναι πως το χρηματικό ποσό που συγκεντρώνεται αυξάνεται *καθώς* αυξάνει ο αριθμός των θεατών *που προσέρχονται*. Σαν δηλαδή να υπάρχει κάποιο νοητό βέλος που υπονοείται και ορίζει φορά στην γραφική παράσταση και συγκεκριμένα την φορά από κάτω αριστερά προς τα πάνω δεξιά.

Η παρερμηνεία αυτή μπορεί κανείς να υποθέσει ότι προέρχεται από την προσπάθεια εύρεσης ερμηνείας όταν οι φοιτητές φαντάζονται την είσπραξη του ταμείου *μίας* συναυλίας αντί για την είσπραξη του ταμείου *πολλών* συναυλιών. Η διαφορά είναι ότι στην πρώτη περίπτωση ο χρόνος σιωπηλά υπεισέρχεται ως παράμετρος του προβλήματος, ενώ στην δεύτερη ο χρόνος απομονώνεται και δεν παίζει κάποιο ρόλο και έτσι μπορούν οι φοιτητές να διακρίνουν τις μεταβλητές της γραφικής παράστασης και να δώσουν μια ερμηνεία που αφορά τη σχέση τους.

Η ανάλυση των συνεντεύξεων των φοιτητών πριν και μετά την πειραματική μας παρέμβαση δείχνει ότι σε άλλες περιπτώσεις η παρερμηνεία αυτή υποχώρησε, ενώ σε άλλες ενισχύθηκε ή και εμφανίσθηκε εκεί που πριν δεν υπήρχε. Ίσως αυτό το

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

συμπέρασμα μπορεί να συνδεθεί με την διαδικασία ανάλυσης κίνησης στο VBL περιβάλλον, όπου το λογισμικό «αναδημιουργούσε» τις γραφικές παραστάσεις (με τη βοήθεια του μπλε κύκλου – ενότητα 3.4.3), συνδέοντας άρρηκτα αυτές με τη χρονική εξέλιξη του φαινόμενου της κίνησης. Στην περίπτωση του ερωτήματος Charity1, που δεν αφορά κίνηση και χρονικά εξελισσόμενο φαινόμενο, ίσως η παρερμηνεία αυτή συνδέεται με την αντίληψη που είχε δημιουργηθεί στους φοιτητές από το VBL περιβάλλον πως όλες οι γραφικές παραστάσεις εμπεριέχουν τον χρόνο με τη μορφή που υπήρχε στο λογισμικό.

Σύνθετες δυσκολίες στη μετάφραση μεταξύ αναπαραστάσεων

Στο ερώτημα Weight2 του ερωτηματολογίου, οι φοιτητές έπρεπε με βάση τη γραφική παράσταση που παρουσιάζεται στην εικόνα 6.14 (σελίδα 170), να απαντήσουν στο εξής ερώτημα: «Τα αγόρια ή τα κορίτσια μεγαλώνουν γρηγορότερα στην ηλικία των 14;» Αυτό το ερώτημα εξέταζε την ικανότητα των φοιτητών να συνδέουν τον ρυθμό μεταβολής μιας γραφικής παράστασης με μια πραγματική κατάσταση και να συγκρίνουν ρυθμούς μεταβολής δύο καμπύλων. Η ανάλυση των συνεντεύξεων των φοιτητών για αυτό το ερώτημα αποκαλύπτει την πολυπλοκότητα που χαρακτηρίζει τους παράγοντες επιτυχούς κατανόησης των γραφικών παραστάσεων. Όπως, αναλύουμε στη συνέχεια η αποτυχία των φοιτητών στο συγκεκριμένο ερώτημα, δεν μπορεί να αποδοθεί κατά κύριο λόγο σε ένα μόνο παράγοντα. Οι λόγοι αποτυχίας των φοιτητών σχετίζονται με την αδυναμία σύνδεσης της αναπαράστασης της λεκτικής περιγραφής με αυτή της γραφικής παράστασης, με την σύγχυση «ύψους» - κλίσης (Slope-Height Confusion), αλλά και σε πολύ μεγάλο βαθμό με το πλαίσιο (τη συγκεκριμένη κατάσταση) που περιγράφεται και την θεώρηση της από τους φοιτητές στα πλαίσια της καθημερινής αντίληψης. Το συμπέρασμα που διατυπώνεται στη συγκεκριμένη ενότητα είναι το εξής:

Η μετάφραση μεταξύ αναπαραστάσεων της λεκτικής περιγραφής και της γραφικής παράστασης είναι προβληματική τόσο πριν όσο και μετά την πειραματική παρέμβαση, για σύνθετους λόγους που αφορούν τις ικανότητες μετάφρασης αυτές καθαυτές, σφάλματα παρερμηνείας της γραφικής παράστασης και το εκάστοτε πλαίσιο το οποίο περιγράφεται από τις αναπαραστάσεις.

Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 16 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.11. Τα συμπεράσματα της ανάλυσης όπως παρουσιάζεται στο παράρτημα 6.11 είναι τα ακόλουθα:

Οι φοιτητές δυσκολεύονται να ερμηνεύσουν τη φράση «μεγαλώνουν γρηγορότερα» στα πλαίσια της γραφικής παράστασης τόσο πριν όσο και μετά την πειραματική παρέμβαση.

Πολλοί φοιτητές δυσκολεύτηκαν να ερμηνεύσουν την φράση της εκφώνησης «*μεγαλώνουν γρηγορότερα*» στα πλαίσια της δεδομένης γραφικής παράστασης. Από τα λεγόμενα τους φαίνεται πως αποδίδουν την παραπάνω φράση στην σωματική ανάπτυξη των παιδιών, την οποία όμως δεν συνδέουν αποκλειστικά με το βάρος, αλλά και με το ύψος και ορισμένοι φοιτητές ανέφεραν και άλλους παράγοντες. Στις περιπτώσεις αυτές τους επιστούσαμε την προσοχή στον όρο *μέσο βάρος* που χρησιμοποιείται στην εκφώνηση, και εξηγούσαμε πως η γραφική παράσταση αναφέρεται στο μέσο όρο όλων των παιδιών. Επομένως, θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε το μέσο βάρος τους ως ένα αξιόπιστο μέτρο της ανάπτυξης τους. Ακόμα και σε αυτές τις περιπτώσεις, η ανάλυση των συνεντεύξεων δείχνει πως η παραπάνω αντίρρηση τους ήταν μάλλον επιφανειακή και στην πραγματικότητα ήταν η δυσκολία της ερμηνείας της φράσης «*μεγαλώνουν γρηγορότερα*» στα πλαίσια του ζητούμενου της άσκησης που τους δυσκόλευε.

Το εύκολο για τους φοιτητές σε αυτή τη γραφική παράσταση ήταν να διακρίνουν στην ηλικία των 14 που εξετάζει η ερώτηση ποια ομάδα παιδιών έχει μεγαλύτερο βάρος. Αυτή όμως η πληροφορία δεν απαντά στο ερώτημα ποιος μεγαλώνει γρηγορότερα στην ηλικία των 14, αλλά στο ερώτημα ποιος είναι πιο ανεπτυγμένος στην ηλικία των 14. Η αντίρρηση τους και η δυσκολία στην κατανόηση της φράσης «μεγαλώνουν γρηγορότερα» πιστεύουμε ότι προέρχεται από την αδυναμία τους να εξάγουν την σωστή πληροφορία από τη γραφική παράσταση και από την ανάγκη αξιοποίησης της πληροφορίας που μπορούσαν να βρουν παρότι κατά βάθος την απορρίπτουν ως μη χρήσιμη. Στους διαλόγους μαζί τους γίνεται σαφές το ότι προσπαθούν αρκετά έντονα να δηλώσουν ότι είναι η σύμβαση πως το «μεγαλώνουν γρηγορότερα» σχετίζεται με το βάρος που τους «αναγκάζει» να απαντήσουν έτσι. Ας δούμε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα:

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Νατάσσα – Πριν:

1η Συνάντηση

1. **Ν:** Σε σχέση με τα κιλά;
2. **Γ:** Το «μεγαλώνουν»;
3. **Ν:** Ναι.
4. **Γ:** Μμ..
5. **Ν:** Με τα κιλά; ... Ε, αφού έχουν 5 κιλά περισσότερο.

2η Συνάντηση

1. **Γ:** Εδώ λες ότι τα κορίτσια μεγαλώνουν γρηγορότερα στην ηλικία των 14 διότι είναι-
2. **Ν:** Σε κιλά είπαμε.
3. **Γ:** ..Σε κιλά.. διότι είναι 5 κιλά πιο βαριά.
4. **Ν:** Ναι.
5. **Γ:** Αν ήταν η γραμμή των αγοριών από πάνω, θα απαντούσες τα αγόρια;
6. **Ν:** Αν ήταν πιο βαριά τα αγόρια εννοείς..
7. **Γ:** Ναι.
8. **Ν:** Ναι.
9. **Γ:** Μμ.. Όποιος λοιπόν είναι πιο βαρύς, αυτόν απαντάς.
10. **Ν:** Ναι, αλλά σε ρώτησα, όταν λες μεγαλώνουν εννοείς στα κιλά.
11. **Γ:** Αυτό εννοώ.
12. **Ν:** Ναι, ναι, ναι.

Παρατηρούμε στον παραπάνω διάλογο την επιμονή της Νατάσσας να κατοχυρώσει ότι η απάντηση που μας δίνει είναι τέτοια, διότι σχετίζει το βάρος με το ποιος μεγαλώνει πιο γρήγορα και μάλιστα αφού έχει εξασφαλίσει τη δική μας «επιβεβαίωση» για αυτή τη σύμβαση. Η περίπτωση της Νατάσσας είναι χαρακτηριστική και των υπολοίπων φοιτητών, που χρησιμοποιούσαν κατά κάποιο τρόπο σαν άλλοθι για την απάντηση τους την δήλωση ότι απαντούν με τέτοιο τρόπο, διότι έχει συμφωνηθεί ότι η λέξη *μεγαλώνουν* σχετίζεται με το βάρος των παιδιών. Αυτή η συμπεριφορά υποδεικνύει πως οι φοιτητές υποψιάζονται πως η απάντηση τους δεν είναι σωστή, και προσπαθούν να αποποιηθούν την ευθύνη του λάθους με αυτόν τον τρόπο. Αυτού του είδους οι απαντήσεις συνεχίστηκαν και μετά την πειραματική μας παρέμβαση.

Η δυσκολία των φοιτητών να συσχετίσουν τη φράση «*μεγαλώνουν γρηγορότερα*» με την κατάλληλη πληροφορία της γραφικής παράστασης, όπως περιγράψαμε παραπάνω, δημιουργεί επιπλέον επιπλοκές και οδηγεί στο δεύτερο μας συμπέρασμα.

Οι φοιτητές υποπίπτουν στη σύγχυση του «ύψους» με την κλίση της γραφικής παράστασης (Slope as Height Confusion) για το συγκεκριμένο ερώτημα τόσο πριν όσο και μετά την πειραματική παρέμβαση.

Η σύγχυση του «ύψους», δηλαδή της τιμής y μιας γραφικής παράστασης για συγκεκριμένο x, με την κλίση της σε εκείνο το σημείο, είναι γνωστό στη διεθνή βιβλιογραφία ως Slope-As-Height Confusion. Είναι ένα σφάλμα που παρουσιάζεται στην μελέτη των γραφικών παραστάσεων, όταν ζητείται η διατύπωση κρίσης σχετικά με το ρυθμό μεταβολής του y σε κάποιο συγκεκριμένο x. Αντί να εξετασθεί η κλίση της γραφικής παράστασης στο συγκεκριμένο x ή η διαφορά των τιμών του y στην περιοχή γύρω από το ζητούμενο x, οι φοιτητές εξετάζουν μόνο την τιμή του y στο συγκεκριμένο x και το συγκρίνουν είτε με άλλες τιμές του y στην ίδια καμπύλη, είτε με την αντίστοιχη y τιμή μιας άλλης καμπύλης (όπως στο δική μας περίπτωση) για το ίδιο x. Η ερμηνεία της εμφάνισης αυτού του σφάλματος είναι σύνθετη και στο συγκεκριμένο ερώτημα θα δούμε πως προέρχεται από προβλήματα που αφορούν την μελέτη γραφικών παραστάσεων αλλά και προβλήματα που εμφανίζονται και σχετίζονται με το εκάστοτε νοηματικό πλαίσιο στο οποίο διατυπώνεται το ερώτημα.

Στις συνεντεύξεις που διεξήγαμε με τους φοιτητές μετά την πειραματική παρέμβαση τους θέσαμε το ίδιο πρόβλημα, αλλά εκτός του πλαισίου της μελέτης του σε γραφική παράσταση. Την διαδικασία αυτή δεν είχαμε ακολουθήσει στις συνεντεύξεις πριν την πειραματική παρέμβαση για να μην επηρεάσουμε τους φοιτητές και έχουμε αναξιόπιστες μετρήσεις μετά το πείραμα.

Ακολουθώντας την στρατηγική που επιλέξαμε και σε προηγούμενα ερωτήματα, θέσαμε τους φοιτητές στο μελλοντικό τους ρόλο ως δάσκαλοι μιας πραγματικής τάξης. Τους ζητήσαμε να μας απαντήσουν στο εξής ερώτημα την πρώτη μέρα που θα έμπαιναν ως δάσκαλοι στην τάξη τους. Ποιος από δύο μαθητές τους μεγαλώνει γρηγορότερα σε εκείνη την ηλικία, αν γνωρίζουν μόνο το βάρος τους, οι μαθητές έχουν ίδια ηλικία και έχουν φυσιολογικό ύψος για τα κιλά τους. Ας δούμε ένα απόσπασμα διαλόγου χαρακτηριστικό των απαντήσεων της πλειοψηφίας των φοιτητών.

Μαρία – Μετά:

1. **Γ:** Εδώ λες ότι τα κορίτσια μεγαλώνουν στην ηλικία των 14 πιο γρήγορα επειδή είναι πιο βαριά, έτσι;
2. **Μ: Ναι, γιατί σε ρώτησα κιόλας, πριν να το κάνω..**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

3. **Γ:** Ναι.. αν ήταν η γραμμή των αγοριών από πάνω, θα απαντούσες τα αγόρια;
4. **Μ:** .. Ναι.
5. **Γ:** Όποιον είναι πιο βαρύς αυτόν θα απαντούσες;
6. **Μ:** Ναι, επειδή μετράμε τώρα την ανάπτυξη με βάρος, για αυτό.
7. **Γ:** Μμ.. Ας πούμε ότι.. διορίζεσαι και γίνεσαι δασκάλα και πας σε μία τάξη πρώτη μέρα..
8. **Μ:** Σώθηκες (αστειευόμενη)
9. **Γ:** Πας πρώτη μέρα λοιπόν και βλέπεις δύο παιδιά ίδιας ηλικίας, το ένα είναι 40 κιλά και το άλλο είναι 45. Πιο μεγαλώνει πιο γρήγορα; ..Σε εκείνη την ηλικία
10. **Μ:** ..Τι; Πόσο είναι;
11. **Γ:** Ξέρω γω.. τρίτη δημοτικού
12. **Μ:** Αα.. ποιο μεγαλώνει πιο γρήγορα; Αα.. δεν ξέρω..

Η απάντηση της Μαρίας τώρα που έχουμε ξεφύγει από τα όρια της γραφικής παράστασης είναι αυθόρμητη, γρήγορη και αντίθετη από την αντίστοιχη που είχε δώσει στο ερώτημα του ερωτηματολογίου. Προχωράμε την συνέντευξη προκαλώντας σύγκρουση με την απάντηση της στο ερωτηματολόγιο.

13. **Γ:** Μπορεί οποιοδήποτε από τα δύο να μεγαλώνει πιο γρήγορα δηλαδή.. Εδώ γιατί απάντησες τα κορίτσια;
14. **Μ:** ...Γιατί .. είναι πιο βαριά, ξέρω γω. Γιατί..-
15. **Γ:** Ε, και εδώ σου λέω το ένα παιδί είναι πιο βαρύ από το άλλο
16. **Μ:** ..Γιατί συνήθως όποιος τρώει πιο πολύ παίρνει περισσότερα κιλά, μεγαλώνει περισσότερο. ..Νομίζω έτσι..
17. **Γ:** Και που ξέρεις ποιο από τα δύο τρώει περισσότερο;
18. **Μ:** Ε, φαίνεται.. αν είναι χοντρούλι το ένα (γελάει)

Σε αυτό το σημείο η Μαρία προσπαθεί να αιτιολογήσει την αντιφατική απάντηση της, καταφεύγοντας σε άλλους παράγοντες. Για να αποφύγουμε μια τέτοια συνέχεια θέτουμε τη Μαρία εκτός προβλήματος και εισάγουμε μία νέα δασκάλα στο πρόβλημα, ταυτοχρόνως εισάγοντας τον ρόλο της χρονικής εξέλιξης στην απάντηση αυτού του προβλήματος.

19. **Γ:** Αν του χρόνου έρθει άλλη δασκάλα.. και το παιδάκι αυτό έχει πάρει 5 κιλά ..που ήταν πιο αδύνατο ..και είναι και τα δύο 45.. η δασκάλα την πρώτη μέρα ξέρει ποιο μεγαλώνει πιο γρήγορα;
20. **Μ:** Όχι
21. **Γ:** Εσύ ξέρεις;
22. **Μ:** Όχι
23. **Γ:** Ναι; (γελάμε λίγο) Εντάξει.. θέλω να μου δώσεις.. –

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

24. **Μ:** Εγώ ξέρω ότι πρέπει να τα παρακολουθείς.. δηλαδή.. αν τα.. αν τα δω εγώ; .Εγώ θα ξέρω, γιατί εντάξει.. θα τα ήξερα και πιο πριν. Αλλά..-
25. **Γ:** Μάλιστα, πρέπει να τα παρακολουθείς δηλαδή σε κάποιο διάστημα;
26. **Μ:** Μμ..
27. **Γ:** Εδώ γιατί δεν παρακολούθησες το βάρος των αγοριών και των κοριτσιών σε κάποιο διάστημα;
28. **Μ:** (γελάει λίγο) …
29. **Γ:** ..Έλα μου ντε, ε;
30. **Μ:** Έλα ντε.. (γελάει λίγο)

Από το παραπάνω απόσπασμα, που είναι χαρακτηριστικό της συμπεριφοράς των φοιτητών βλέπουμε ότι εννοιολογικά το ποιος μεγαλώνει γρηγορότερα είναι ένα πρόβλημα που μπορούν να λύσουν παρακολουθώντας την εξέλιξη του βάρους τους (αν και στο συγκεκριμένη απόσπασμα δεν αναφέρεται αυτό ρητώς) στην πάροδο του χρόνου. Συμπεραίνουμε επομένως, πως είναι η διατύπωση του ίδιου προβλήματος μέσα από μια γραφική παράσταση που δημιουργεί την δυσκολία σχεδόν για όλους τους φοιτητές και την οποία δεν βοήθησε να ξεπεραστεί η διαδικασία της πειραματικής μας παρέμβασης. Στο παραπάνω παράδειγμα της Μαρίας είδαμε πως η δυσκολία αυτή σχετιζόταν με την μεταφορά του ερωτήματος από την λεκτική στην αναπαράσταση της γραφικής παράστασης. Συγκεκριμένα, φαίνεται η Μαρία να έχει τις σωστές στρατηγικές για τη λύση του συγκεκριμένου προβλήματος στη λεκτική του αναπαράσταση, αλλά να μην μπορεί να τις μεταφέρει στην αναπαράσταση της γραφικής παράστασης.

Υπήρξαν όμως και οι περιπτώσεις φοιτητών, όπου παρότι φαινόταν δυνατή η μεταφορά των κατάλληλων στρατηγικών από το πλαίσιο της λεκτικής διατύπωσης στο πλαίσιο της γραφικής παράστασης, ήταν η διατύπωση του ερωτήματος που τους εμπόδισε να απαντήσουν σωστά. Συγκεκριμένα η φράση «*ποιος μεγαλώνει γρηγορότερα στην ηλικία των 14*», εκτός από τις δυσκολίες που προκάλεσε και περιγράψαμε μέχρι τώρα, δημιούργησε ακόμη ένα πρόβλημα που εστιάζεται στο δεύτερο μέρος της φράσης «*στην ηλικία των 14*». Από την φράση αυτή, δημιουργήθηκαν παρανοήσεις και δυσκολίες σχετικά με το πως πρέπει να ερμηνευθεί στα πλαίσια της γραφικής παράστασης. Εννοούσαμε γύρω από την τιμή 14 ή ακριβώς την τιμή 14; Αυτός ήταν ο προβληματισμός των φοιτητών, που παρότι γνώριζαν πώς να αντιμετωπίσουν το ίδιο ερώτημα στα πλαίσια της καθημερινότητας, παγιδεύτηκαν στην ερμηνεία του όρου «ηλικία των 14» στα πλαίσια της γραφικής παράστασης. Ας

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

δούμε ένα εκτενές, αλλά χαρακτηριστικό παράδειγμα που θα φανεί η παραπάνω δυσκολία αλλά και θα συνοψιστούν και όσες αναφέραμε ως τώρα.

Μελίνα – Πριν:

1η Συνάντηση

1. **Μ:** Όταν λέει μεγαλώνουν.. εννοεί;
2. **Γ:** Εε.. το συνδέει με το βάρος.
3. **Μ:** .. Τα κορίτσια, αφού είναι 50 κιλά... (παύση – μουρμουράει) Λοιπόν, βλέπουμε ότι στη γραφική παράσταση έτσι όπως το έχει... - Σύμφωνα με τη γραφική παράσταση;
4. **Γ:** Σύμφωνα με τη γραφική παράσταση τι (μπερδεμένο);
5. **Μ:** Τα κορίτσια στην ηλικία των 14 χρόνων είναι 50 κιλά, 5 κιλά περισσότερο από τα αγόρια. Μεγαλώνουν περισσότερο.

Ήδη η επαλήθευση που φαίνεται να χρειάζεται η Μελίνα «*Σύμφωνα με τη γραφική παράσταση;*» (γραμμή 3) μας προϊδεάζει για το ότι είναι η πλαισίωση του προβλήματος στη γραφική παράσταση που την αναγκάζει να απαντήσει έτσι. Η Μελίνα ήταν μια περίπτωση φοιτήτριας που ήταν πολύ ομιλητική και πρόθυμη να μοιραστεί τις σκέψεις της. Ας δούμε τον αντίστοιχο διάλογο μετά την πειραματική παρέμβαση όπου είχαμε την ευκαιρία να διερευνήσουμε σε βάθος τις δυσκολίες της Μελίνας με αυτό το ερώτημα.

Μελίνα – Μετά:

1. **Γ:** Εδώ λες ότι τα κορίτσια μεγαλώνουν γρηγορότερα επειδή έχουν περισσότερο βάρος-
2. **Μ:** Σύμφωνα με το βάρος, ναι.
3.

Επαληθεύει το πρώτο μας συμπέρασμα.

4. **Γ:** Αν ήταν η γραμμή των αγοριών από πάνω, θα απαντούσες τα αγόρια;
5. **Μ:** Ναι, γιατί αυξάνεται το.. το βάρος..

Η φράση *αυξάνεται* το βάρος είναι ένδειξη ότι ερμηνεύει σωστά τη φράση «μεγαλώνουν γρηγορότερα» χωρίς όμως να ξέρουμε αν δίνει αυτή την ερμηνεία αναφερόμενη στο πλαίσιο της γραφικής παράστασης.

6. **Γ:** Μμ.. Εε.. Τι καταλαβαίνεις με τη φράση «μεγαλώνουν γρηγορότερα»; Το «μεγαλώνουν» καταλαβαίνω ότι το αποδίδεις στο βάρος.
7. **Μ:** Ναι, νομίζω έτσι το αποδίδω, στο βάρος, αλλά..-
8. **Γ:** Ναι, έτσι είναι. Το «γρηγορότερα» πως το καταλαβαίνεις;
9. **Μ:** «Γρηγορότερα..» Ότι είναι πιο βαριά.
10. **Γ:** Αυτό καταλαβαίνεις..
11. **Μ:** «γρηγορότερα»... Ότι ίσως σε αυτή την ηλικία τα κορίτσια παχαίνουν πιο πολύ.. αλλά πάντα με το βάρος.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Εδώ παρουσιάζεται η σύγχυση που απευθείας ερμηνεία της θα μπορούσε να είναι η σύγχυση «ύψους»-κλίσης. Ας δούμε τη συνέχεια όπου εξετάζουμε αυτή την υπόθεση.

12. **Γ**: Αυτό δεν είναι διαφορετικό από το άλλο;
13. **Μ**: Από πιο;
14. **Γ**: (γελάμε λίγο) Απ' το είναι πιο βαριά; ..το παχαίνουν πιο πολύ..;
15. **Μ**: Όχι, εντάξει. Μπορεί απλά τα κορίτσια στην ηλικία των 14 να παίρνουν πιο εύκολα κιλά, σαν οργανισμός αυτό να είναι γενικό.
16. **Γ**: Συμφωνώ. Είναι το ίδιο αυτό με το πόσα κιλά έχουνε σε αυτή την ηλικία;
17. **Μ**: Πόσα κιλά έχουνε σε αυτή την ηλικία..; ... Όχι, εντάξει, αλλά οι περισσότεροι – Μάλλον το πρώτο είναι..
18. **Γ**: Δηλαδή;
19. **Μ**: Ότι αυτό. Στην ηλικία αυτή μεγαλώνουν.. ως προς το βάρος περισσότερο – Δεν το ξέρω, το υποθέτω βέβαια αυτό σύμφωνα με τη γραφική παράσταση.
20. **Γ**: .. Ότι έχουν περισσότερα κιλά..;
21. **Μ**: Ναι..
22. **Γ**: Μμ..
23. **Μ**: Στην ηλικία των 14 πάντα..

Εδώ βλέπουμε ξεκάθαρα να υπεισέρχεται η πλαισίωση του προβλήματος στη γραφική παράσταση και η επίδραση του στην λύση που έχει διατυπώσει η Μελίνα.

24. **Γ**: Μμ..
25. **Μ**: Γιατί μετά βλέπουμε αρχίζουνε και.. τα αγόρια ας πούμε.. παίρνουν τα πάνω τους.
26. **Γ**: Ναι.

Παρατηρούμε πως η παγίδευση στην ακριβή τιμή 14, είναι υπεύθυνη για την επιλογή της λανθασμένης απάντησης σε σχέση με τη σωστή, που κατέχει, αλλά αισθάνεται πως δεν μπορεί να επιλέξει.

27. **Μ**: Και είναι και φυσιολογικό. Γιατί όπως και με το ύψος, εντάξει ξέρουμε ότι τα κορίτσια φτάνουν σε λιγότερα κιλά.
28. **Γ**: Μάλιστα. Αν μπεις δασκάλα σε μια τάξη, πρώτη μέρα και δεις το Γιώργο και το Γιάννη που είναι 45 και 50 κιλά. Και σε ρωτήσει ο διευθυντής –
29. **Μ**: Εμείς θα ξέρουμε ότι τότε θα είναι τόσα κιλά;
30. **Γ**: 45 λοιπόν ο Γιώργος και 50 ο Γιάννης. Μπορείς να ξέρεις ποιος μεγαλώνει γρηγορότερα;
31. **Μ**: Δε νομίζω..
32. **Γ**: Όχι.
33. **Μ**: Γιατί αυτό πάει ανάλογα με τον ρυθμό.. δεν..- Σίγουρα θα υπάρχουνε.. οι κανόνες, ας το πούμε έτσι κάποιο μοτίβο, αλλά δεν..

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Η αναζήτηση για επαλήθευση της παραπάνω παρατήρησης σε εκτός της γραφικής παράστασης πλαίσιο δεν έχει επιτυχή κατάληξη, όπως και το αναμέναμε. Αυτό ενισχύει το συμπέρασμα πως οι φοιτητές υποπίπτουν στο Slope-As-Height Confusion, γιατί νιώθουν την ανάγκη να απαντήσουν ικανοποιώντας τις απαιτήσεις του πλαισίου και της διατύπωσης του προβλήματος επιπλέον από τα όρια της γραφικής παράστασης. Ας δούμε στο επόμενο κομμάτι του διαλόγου πόσο ισχυρή αποδεικνύεται αυτή η σύγχυση.

34. Γ: Μάλιστα... Πότε θα μπορείς να μας απαντήσεις; Υπό ποιες προϋποθέσεις;
35. Μ: Εντάξει, ηλικία, να ξέρω αν είναι ίδια ηλικία..
36. Γ: Είναι ίδια ηλικία..
37. Μ: Τώρα δεν ξέρω αν παίζει ρόλο η κληρονομικότητα. Μπορεί το ένα να τρώει και να παχαίνει ας πούμε ή να έχει κάποια αρρώστια..
38. Γ: Σύμφωνοι. Ας πούμε ότι υπάρχουν όλοι αυτοί οι παράγοντες. Μπορείς να απαντήσεις. Αν όχι την ίδια μέρα, κάποια άλλη μέρα ή κάτι τέτοιο;
39. Μ: Μόνο μετά στην εξέλιξη. Να δω πως τα παιδιά εξελίσσονται. Αν θα συνεχίσουν εκεί πέρα να έχουνε.. το ένα να είναι λιγότερο από το άλλο..
40. Γ: Αν δηλαδή σε ένα μήνα ο Γιώργος έχει φτάσει και αυτός τα 50 κιλά και ο Γιάννης δεν έχει πάρει καθόλου;
41. Μ: Και αυτό ας πούμε είναι. Δε μπορούμε να πούμε με ακρίβεια γιατί μπορεί τα αγόρια να –
42. Γ: Είναι νορμάλ και οι δύο στο ύψος..
43. Μ: Όχι να είναι νορμάλ. Λέω μπορεί να τρώει ας πούμε .. αυτόν τον ένα μήνα και ο άλλο να κάνει δίαιτα.
44. Γ: Εκείνο το μήνα ποιος μεγάλωσε περισσότερο;
45. Μ: Αυτός που έχει περισσότερα κιλά.
46. Γ: 50 είναι και οι δύο.
47. Μ: 50.. Ποιος μεγάλωσε περισσότερο... Αυτός που ήτανε λιγότερο και..
48. Γ: Μμ.
49. Μ: Αναπτύχθηκε ας πούμε.. Ο άλλος θα είναι σταθερός.
50. Γ: Ναι .. Επομένως αυτός που είχε τα περισσότερα κιλά, δε μεγάλωσε γρηγορότερα..
51. Μ: Στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα του 1 μηνός που ο άλλος από 45 πήγε 50 και ο άλλος που ήταν 50 έμεινε 50, όχι..

Στη συνέχεια επισημαίνουμε την αντίφαση της τελευταίας της διαπίστωσης με την απάντηση που έχει δώσει στο ερωτηματολόγιο.

52. Γ: Άρα αν και εδώ πέρα (στην άσκηση) συνέβαινε κάτι τέτοιο, θα πέφταμε έξω..
53. Μ: Αν συνέβαινε τι;
54. Γ: Αν σε ένα μήνα μετά τα 14 τα αγόρια είχαν πάρει πιο πολλά κιλά απ-

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

55. **Μ:** Εννοείται αυτό. Ναι.
56. **Γ:** Παρόλα αυτά εσύ είπες ότι όποιος έχει τα περισσότερα κιλά μεγαλώνει γρηγορότερα.
57. **Μ:** Όχι δε λέω αυτό. Εκεί λέει σύμφωνα με τη γραφική παράσταση. Η γραφική παράσταση μου δείχνει ότι τα κορίτσια είναι 50, τα αγόρια 45 στην ηλικία των 14. Μιλάμε για συγκεκριμένη ηλικία
58. **Γ:** Ναι..

Αποτέλεσμα της αντίφασης που επισημάναμε είναι η αιτιολόγηση του με βάση τα ζητούμενα του προβλήματος όπως έχει τεθεί, τόσο όσον αφορά την ακριβή ηλικία, όσο και την αναπαράσταση αυτής στη γραφική παράσταση. Συνεχίζοντας όμως παρακάτω, μας αποδεικνύει ότι γνωρίζει πως αντιμετωπίζεται ένα τέτοιο πρόβλημα.

59. **Μ:** Για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.. Και αυτό που βλέπω είναι αυτό στη γραφική παράσταση. Μα μετά φαίνεται ότι τα αγόρια.. Και σύμφωνα με τη γραφική πάλι τα αγόρια είναι περισσότερα και μεγαλώνουν περισσότερο σε αυτό το βάρος..
60. **Γ:** Α, μετά σου φαίνεται ότι τα αγόρια; Άρα σύμφωνα με τη γραφική παράσταση (εννοώ το height) ή το δεύτερο που λες;
61. **Μ:** Με τη συνολική παράσταση, ναι. Αλλά όταν μου λες 14 χρονών..
62. **Γ:** Τότε κοιτάς εκείνον εκεί τον παράγοντα. Το βάρος. Ποιος θα έχει περισσότερο.
63. **Μ:** Ε, ναι.
64. **Γ:** Οκ. Το κατάλαβα....
65. **Μ:** Δηλαδή σα γενικό, σίγουρα φαίνεται τα αγόρια. Αλλά λέμε για τη συγκεκριμένη.. τα 14..
66. **Γ:** Ναι, ναι. Κατάλαβα...
67. **Μ:** Δε λέει γενικά..

Γραφικές Παραστάσεις που δεν αναφέρονται σε πλαίσια πραγματικών καταστάσεων

Οι γραφικές παραστάσεις του ερωτηματολογίου του Β Μέρους, αυτές δηλαδή που δεν αναφερόντουσαν σε πλαίσια πραγματικών καταστάσεων, δεν προσφέρονταν για εις βάθος διερεύνηση με τη μέθοδο των συνεντεύξεων συγκριτικά με αυτές του Α Μέρους. Είναι φυσιολογικό και αναμενόμενο οι φοιτητές να μην ήταν τόσο πρόθυμοι να μιλούν για αυτές τις ερωτήσεις, καθώς ήταν διατυπωμένες σε αφαιρετικό επίπεδο. Έτσι, από το σύνολο των ερωτημάτων του Β Μέρους του ερωτηματολογίου παρουσιάζουμε τα δύο πιο ασφαλή συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των συνεντεύξεων των φοιτητών. Τα συμπεράσματα αυτά προέκυψαν από την

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ανάλυση των συνεντεύξεων για τα ερωτήματα με κωδικό Greatest Change και Intervals1.

Ερώτηση με κωδικό Greatest Change

Σε αυτή την ερώτηση δινόταν στους φοιτητές η εκφώνηση που φαίνεται στην εικόνα 6.19 (σελίδα 178). Από την ανάλυση των συνεντεύξεων για αυτό το ερώτημα προέκυψαν 9 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.12. Το συμπέρασμα που προέκυψε από την ανάλυση των συνεντεύξεων για αυτό το ερώτημα είναι το εξής:

Μετά την πειραματική παρέμβαση βελτιώνεται η κατανόηση της κλίσης της γραφικής παράστασης από τους φοιτητές, καθώς πλέον κατανοούν ότι παράλληλες γραμμές στην ίδια γραφική παράσταση έχουν την ίδια κλίση.

Αν και συνολικά δεν παρατηρήθηκε αξιοσημείωτη μεταβολή στις αντιλήψεις και τους προβληματισμούς των φοιτητών για το συγκεκριμένο ερώτημα πριν και μετά την πειραματική παρέμβαση, υπήρξε διαφορά όσον αφορά τις ευθείες Α και Β. Στις αρχικές συνεντεύξεις οι φοιτητές απαντούν στο ερώτημα με διάφορους τρόπους, αλλά πριν ελάχιστων εξαιρέσεων θεωρούν ότι οι ευθείες Α και Β έχουν διαφορετική κλίση. Αυτό φανερώνεται από το γεγονός ότι δεν κάνουν κάποιο ιδιαίτερο σχόλιο για αυτές, όταν δηλώνουν την απάντηση τους στο ερώτημα της σωστής σειράς για την κλίση. Αντίθετα μάλιστα, συχνά προτείνουν και κάποιου είδους αιτιολόγηση γιατί η Α ή η Β έχει μεγαλύτερη ή μικρότερη κλίση.

Μετά την πειραματική παρέμβαση, πολλοί φοιτητές πλέον διατυπώνουν την άποψη ότι οι Α και Β πρέπει να δηλωθούν στην ίδια σειρά καθώς είναι παράλληλες και για αυτό το λόγο έχουν την ίδια κλίση. Ας δούμε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα διαλόγου.

Στράτος – Πριν:

1. **Σ:** Η Δ που δεν έχει κλίση. Θα τη βάλω;
2. **Γ:** Αν θεωρείς ότι δεν έχει κλίση, μη τη βάλεις.
3. **Σ:** (γελάει λίγο) (παύση) Δεν ξέρω να το δικαιολογήσω, έτσι μου βγαίνει.
4. **Γ:** Πες το μου και ας μη το γράψεις.. Πως το αποφάσισες; Κάτι έχεις παρατηρήσει προφανώς..
5. **Σ:** Εε, παρατηρώ ότι το.. – Δε ξέρω, έτσι μου έρχεται στο μυαλό. Το Δ είναι …

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

6. **Γ**: Με βάση τη μορφή; Με βάση κάτι άλλο;
7. **Σ**: Με βάση τη μορφή του. Είναι αυτό που έχει τη μικρότερη κλίση.. Αν και αυτό δεν έχει καθόλου κλίση, αλλά..
8. **Γ**: .. Και μετά γιατί λες ότι το Γ ας πούμε είναι το επόμενο από το Β ή το Α; Γιατί το Γ έχει μικρότερη κλίση από το Β; (παύση) Τι είναι αυτό στη μορφή που λες που σε κάνει να το πιστεύεις;
9. **Σ**: (παύση) Ότι... το Γ ... η γραφική παράσταση του Γ τελειώνει ακόμη πιο χαμηλά απ' ότι η γραφική παράσταση του Β και η γραφική παράσταση του Β ακόμη πιο χαμηλά απ' ότι του Α..
10. **Γ**: Μάλιστα..

Παρατηρούμε στο τελευταίο κομμάτι του παραπάνω αποσπάσματος (γραμμή 9), ότι ο Στράτος συνεχίζοντας το σκεπτικό του για την Δ και Γ γραμμή εντάσσει στην σειρά τις Β και Α, προτείνοντας ανεπιφύλακτα το ίδιο σκεπτικό που είχε προτείνει για τις Δ και Γ. Το γεγονός αυτό φανερώνει ότι αγνοεί πως οι παράλληλες γραμμές έχουν την ίδια κλίση. Ας δούμε πως μεταβάλλεται η στάση του μετά την πειραματική παρέμβαση, στην αντίστοιχη συνέντευξη.

Στράτος – Μετά:

1. **Γ**: Γιατί έβαλες αυτή τη σειρά;
2. **Σ**: Για πριν; [είχε προχωρήσει στην επόμενη ερώτηση]
3. **Γ**: Μμ..
4. **Σ**: ... Γιατί... η Δ.. είναι... είναι σταθερή ευθεία, τώρα, να το πω έτσι.. (παύση) Η Δ είπα ότι δεν έχει κλίση... Νομίζω κιόλας, δεν έχει κλίση .... (παύση) Ενώ οι Α και Β είναι παράλληλες.. με όποια σειρά και να τις βάλουμε.. πάλι το ίδιο είναι.
5. **Γ**: Πιστεύεις ότι έχουν την ίδια κλίση δηλαδή;
6. **Σ**: Ναι.

Ερώτηση με κωδικό Intervals1

Στο ερώτημα αυτό του ερωτηματολογίου, οι φοιτητές έπρεπε να απαντήσουν στο ερώτημα «Ποια από τις δύο καμπύλες έχει τον μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολής στο σκιασμένο διάστημα;» για τις καμπύλες της γραφικής παράστασης που φαίνεται στην εικόνα 6.20 (σελίδα 182). Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 14 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.13. Η ανάλυση των συνεντεύξεων των φοιτητών φαίνεται να επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα της αντίστοιχης στατιστικής ανάλυσης για αυτό το ερώτημα. Δεν

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

υπήρξε αξιοσημείωτη μεταβολή στον αριθμό των φοιτητών που απαντούν σωστά σε αυτό το ερώτημα. Παρόλα αυτά από την ανάλυση των συνεντεύξεων εξάγεται ένα πολύ χρήσιμο συμπέρασμα που αφορά τις στρατηγικές λύσεις που ακολουθήθηκαν. Φανερώνεται με αυτόν τον τρόπο η χρησιμότητα της τριγωνοποίησης της μεθόδου των συνεντεύξεων με τη μέθοδο του ερωτηματολογίου, και τα αποτελέσματα που μπορεί να αποκαλύψει η ποιοτική μελέτη εκεί που η ποσοτική υστερεί. Το συμπέρασμα είναι το εξής:

Για γραφικές παραστάσεις που αφορούν την σύγκριση του ρυθμού μεταβολής σε διαστήματα, παρατηρούνται μετά την πειραματική παρέμβαση βελτιωμένες στρατηγικές λύσεις από τους φοιτητές.

Πριν την πειραματική παρέμβαση, η πιο συνηθισμένη απάντηση των φοιτητών ήταν πως στο σκιασμένο διάστημα η Β έχει μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολής από την Α. Η αιτιολογία που παρείχαν αρκετοί φοιτητές για αυτή τους την απάντηση σχετιζόταν με την μορφή που είχαν οι δύο καμπύλες, σχετίζοντας τον ρυθμό μεταβολής με το πόσο απότομα ή ομαλά εξελίσσονται οι καμπύλες στο σκιασμένο διάστημα. Υπήρχαν και ορισμένοι φοιτητές που αιτιολογούσαν την επιλογή τους αναφέροντας πως η Β μεταβάλλεται περισσότερο, χωρίς όμως να διευκρινίζουν αν κάνουν αυτή τη σύγκριση στο σκιασμένο διάστημα ή σε όλο το διάστημα μεταβολής των Α και Β.

Μετά την πειραματική παρέμβαση, η επιλογή της Β ως η καμπύλη που έχει μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολής στο σκιασμένο διάστημα παραμένει η προτιμητέα, χωρίς να έχει αλλάξει σημαντικά ο αριθμός των φοιτητών που απαντά έτσι. Από την ανάλυση των συνεντεύξεων παρατηρούμε όμως μια μεταβολή στον τρόπο αιτιολόγησης αυτής της απάντησης. Από την παρατήρηση της γεωμετρικής μορφής, οι φοιτητές έχουν περάσει σε απαντήσεις πιο πειστικές, με κυρίαρχη νέα τάση την απάντηση που αναφέρεται στην διαφορά τιμών y για τις Α και Β και για το σκιασμένο διάστημα. Ας δούμε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα.

Μαρία Φ – Πριν:

1. **Γ:** Για πες μου.
2. **Μ:** Παρατήρησα στη γραφική παράσταση.. και είδα ότι.. η καμπύλη Β, οι τιμές αυξάνονται.. με περισσότερη ένταση..

Μαρία Φ – Μετά:

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

1. **Μ:** Λέω ότι το Β έχει το μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολής. Είδα το .. συνολικό- το αρχικό y και το τελικό y και στις δύο καμπύλες..
2. **Γ:** Ναι..
3. **Μ:** Και παρατήρησα ότι στο Β είναι μεγαλύτερη..
4. **Γ:** Η διαφορά;
5. **Μ:** Ναι, η διαφορά.

Σπανιότερα, συναντήσαμε περιπτώσεις φοιτητών που δεν είχαν εγκαταλείψει την απάντηση που βασίζεται στη γεωμετρική συμπεριφορά των καμπύλων, αλλά είναι πιο σαφείς στις παρατηρήσεις που κάνουν βάσει αυτών, τις οποίες μάλιστα συνδυάζουν και με τη μεταβολή Δy στο σκιασμένο διάστημα. Ας δούμε το παράδειγμα της Χριστίνας.

Χριστίνα – Πριν:

1. **Χ:** Νομίζω ότι είναι Δ, Γ, Β, Α. (παύση) Λογικά νομίζω ότι η Β πρέπει να έχει το μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολής.
2. **Γ:** Για ποιο λόγο;
3. **Χ:** Γιατί.. βλέπω ότι.. όπως παρατηρούμε στο σχεδιάγραμμα, ότι είναι.. πιο μεγάλη η καμπύλη που κάνει.. αυξάνει δηλαδή περισσότερο.

Χριστίνα – Μετά:

1. **Χ:** Έχω την εντύπωση ότι είναι η Β.
2. **Γ:** Για ποιο λόγο;
3. **Χ:** Για ποιο λόγο; Γιατί βλέποντας τη γραφική παράσταση – Πρώτα απ' αυτό, βλέπουμε ότι.. η Β ενώ ξεκινάει – απ' το διάστημα 0 ως 5..
4. **Γ:** Ναι..
5. **Χ:** Τείνει.. σχεδόν ας πούμε.. χμμ.. να γίνει ίδια ας πούμε με τον οριζόντιο άξονα x.. Και μετά αυξάνει.. εε.. όχι σταδιακά.. Απότομα ας πούμε.. κατά κάποιο τρόπο. Ενώ η Α είχε ήδη ξεκινήσει με την ίδια (νομίζω) αύξηση από την αρχή..
6. **Γ:** Ναι..
7. **Χ:** Και απλά συνεχίζει.. ...Και έκανα και το άλλο που κάνω εγώ συνέχεια. Έφερα αριθμούς [εννοεί ότι αρίθμησε τους άξονες] και έφερα γραμμές [αναφέρεται σε βοηθητικές γραμμές] και είδα ότι όντως το – η Β έχει ας πούμε μεγαλύτερη διαφορά από την Α..

6.3.2. Κατανόηση Διεπιστημονικών Εννοιών από τη Φυσική και τα Μαθηματικά

Κατά την 2η και 4η συνέντευξη που είχαμε με κάθε φοιτητή, εκτός από τα θέματα και τις έννοιες που μας δόθηκε η ευκαιρία να συζητήσουμε βασισμένοι στο

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ερωτηματολόγιο, προσπαθήσαμε να προσεγγίσουμε την κατανόηση τους για κάποιες έννοιες και εκτός των πλαισίων του ερωτηματολογίου. Οι έννοιες αυτές είναι μεγάλης σημασίας τόσο για τη Φυσική όσο και για τα Μαθηματικά. Είναι έννοιες που η καλή κατανόηση τους είναι κεντρικής σημασίας σε μια διεπιστημονική προσέγγιση στη διδασκαλία.

Επιχειρήσαμε λοιπόν να εξετάσουμε αν η πειραματική μας παρέμβαση, που είχε σχεδιασθεί με γνώμονα την διεπιστημονική προσέγγιση για τα Μαθηματικά και τη Φυσική, είχε επίδραση στον τρόπο που οι φοιτητές κατανοούν τέτοιες έννοιες. Συγκεκριμένα αφιερώσαμε το τελευταίο τμήμα των $2^{ων}$ και $4^{ων}$ συνεντεύξεων στη διερεύνηση τριών θεματικών ενοτήτων: α) Θέση – Ταχύτητα και σχέση μεταξύ τους, β) Συστήματα Συντεταγμένων και η χρήση τους στις δύο επιστήμες, γ) Ο χρόνος ως μεταβλητή με ιδιαιτερότητες. Επιπλέον και προκειμένου να έχουμε ένα ακόμη μέσο επιβεβαίωσης των υπολοίπων αποτελεσμάτων μας, παρουσιάσαμε στους φοιτητές γραφικές παραστάσεις Θέσης – χρόνου και Ταχύτητας – Χρόνου και τους ζητήσαμε να τις συνδέσουν με πιθανές κινήσεις που θα είχαν γραφικές παραστάσεις τέτοιας μορφής.

Παρουσιάζουμε στη συνέχεια τα αποτελέσματα της ανάλυσης των συνεντεύξεων για τα τμήματα εκείνα της διερεύνησης που επιχειρήσαμε, στα οποία ο όγκος και η ποιότητα του υλικού που συγκεντρώσαμε επέτρεπε την εξαγωγή συμπερασμάτων.

6.3.2.1. Θέση

Σχετικά με την έννοια της θέσης ενός αντικειμένου ζητήσαμε από τους φοιτητές να μας πουν ελεύθερα τι καταλαβαίνουν όταν ακούν αυτή τη λέξη. Σκοπός μας ήταν να δούμε κατά πόσο εκτός από την καθημερινή αντίληψη για τη θέση που έχει ο καθένας μας, θα μας παρουσίαζαν την θέση ως έννοια που απασχολεί τη Φυσική και τα Μαθηματικά και που μπορεί μέσω των μεθόδων αυτών των επιστημών να προσδιορισθεί. Στη συνέχεια ζητούσαμε από τους φοιτητές να προσδιορίσουν την θέση ενός αντικειμένου στην αίθουσα. Ως παράδειγμα χρησιμοποιούσαμε είτε μια καρέκλα από τις πολλές που υπήρχαν στο χώρο του εργαστηρίου είτε τη θέση ενός αντικειμένου που βρισκόταν πάνω στο τραπέζι του ερευνητή (στην περίπτωση που η συνέντευξη γινόταν σε βοηθητική αίθουσα, μικρότερη από το εργαστήριο). Στην

περίπτωση που οι φοιτητές επέλεγαν να δώσουν μια περιγραφή που στηριζόταν στις σχετικές αποστάσεις του αντικειμένου που είχαμε επισημάνει με άλλα αντικείμενα του χώρου, τους προτείναμε να απαντήσουν στα πλαίσια ενός «παιχνιδιού»: Να βρουν και να μας δώσουν τη θέση του αντικειμένου, ώστε αδειάζοντας την αίθουσα (ή το τραπέζι αντίστοιχα) να μπορούμε εμείς ως άγνωστοι με το χώρο να το τοποθετήσουμε στην ίδια ακριβώς θέση. Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 9 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.14. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης όπως παρουσιάζεται στο παράρτημα 6.14 είναι τα ακόλουθα:

1. **Μετά την πειραματική παρέμβαση υπήρξε μικρή βελτίωση ως προς την περιγραφή της έννοιας της Θέσης από τους φοιτητές.**

Πριν την πειραματική μας παρέμβαση, η πλειοψηφία των φοιτητών αδυνατούσε να δώσει έναν σωστό περιγραφικό ορισμό για το τι είναι η θέση ενός αντικειμένου. Χαρακτηρίζοντας τον περιγραφικό ορισμό της θέσης ως σωστό, εννοούμε να καλύπτει το βασικό κριτήριο του να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το μονοσήμαντο ορισμό της θέσης ενός αντικειμένου στο χώρο, ώστε οποιοσδήποτε παρατηρητής χρησιμοποιεί αυτόν τον ορισμό να βρίσκει τις ίδιες θέσεις για τα αντικείμενα ενός χώρου. Ένας τέτοιος ορισμός προφανώς πρέπει να αναφέρεται σε κάποιο είδος συστήματος που αποδίδει συντεταγμένες στον χώρο. Πριν την πειραματική παρέμβαση ο ορισμός που δίνει η μεγάλη πλειοψηφία των φοιτητών είναι πως η θέση είναι το σημείο του χώρου στο οποίο βρίσκεται το αντικείμενο. Πρόκειται δηλαδή για έναν ορισμό που περιγράφει την καθημερινή αντίληψη της έννοιας της θέσης και δεν πληροί την προϋπόθεση που αναφέραμε παραπάνω. Μετά την πειραματική μας παρέμβαση παρατηρείται (παράρτημα 6.14) μικρή αύξηση του αριθμού των φοιτητών που έχουν αλλάξει τον αρχικό τους ορισμό προς έναν ορισμό που περιλαμβάνει τη χρήση κάποιου συστήματος συντεταγμένων για την απόδοση της ακριβής θέσης κάποιου αντικειμένου στο χώρο. Ας δούμε δύο χαρακτηριστικά αποσπάσματα διαλόγου.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Δημήτρης – Πριν:

1. **Γ**: Όταν λέμε η θέση ενός αντικειμένου, τι καταλαβαίνεις από αυτό; ... Ενός σώματος ξέρω γω..
2. **Δ**: Ότι έχει κάποια συγκεκριμένη θέση.
3. **Γ**: Εε.. άμα σου ζητήσω να βρεις τη θέση ενός αντικειμένου, πως θα το κάνεις;
4. **Δ**: Να βρω τη θέση... Μου το δείχνεις εσύ;

Δημήτρης – Μετά:

1. **Γ**: Η θέση ενός αντικειμένου, ποια είναι;
2. **Δ**: Η θέση ενός αντικειμένου..
3. **Γ**: Ναι, τι εννοούμε όταν λέμε η θέση..;
4. **Δ**: Αυτή η θέση και σε αυτό το VideoPoint, ε, μα...[η «αγανάκτηση» οφείλεται στο ότι σε κάθε δραστηριότητα που εκτέλεσαν στο VideoPoint υπήρχαν ερωτήματα που αφορούσαν τις θέσεις των αντικειμένων που μελετούσαν]. Όταν λέμε η θέση τι εννοούμε δηλαδή... Ε, σύμφωνα με... με κάποιες συντεταγμένες, ένα σημείο.

Βλέπουμε από την απάντηση του Δημήτρη μετά την πειραματική παρέμβαση πως συνδέει την έννοια της Θέσης με τον τρόπο που αναγκάστηκε να την αντιμετωπίσει στις δραστηριότητες. Έτσι, στον ορισμό του πλέον αναφέρει ότι το σημείο του χώρου που μας δείχνει τη θέση, πρέπει να οριστεί με κάποιες συντεταγμένες. Αντίστοιχη και χαρακτηριστική της βελτίωσης που είχαν και άλλοι φοιτητές είναι και η συμπεριφορά της Μαρίας πριν και μετά την πειραματική παρέμβαση.

Μαρία Φ – Πριν:

1. **Γ**: Όταν λέμε ας πούμε η θέση ενός αντικειμένου. Τι καταλαβαίνεις;
2. **Μ**: Η θέση ενός αντικειμένου; ... Η τοποθεσία που βρίσκεται..

Μαρία Φ – Μετά:

1. **Γ**: Όταν λέμε η θέση ενός αντικειμένου. Τι πιστεύεις ότι εννοούμε;
2. **Μ**: Τις συντεταγμένες.. που έχει;

Αν και είναι προφανές ότι η απάντηση της δείχνει πως δεν είναι σίγουρη για τον τρόπο που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι συντεταγμένες για την απόδοση της θέσης, παρατηρούμε ότι πλέον θεωρεί αρκετά σίγουρο πως πρέπει να συμπεριληφθούν στον ορισμό της παρά αυτή της την έλλειψη βεβαιότητας. Στην πραγματικότητα το παράδειγμα της Μαρίας ξεγελάει προς την κατεύθυνση που περιγράψαμε, κάτι που το αποδίδουμε στον χαρακτήρα της (ήταν ντροπαλή) και το διαψεύδουμε στη συνέχεια στο δεύτερο συμπέρασμά μας παρουσιάζοντας τον υπόλοιπο μας διάλογο μαζί της.

2. Μετά την πειραματική παρέμβαση υπήρξε μικρή βελτίωση ως προς την περιγραφή της διαδικασίας προσδιορισμού της Θέσης ενός πραγματικού αντικειμένου σε πραγματικό χώρο από τους φοιτητές.

Οι προσπάθειες των φοιτητών για τον προσδιορισμό της θέσης ενός πραγματικού αντικειμένου πριν την πειραματική παρέμβαση περιορίζονταν σε πολλούς από αυτούς σε ασαφείς προσδιορισμούς αναφορικά με άλλα αντικείμενα του χώρου. Καλύτερου επιπέδου προσπάθειες αφορούσαν την περιγραφή της θέσης του αντικειμένου σε σχέση με τα φυσικά σύνορα του χώρου στον οποίο βρισκόταν. Δηλαδή, στην περίπτωση της καρέκλας οι αναφορές αυτές ήταν σχετικά με τους τοίχους του δωματίου, ενώ στην περίπτωση του αντικειμένου στην έδρα, οι αναφορές αφορούσαν τις αιχμές της έδρας.

Μετά την πειραματική παρέμβαση παρατηρείται μικρή αύξηση του αριθμού των φοιτητών που χρησιμοποιούν πληρέστερα την έννοια του συστήματος συντεταγμένων για να περιγράψουν τη θέση του αντικειμένου που τους έχουμε ζητήσει. Συγκεκριμένα, σε αυτές τις περιπτώσεις, οι φοιτητές ορίζουν ένα σύστημα συντεταγμένων με συγκεκριμένη αρχή αξόνων και άξονες που έχουν συγκεκριμένη κλίμακα. Ας δούμε το χαρακτηριστικό παράδειγμα της Μαρίας, που αναφέραμε και στο πρώτο μας συμπέρασμα.

Μαρία Φ – Πριν:

1. **Γ**: Ναι.. Άμα θέλω να τη βρω αυτή τη θέση; Π.χ. τη θέση εκείνης της καρέκλας; Πως θα μου τη βρεις;
2. **Μ**: … Δεν ξέρω (γελάει λίγο)
3. **Γ**: Δε σου έρχεται καμία ιδέα; (παύση) Μάλλον όχι..
4. **Μ**: Συντεταγμένες;
5. **Γ**: Θα χρησιμοποιήσεις συντεταγμένες;
6. **Μ**: Μμ..
7. **Γ**: Ποιες;
8. **Μ**: Θα.. – Σύμφωνα με.. Με έναν άξονα x ..y.. και θα.. (γελάει)
9. **Γ**: Ποιον άξονα; Πως θα; Πως;
10. **Μ**: Μέσα στον χώρο αυτόν;
11. **Γ**: Ναι.
12. **Μ**: Δεν ξέρω…
13. **Γ**: Δεν ξέρεις;
14. **Μ**: Όχι..

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Η Μαρία αρχικά δεν έχει κάποιο τρόπο να προσδιορίσει τη θέση της καρέκλας που της ζητάμε. Μετά από λίγη σκέψη έχει την ιδέα να χρησιμοποιήσει κάποιου είδους συντεταγμένες. Αυτό θα απαντούσε στο πρόβλημα που της θέσαμε. Δεν είναι όμως σε θέση να προχωρήσει παραπέρα τη σκέψη της ως προς το πώς θα έπρεπε να οριστούν αυτές οι συντεταγμένες. Ας δούμε την απάντηση της Μαρίας στο ίδιο ερώτημα μετά την πειραματική μας παρέμβαση.

Μαρία Φ – Μετά:

1. **Γ**: Τις συντεταγμένες.. Εε.. ας πούμε αν σου πω να μου δώσεις την θέση της καρέκλας εκείνης, τι θα μου πεις;
2. **Μ**: Θα πρότεινα ένα σύστημα.. αξόνων και θα βρω τις συντεταγμένες.
3. **Γ**: Ποιο σύστημα;
4. **Μ**: x..y.. (γελάμε)
5. **Γ**: Πως; Όρισε το..
6. **Μ**: Πώς να το ορίσω;
7. **Γ**: Πες ότι εγώ θέλω να μου πεις τη θέση της καρέκλας. Να αδειάσουμε μετά όλο το δωμάτιο, να μπω και να βάλω την καρέκλα στην ίδια θέση.
8. **Μ**: ... Ανάλογα που θα είναι η αρχή των αξόνων...;

Σε αντίθεση με την πρόταση που είχαμε συναντήσει τόσο συχνά πριν την πειραματική παρέμβαση, αυτή του ορισμού ενός συστήματος συντεταγμένων στο οποίο δεν δινόταν σημασία στο που βρίσκεται η αρχή, βλέπουμε εδώ πως είναι το πρώτο μέλημα της Μαρίας στην αντίστοιχη πορεία. Ανάλογη είναι η απάντηση όσων έχουν επιδείξει βελτίωση στο ζήτημα του προσδιορισμού της θέσης. Λύνουμε το πρόβλημα της Μαρίας δίνοντας της την ελευθερία να διαλέξει η ίδια την αρχή του συστήματος που θα χρησιμοποιήσει.

9. **Γ**: Που θα την έπαιρνες; ... Την αρχή των αξόνων πως θα την έπαιρνες;
10. **Μ**: Εε... από δεξιά της καρέκλας... [δείχνει]
11. **Γ**: Στο ψυγείο; Που;
12. **Μ**: Ναι, από εκεί, από αυτή τη γωνία.
13. **Γ**: Στη γωνία του δωματίου..
14. **Μ**: Μμ..

Η αρχική της πρόταση να ορίσει την αρχή του συστήματος συντεταγμένων που θα χρησιμοποιήσει «δεξιά» από την καρέκλα μας έκανε προς στιγμή να αμφιβάλλουμε για το αν υπήρξε πραγματικά βελτίωση ή αν θα ακούσουμε ως απάντηση πάλι κάποιο γενικόλογο προσδιορισμό σχετικό με τα αντικείμενα του

χώρου. Προτείνουμε λοιπόν ως παγίδα το ψυγείο που βρισκόταν σε εκείνη τη θέση και διαψεύδονται οι φόβοι μας όταν η Μαρία απορρίπτει την πρόταση μας (η αποδοχή της οποίας θα αποτελούσε για αυτήν την εύκολη επιλογή). Αντίθετα, προτείνει η ίδια ένα σημείο, τη γωνία του δωματίου, το οποίο δεν έχει έκταση, είναι ακλόνητο και δεν αποτελεί άλλο φυσικό αντικείμενο. Ας δούμε και την ολοκλήρωση της απάντησής της.

15. **Γ**: Μμ.. Και μετά τι θα έκανες;
16. **Μ**: Θα αρίθμιζα....
17. **Γ**: Πως θα ήταν οι άξονες σου;
18. **Μ**: Εε.... Χ...
19. **Γ**: Ο ένας τοίχος;
20. **Μ**: Ναι.. γ ο άλλος τοίχος..
21. **Γ**: Θα αριθμούσες εκεί πέρα και θα έβρισκες...

Αφού έχει ορίσει την αρχή των αξόνων, προχωράει στο να μας περιγράψει τον προσανατολισμό των αξόνων (παράλληλοι με τους τοίχους του δωματίου) και την κλίμακα τους (αριθμώντας τους). Συνοψίζοντας, η απάντηση που δίνει η Μαρία μετά την πειραματική παρέμβαση υπό αυστηρά επιστημονικά κριτική σκοπιά θα μπορούσε να είναι καλύτερα διατυπωμένη. Συγκρίνοντας την όμως με την απάντηση που είχε δώσει πριν την πειραματική παρέμβαση γίνεται φανερό το είδος της αλλαγής που έχει επέλθει και είναι χαρακτηριστικό και άλλων περιπτώσεων φοιτητών.

6.3.2.2. Ταχύτητα

Κατά τη διάρκεια της $2^{ης}$ και $4^{ης}$ συνάντησης, οι φοιτητές ρωτήθηκαν πως καταλαβαίνουν την έννοια της ταχύτητας και τους ζητήθηκε να δώσουν έναν ορισμό του τι είναι ταχύτητα σύμφωνα την προσωπική τους κατανόηση. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα κάποιο αντικείμενο που βρισκόταν στην αίθουσα (συνήθως μια καρέκλα ή μία γόμα, όπως στην προηγούμενη ενότητα για την έννοια της θέσης) ή ένα αυτοκίνητο που θα έβλεπαν να κινείται από το παράθυρο, τους ζητήθηκε να περιγράψουν τον τρόπο που θα έβρισκαν την ταχύτητα του κινούμενου αντικειμένου. Σκοπός μας ήταν ο εντοπισμός των διαφορών πριν και μετά την πειραματική παρέμβαση όσον αφορά την εννοιολογική και την διαδικαστική κατανόηση της. Η εννοιολογική κατανόηση εκφράζεται κατά κύριο λόγο από τον

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

προσωπικό ορισμό της ταχύτητας που δίνουν οι φοιτητές και η διαδικαστική κατανόηση από τον τρόπο που θα υπολόγιζαν την ταχύτητα ενός συγκεκριμένου κινούμενου αντικειμένου.

Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 12 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.15. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης όπως παρουσιάζεται στο παράρτημα 6.15 είναι τα ακόλουθα:

1. **Μετά την πειραματική παρέμβαση υπάρχει μικρή βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης της έννοιας της ταχύτητας.**

Η έννοια της ταχύτητας, αν και τόσο καθημερινή, είναι δύσκολο να οριστεί. Η ταχύτητα εκφράζει τον τρόπο που μεταβάλλεται η θέση ενός αντικειμένου σε συνάρτηση με το χρόνο. Αυτό, όμως, γίνεται σαφές μόνο όταν χρησιμοποιηθούν όροι που αναφέρονται ξεχωριστά στις μεταβλητές της θέσης (ή της απόστασης που είναι η διαφορά μιας θέσης από μια άλλη) και του χρόνου και συνδεθούν αυτές οι δύο μεταξύ τους.

Οι όροι που χρησιμοποιούν οι φοιτητές πριν την πειραματική παρέμβαση προέρχονται από την παρατήρηση της καθημερινότητας και οδηγούν σε μια ταυτολογία σχετικά με την ταχύτητα και το πόσο γρήγορα κινείται ένα αντικείμενο. Μετά την πειραματική παρέμβαση υπάρχει ένας μικρός αριθμός φοιτητών που ξεπερνάει αυτή την προσέγγιση και καταφέρνει να χρησιμοποιήσει ορολογία που αναφέρεται στα μεγέθη που υπεισέρχονται στον ορισμό της ταχύτητας (μεταβολή θέσης και χρόνος), καθώς και στον τρόπο που αυτά σχετίζονται. Η αλλαγή αυτή αποτελεί απόδειξη της βελτίωσης της εννοιολογικής κατανόησης της ταχύτητας. Ας δούμε δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα.

Δημήτρης – Πριν:

1. **Γ**: Όταν λέμε η ταχύτητα ενός αντικειμένου;
2. **Δ**: (μπερδεμένο – άνευ σημασίας)
3. **Γ**: Ναι, τι καταλαβαίνεις και πως θα την βρεις;
4. **Δ**: Πόσο γρήγορα… ή αργά ξέρω γω κινείται ένα αντικείμενο.

Δημήτρης – Μετά:

1. **Γ**: Η ταχύτητα ενός αντικειμένου, τι είναι;
2. **Δ**: … Ένα φυσικό μέγεθος (γελάει)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

3. **Γ**: Το οποίο δε θυμάσαι..
4. **Δ**: … Το οποίο μας δείχνει πόσο μεταβάλλεται… πόσο γρήγορα ή όχι μεταβάλλεται σε σχέση με το χρόνο;
5. **Γ**: Όταν λες μεταβάλλεται, τι εννοείς;
6. **Δ**: Εε.. μεταβάλλεται.. μεταβάλλεται.. από τη θέση που βρισκότανε σε οποιαδήποτε θέση.

Βλέπουμε ότι ο Δημήτρης μετά την πειραματική παρέμβαση ορίζει πλέον την ταχύτητα ως το χρονικό ρυθμό μεταβολής κάποιου μεγέθους. Στην διευκρινιστική μας ερώτηση, μας απαντά πως το μέγεθος αυτό είναι η θέση. Ας δούμε και μια ακόμη περίπτωση που η απάντηση είναι πιο ξεκάθαρη. Την περίπτωση της Βούλας.

Βούλα – Πριν:

1. **Γ**: Και όταν λέμε η ταχύτητα ενός αντικειμένου;
2. **Β**: Εε… πόσο διάστημα διανύει κάποιο χρονικό… σε πόσο χρόνο διανύει κάποιο διάστημα;

Η απάντηση της Βούλας πριν την πειραματική παρέμβαση δεν είναι λανθασμένη. Αναφέρεται και στα δύο μεγέθη τα οποία συνδυάζονται για να βρούμε την ταχύτητα και στον τρόπο που πρέπει να γίνει ο συνδυασμός. Η περιγραφή όμως που δίνει έχει τη μορφή οδηγιών για τον υπολογισμό της ταχύτητας και συνδέεται με την διαδικαστική κατανόηση της και όχι με την εννοιολογική. Η διαφορά μεταξύ των δύο γίνεται φανερή από τον τρόπο που απαντά μετά την πειραματική παρέμβαση.

Βούλα – Μετά:

1. **Γ**:. Και η ταχύτητα ενός αντικειμένου;
2. **Β**: .. Η ταχύτητα της θέσης που.. που παίρνει, με βάση το χρόνο. ..Δηλαδή τόσο αλλάζει η θέση, τόσο περνάει ο χρόνος.

Εδώ είναι σαφές ότι η περιγραφή της Βούλας προέρχεται από μια καλή εννοιολογική κατανόηση της ταχύτητας, καθώς μας περιγράφει την ταχύτητα ως την μεταβολή της θέσης συναρτήσει του χρόνου, δίνοντας έμφαση στον ρόλο της μεταβολής της θέσης ως η εξαρτημένη μεταβλητή.

2. Μετά την πειραματική παρέμβαση υπάρχει μικρή βελτίωση της διαδικαστικής κατανόησης της έννοιας της ταχύτητας.

Η διαδικαστική κατανόηση της ταχύτητας, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, αφορά την ερμηνεία της ταχύτητας ως μια διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί ώστε να υπολογισθεί η τιμή της. Να σημειώσουμε ότι ο διαχωρισμός αυτός δεν μπορεί να γίνει με απόλυτο τρόπο, καθώς κατά την διατύπωση από τους φοιτητές του

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

τρόπου συλλογισμού για το πώς μπορεί να προσδιορίζεται η ταχύτητα υπεισέρχεται και η εννοιολογική κατανόηση. Η διαδικαστική κατανόηση στην παραπάνω διαδικασία αφορά κυρίως τον τρόπο εφαρμογής οδηγιών για τον προσδιορισμό της ταχύτητας και όχι την ανακάλυψη του σχετικού αλγορίθμου. Αυτού του είδους η κατανόηση εξετάστηκε ζητώντας από τους φοιτητές να υπολογίσουν την ταχύτητα ενός κινούμενου αντικειμένου σε ένα υποθετικό σενάριο. Μετά την πειραματική παρέμβαση έχει αυξηθεί ο αριθμός των φοιτητών που στην απάντηση τους δίνουν καλύτερες ή καλύτερα διατυπωμένες στρατηγικές για τον προσδιορισμό της ταχύτητας, επιδεικνύοντας έτσι βελτιωμένη διαδικαστική κατανόηση. Ας δούμε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα.

Βάια – Πριν:

1. **Γ:** Μάλιστα. Αν πάρω την καρέκλα και την σπρώξω εδώ μέσα και σου ζητήσω να μου βρεις την ταχύτητα της, τι θα έκανες;
2. **Β:** .... Μμ.. τι θα έκανα.. τώρα δε θυμάμαι τους τύπους.. Νομίζω ότι το διάστημα προς τό χρόνο.. κάτι.. δε ξέρω..
3. **Γ:** Αν η καρέκλα σου είναι πιο δύσκολο, ένα αυτοκίνητο περνάει απ' έξω, το βλέπουμε-
4. **Β:** Δε θυμάμαι τον τύπο.
5. **Γ:** Θες ένα τύπο για να το κάνεις..
6. **Β:** Μμ

Η περίπτωση της Βάιας είναι χαρακτηριστική μιας μερίδας των φοιτητών που έδειχναν προσηλωμένοι στην αντιμετώπιση κάθε διαδικασίας με κάποιο μαθηματικό τύπο. Η αδυναμία της για την προσπάθεια εύρεσης εναλλακτικής απάντησης δείχνει την κακή της διαδικαστική κατανόηση για την ταχύτητα. Ας δούμε την απάντηση της μετά την πειραματική παρέμβαση.

Βάια – Μετά:

1. **Γ:** Ωραία. Αν θέλουμε να είμαστε συγκεκριμένοι.. και σου πω ποια είναι η ταχύτητα του αναπτήρα (σπρώχνω έναν αναπτήρα στο τραπέζι); Τι θα κάνεις για να την βρεις;
2. **Β:** Θα διαιρέσω το διάστημα που.. διανύει, προς τον χρόνο που χρειάζεται.

1. Βλέπουμε μετά την πειραματική παρέμβαση πως η απάντηση της περιγράφει τη σωστή διαδικασία για τον υπολογισμό της ταχύτητας. Το επιχείρημα που θα μπορούσε να θέσει κανείς πως απλώς η Βάια κάπου διάβασε τον τύπο που δεν θυμόταν και τον εφαρμόζει για να μας απαντήσει, δεν ευσταθεί, καθώς

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

δεν κάνει καμία αναφορά σε κάποιον τύπο, ούτε καν σε σύμβολο. Αντιθέτως, δίνει την απάντηση της αναφερόμενη μονάχα σε φυσικά μεγέθη.

6.3.2.3. Σχέση Θέσης – Ταχύτητας

Σε συνέχεια των ερωτημάτων για τη διερεύνηση της κατανόησης των εννοιών της θέσης και της ταχύτητας, ακολουθούσαν κάποια ερωτήματα για τη σχέση μεταξύ αυτών των δύο μεγεθών. Ζητούσαμε από τους φοιτητές να μας περιγράψουν την όποια σχέση πιστεύουν ότι υπάρχει μεταξύ της θέσης και της ταχύτητας ενός αντικειμένου, χρησιμοποιώντας τους προηγούμενους περιγραφικούς ορισμούς που οι ίδιοι είχαν δώσει. Η επιθυμητή απάντηση σε αυτό μας το ερώτημα θα ήταν πως η ταχύτητα αποτελεί τον ρυθμό μεταβολής της θέσης στο χρόνο.

Επιπλέον, θέταμε δύο ακόμη ερωτήματα προς συζήτηση στους φοιτητές. Αν θα μπορούσαν γνωρίζοντας πληροφορίες για τη θέση κάποιου αντικειμένου ανά πάσα στιγμή να βρουν πληροφορίες για την ταχύτητα του και το αντίστροφο ερώτημα. Στην περίπτωση που απαντούσαν θετικά, η συζήτηση προχωρούσε διερευνώντας τους τρόπους και τις στρατηγικές που έχουν για να καταφέρουν έναν τέτοιο υπολογισμό.

Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 18 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.16. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης όπως παρουσιάζεται στο παράρτημα 6.16 είναι τα ακόλουθα:

1. **Μετά την πειραματική παρέμβαση περισσότεροι φοιτητές πιστεύουν πως γνωρίζοντας το ένα από τα δύο μεγέθη μπορούμε εν γένει να υπολογίσουμε το άλλο. Σε μικρό βαθμό μάλιστα βελτιώνονται ή εμφανίζονται εκεί που δεν υπήρχαν οι στρατηγικές για τον υπολογισμό του ενός μεγέθους αν γνωρίζουμε το άλλο (και τον χρόνο).**

Μετά την πειραματική μας παρέμβαση έχει αυξηθεί ο αριθμός των φοιτητών που απαντούσαν καταφατικά στα ερωτήματα σχετικά με τη δυνατότητα υπολογισμού της θέσης ή της ταχύτητας ενός αντικειμένου που κινείται όταν δίνεται ως δεδομένο το ένα από τα δύο μεγέθη και ο χρόνος. Αυτό δείχνει πως οι φοιτητές έχουν καταλάβει τουλάχιστον πως τα δύο μεγέθη συνδέονται με κάποια σχέση και εφόσον γνωρίζουμε την έκφραση της σχέσης αυτής μπορούμε και να προχωρήσουμε σε

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

υπολογισμούς. Οι συγκεκριμένες στρατηγικές που προτείνουν για να κάνουμε αυτούς τους υπολογισμούς βασίζονται στον συνδυασμό των μετρήσεων για τη θέση και των τιμών του χρόνου. Οι εκφράσεις που διατυπώνονται για τις τιμές της θέσης άλλες φορές σχετίζονται με τις συντεταγμένες, ενώ σε άλλες αναφέρονται στην απόσταση, χωρίς να δηλώνουν ρητώς ότι απόσταση είναι διαφορά δύο θέσεων. Μετά την πειραματική παρέμβαση εμφανίζεται αυξημένος ο αριθμός των φοιτητών που διαθέτουν τέτοιες στρατηγικές.. Οι στρατηγικές τους διατυπώνονται με μεγαλύτερη σαφήνεια και πιο συγκεκριμένα, καθώς και η ορολογία που χρησιμοποιούν είναι πιο κοντά στην επιστημονική.

Στο συγκεκριμένο συμπέρασμα δεν υπάρχουν ενδεικτικά αποσπάσματα κειμένου, καθώς οι παρατηρήσεις που προέκυψαν από την ανάλυση και αναφέρουμε εστιάζονται σε περιορισμένες και συγκεκριμένες εκφράσεις. Επίσης, η εικόνα που περιγράφουμε είναι αυτή που απορρέει συνολικά από τη μελέτη των απομαγνητοφωνημένων κειμένων και όχι αποκλειστικά από συγκεκριμένους φοιτητές όταν αντιπαραθέτουμε τις αρχικές και τελικές τους απόψεις.

2. Μετά την πειραματική παρέμβαση έχει υποχωρήσει η λανθασμένη κατανόηση για την θέση που είχε εμφανιστεί σε λίγες περιπτώσεις πριν την πειραματική παρέμβαση.

Υπήρχε ένας μικρός αριθμός φοιτητών που πριν την πειραματική μας παρέμβαση είχε παρανοήσεις σχετικά με την έννοια της μεταβλητής «θέση» οι οποίες όμως υποχώρησαν στο τέλος της διαδικασίας. Συγκεκριμένα οι παρανοήσεις εκφράστηκαν με δύο τρόπους. Στην πρώτη περίπτωση από τον «όρο» θέση οι φοιτητές καταλάβαιναν την χωρική θέση ενός αντικειμένου αναφορικά με το φυσικό περιβάλλον του και με έμφαση στις εν δυνάμει δυσκολίες κίνησης στο εκάστοτε περιβάλλον. Ας δούμε δύο παραδείγματα του πως εκφράζεται αυτή η αντίληψη για τη μεταβλητή «θέση»:

Δημήτρης – Πριν:

1. **Γ**: Η ταχύτητα σχετίζεται με αυτό που είπαμε πριν, με τη θέση;
2. **Δ**: Με τη θέση που βρίσκεσαι;
3. **Γ**: Ναι.
4. **Δ**: Φαντάζομαι πως ναι.
5. **Γ**: Πως σχετίζεται η ταχύτητα με τη θέση;

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

6. Δ: Τώρα έτσι, τελείως υποθετικά που μου το λες, θα σου πω αν είμαι ένας ο οποίος – ε, αθλητής, ο οποίος τρέχει σε ένα βουνό και ένας άλλος ο οποίος τρέχει σε μία πεδιάδα.. ε πιο γρήγορα φαντάζομαι θα τρέξει ο... -
7. Γ: Ας πούμε ότι είναι.. ένας αθλητής που τρέχει σε ένα δρόμο. Η θέση του με την ταχύτητα του; Σχετίζονται; Αν ναι, πως;
8. Δ: Σε ένα δρόμο;
9. Γ: Ναι, σε ένα στίβο.
10. Δ: ... Αν είναι ευθεία, θα σχετίζονται.. Αα.. όχι, όχι, με την ταχύτητα του είπες; Δεν σχετίζονται. Όχι. Με το χρόνο σχετίζονται, με την ταχύτητα όχι.
11. Γ: Μμ... Τι εννοείς;
12. Δ: Σε ένα γήπεδο το οποίο είναι κυκλικό, αν είναι από τη μέσα πλευρά θα κάνει λιγότερο χρόνο από κάποιον ο οποίος είναι..
13. Γ: ..εξωτερική;
14. Δ: Εξωτερική. Καλά, αυτό είναι ανάλογα κιόλας το πόσο τρέχει ο καθένας. Αλλά λογικά, με ίδια ταχύτητα, θα κάνει μικρότερο χρόνο.

Και το παράδειγμα της αντίληψης της Χριστίνας:

Χριστίνα – Πριν:

1. Γ: ... Η ταχύτητα ... με τη .. θέση.. σχετίζονται κάπως;
2. Χ: Η ταχύτητα με τη θέση; (παύση) Ναι, λογικά πρέπει να σχετίζονται.
3. Γ: Πως; Δηλαδή; .... Αν έχω πληροφορίες για την ταχύτητα ενός αντικειμένου, μπορώ να έχω πληροφορίες και για τη θέση του;
4. Χ: ... Όχι, άρα μπορεί-
5. Γ: Το αντίστροφο; Αν έχω πληροφορίες για τη θέση ενός αντικειμένου, μπορώ να έχω πληροφορίες για την ταχύτητα του;
6. Χ: ....χμμ.... Ίσως και να μπορείς.. Δηλαδή, στο δρόμο ας πούμε.. Αναλόγως άμα πούμε ότι ένα αυτοκίνητο.. στο τάδε σημείο ας πούμε.. τρέχει πολύ περισσότερο από ότι σε κάποιο άλλο, θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι στο σημείο που τρέχει μπορεί να είναι ευθεία ο δρόμος, ενώ στο σημείο που η ταχύτητα μειώνεται, να είναι σε κάποια στροφή.

Η δεύτερη περίπτωση κακής κατανόησης της «θέσης» που υποχώρησε μετά την πειραματική παρέμβαση σχετίζεται με την αντίληψη της έννοιας της θέσης ως μεταβλητή που εν γένει εξαρτάται από τον χρόνο. Κάποιοι φοιτητές διατύπωσαν αρχικά την πρόταση πως η θέση μπορεί να μετρηθεί μόνο όταν το σώμα που μελετούμε είναι ακίνητο. Ας δούμε ένα παράδειγμα.

Ανθή – Πριν:

1. Γ: Η ταχύτητα μου είπες είναι ο ρυθμός με τον οποίο κινείται.
2. Α: Μμ..

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

3. **Γ: Και η θέση είναι το που βρίσκεται σε δύο άξονες..**
4. **Α: Μμ..**
5. **Γ: Αυτά τα δύο μεταξύ τους, έχουν κάποια σχέση;**
6. **Α: ... Ε, λογικά για τη θέση του, μπορούμε να το πούμε όταν είναι.. κάπου σταθερά. Δηλαδή είναι κάπου στάσιμα. Τώρα αν κινείται δε μπορούμε να πούμε.. Θα βρίσκουμε ότι θα αλλάζει η θέση του, συνέχεια. Εάν έχει ταχύτητα και κινείται.. Αν η ταχύτητα του είναι μηδέν, τότε μπορούμε να.. βρούμε τις συντεταγμένες του στο χώρο.**
7. **Γ: Μμ. Αν η ταχύτητα του δεν είναι μηδέν, μπορούμε να βρούμε την θέση του;**
8. **Α: ...μμμ.. Λογικά όταν δεν έχει ταχύτητα μπορούμε να την βρούμε. Καλά μπορούμε να τη βρούμε! (νομίζω) .. Τώρα δε ξέρω...**

Αυτό που στην πραγματικότητα δυσκολεύει την Ανθή και τους υπόλοιπους φοιτητές που είχαν αυτό το πρόβλημα είναι η κατανόηση της θέσης ως μεταβλητή που εν γένει αλλάζει με τον χρόνο. Η δυσκολία αυτή συνδέεται κατά τη γνώμη μας με την πρώτη μας παρατήρηση για το συμπέρασμα αυτό. Η ερμηνεία δηλαδή της θέσης ως χωρική τοποθέτηση αναφερόμενη στον περιβάλλοντα χώρο, συνδέεται με την στατική θεώρηση της τοποθέτησης του αντικειμένου που μελετούμε. Κατ' επέκταση η «θέση» για αυτούς τους φοιτητές είναι ένα μέγεθος που δεν έχει νόημα να μετριέται και να αναφέρεται όταν το υπό μελέτη αντικείμενο δεν είναι στάσιμο.

Ας δούμε ακόμη ένα παράδειγμα και πως άλλαξε η συμπεριφορά της συγκεκριμένης φοιτήτριας μετά τις δραστηριότητες όπου έχει πλέον μια ενισχυμένη κατανόηση για τη μεταβλητή θέση.

Βάια – Πριν:

1. **Γ: Η ταχύτητα με τη θέση σχετίζονται;**
2. **Β: ... Η ταχύτητα με τη θέση; ....Ε η θέση είναι- δε κινείται. Είναι συγκεκριμένη. Είναι σταθερό.**

Βάια – Μετά:

1. **Γ: Μεταξύ τους υπάρχει κάποια σύνδεση; [μεταξύ θέσης και ταχύτητας]**
2. **Β: (παύση) Λογικά κάτι πρέπει να υπάρχει αλλά δε ξέρω.**
3. **Γ: Μμ.. αν ξέρω την ταχύτητα ενός αντικειμένου, μπορώ να βρίσκω τις θέσεις του;**
4. **Β: Ναι**
5. **Γ: Πως;**
6. **Β: (παύση) Υπολογίζουμε κάθε φορά σε ποια θέση βρίσκεται**
7. **Γ: Πως το κάνουμε αυτό;**
8. **Β: Με τις συντεταγμένες..**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Ας εστιάσουμε στις τελευταίες δύο προτάσεις της Βάιας. «*Υπολογίζουμε <u>κάθε φορά</u> σε ποια θέση βρίσκεται*» και «*Με τις συντεταγμένες*». Παρατηρούμε πως η νέα κατανόηση που έχει προκύψει για τη θέση ως χρονικά μεταβαλλόμενο μέγεθος εκφράζεται από τη φράση <u>*κάθε φορά*</u> και πως η θέση πλέον νοείται ως η τοποθέτηση του αντικειμένου αναφορικά με κάποιο σύστημα συντεταγμένων. Τα παραπάνω επαληθεύονται και ενισχύονται στη συνέχεια του διαλόγου.

9. **Γ:** Δηλαδή; Σου λέω εγώ ότι ο αναπτήρας κινείται με 3 χαω.
10. **Β:** Ναι. Θα ξέρω ότι.. σε μία ώρα έχει διανύσει 3 χιλιόμετρα.
11. **Γ:** ..Και θα ξέρεις σε ποια θέση βρίσκεται;
12. **Β:** ...Ε ναι
13. **Γ:** Μάλιστα.. Το αντίστροφο ισχύει; Αν ξέρω τις θέσεις ενός αντικειμένου ανά πάσα στιγμή, μπορώ να ξέρω την ταχύτητα του;
14. **Β:** Ναι.. Γνωρίζουμε τον ρυθμό με τον οποίο αλλ- αλλάζει η θέση,
15. **Γ:** (μπερδεμένο)
16. **Β:** Πως μπορούμε να βρούμε την ταχύτητα;
17. **Γ:** Ναι
18. **Β:** Ε μπορούμε να ορίσουμε τα διαστήματα που αλλάζει θέσεις..
19. **Γ:** Ναι.
20. **Β:** Και τον χρόνο – αν έχουμε και τον χρόνο και να υπολογίσουμε την ταχύτητα.

3. Μετά την πειραματική παρέμβαση υπάρχει μικρή αύξηση του αριθμού των φοιτητών που πιστεύουν πως θέση και ταχύτητα συνδέονται με κάποια σχέση που έχει συγκεκριμένη φορά.

Αν και μικρός, παρόλα αυτά υπήρξε ένας αριθμός φοιτητών που μετά την πειραματική παρέμβαση παρουσιάζεται να καταλήγει πως η σχέση μεταξύ των μεγεθών της θέσης και της ταχύτητας έχει κάποια συγκεκριμένη φορά. Δηλαδή, μικρές τιμές για τη θέση, συνεπάγονται μικρές τιμές και για την ταχύτητα και ανάλογες εκφράσεις. Το συμπέρασμα αυτό δεν έχει πάντα ακριβώς τέτοια μορφή και μάλιστα σε μερικές περιπτώσεις μοιάζει να προέρχεται από σωστή κατανόηση. Συγκεκριμένα παρουσιάστηκαν και περιπτώσεις όπου είχαν συλλάβει την έννοια της ταχύτητας ως ρυθμού μεταβολής της θέσης, αλλά δεν μπορούσαν να διακρίνουν καλά μεταξύ τους τις έννοιες της απόστασης και της θέσης. Σαν αποτέλεσμα, αντί να διατυπώνουν (έστω και περιγραφικά) την πρόταση πως όταν η ταχύτητα είναι μικρή τότε και οι αποστάσεις θα είναι μικρές, μπερδεύονταν και έλεγαν πως όταν η

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ταχύτητα είναι μικρή τότε θα είναι μικρή και η τιμή της θέσης ή παρόμοιες προτάσεις.

Η βελτίωση δηλαδή της εννοιολογικής κατανόησης της ταχύτητας ως ρυθμού μεταβολής της θέσης του κινητού, λόγω της σύγχυσης της έννοιας της θέσης με της απόστασης (δηλαδή τη μεταβολή της θέσης), οδηγεί σε αυτή την παρανόηση. Ας δούμε ένα τέτοιο παράδειγμα απομαγνητοφωνημένου κειμένου.

Χριστίνα – Μετά:

1. **Γ: Η ταχύτητα με τη θέση σχετίζονται;**
2. **Χ: Λοιπόν. Από ότι θυμάμαι, την άλλη φορά είπα μάλλον ότι δε σχετίζονται.. Αλλά από ότι (γελώντας λίγο) είδα στα προγράμματα που κάναμε, μάλλον σχετίζεται.**
3. **Γ: Με ποιο τρόπο δηλαδή;**
4. **Χ: Τώρα με ποιο τρόπο σχετίζονται (γελάει λίγο) Απλά.. απ' ότι θυμάμαι το παράδειγμα με τα** δύο αυτοκίνητα..
5. **Γ: Ναι.**
6. **Χ: Τα οποία ήταν – Το ένα ερχόταν από αριστερά και το άλλο από δεξιά..**
7. **Γ: Ναι..**
8. **Χ: Τα οποία είχαν τελείως διαφορετικές θέσεις..**
9. **Γ: Ναι.**
10. **Χ: Μεταξύ τους.. Εε.. η ταχύτητα τους ήταν διαφορετική.**
11. **Γ: Ναι.**
12. **Χ: Οπότε γενικά μπορούμε να πούμε ότι μάλλον είναι αντιστρόφως ανάλογη; Κάπως έτσι ας πούμε.. φαντάζομαι ότι.. Όχι αντιστρόφως ανάλογη. Ότι ανάλογα τη θέση που έχει κάθε αντικείμενο, έχει και ανάλογη ταχύτητα.**
13. **Γ: Χμμ.. Δηλαδή αν έχει μεγάλη θέση ας πούμε θα έχει μεγάλη ταχύτητα;**
14. **Χ: χχμμ.... Κάπως έτσι. Δηλαδή το αυτοκίνητο το οποίο ξεκινούσε εκείνη τη στιγμή..**
15. **Γ: Ναι..**
16. **Χ: Στην αρχή είχε μικρότερη ταχύτητα και ύστερα.. υπήρχε αύξηση αυτής.**
17. **Γ: Ναι.**
18. **Χ: Ενώ στο αυτοκίνητο το άλλο που ερχόταν από αριστερά, είχε ήδη ταχύτητα μεγάλη..**

6.3.2.4. Σύστημα Αξόνων, Συντεταγμένων, Αναφοράς

Κατά τη διάρκεια της μαθητικής αλλά και της φοιτητικής ζωής υπάρχει ασάφεια στον ορισμό και διαχωρισμό των παραπάνω εννοιών. Η ασάφεια αυτή δεν αντιμετωπίζεται, διότι ο διαχωρισμός των παραπάνω εννοιών από μόνος του δεν εξυπηρετεί κάποια σημαντική σκοπιμότητα. Αποτέλεσμα όμως της σύγχυσης των

όρων αυτών οδηγεί σε περαιτέρω προβλήματα, κάποια από τα οποία αναλύονται ξεχωριστά σε επόμενη ενότητα (6.3.2.7).

Θα προσπαθήσουμε σε αυτό το σημείο να επισημάνουμε τις διαφορές των τριών όρων όπως πιστεύουμε ότι το εκπαιδευτικό σύστημα θα ήθελε να τις επισημαίνουν οι ίδιοι οι μαθητές, παρότι δεν γίνεται κάποια συγκεκριμένη και σαφής προσπάθεια για αυτό τον σκοπό. Οι παρακάτω διατυπώσεις που θα δώσουμε δεν ταυτίζονται με τους αυστηρούς ορισμούς για τους παραπάνω όρους, αλλά έχουν τον σκοπό να παρουσιάσουν την προσδοκώμενη βέλτιστη κατανόηση τους από τα υποκείμενα της έρευνας. Ξεκινώντας από το γενικότερο όλων και από την σκοπιά που ένας δάσκαλος Μαθηματικών θα τα περιέγραφε, ως Σύστημα Αξόνων, εννοούμε δύο άξονες που τέμνονται (συνήθως) κάθετα μεταξύ τους και κάθε άξονας μπορεί να παριστάνει αριθμητικές τιμές. Το σημείο τομής των δύο αξόνων ονομάζεται «αρχή του συστήματος» και εκεί η τιμή και για τους δύο άξονες είναι μηδέν. Στο Σύστημα Αξόνων ορίζουμε συνήθως μία κλίμακα για κάθε άξονα και έτσι περνάμε στην έννοια του Συστήματος Συντεταγμένων, αφού πλέον το κατασκεύασμα μας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απόδοση συντεταγμένων σε οποιοδήποτε σημείο ανήκει στο επίπεδο που ορίζουν οι δύο άξονες. Το σύστημα αυτό, εκτός από την απόδοση συντεταγμένων στο χώρο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τον σχεδιασμό και τη μελέτη γεωμετρικών σχημάτων. Αν συμφωνηθεί ότι ο κάθε άξονας θα παριστάνει τιμές κάποιου μεγέθους, τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το παραπάνω κατασκεύασμα για τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων που δείχνουν πως μεταβάλλονται αυτά τα μεγέθη το ένα συναρτήσει του άλλου.

Από την άλλη, ένας δάσκαλος Φυσικής όταν λέει συντεταγμένες, κατά κύριο λόγο αναφέρεται στις χωρικές συντεταγμένες κάποιου φυσικού αντικειμένου. Στην θέση δηλαδή που καταλαμβάνει στον χώρο, όπως αυτή μετριέται με το σύστημα συντεταγμένων που περιγράφηκε παραπάνω. Όταν θέλει να αναφερθεί στις γραφικές παραστάσεις, συνήθως χρησιμοποιεί τον όρο «Σύστημα Αξόνων» για να δηλώσει ότι οι συντεταγμένες των σημείων του επιπέδου που ορίζουν οι δύο άξονες, αντιστοιχούν σε κάποιο φυσικό μέγεθος, διαφορετικό από τη φυσική θέση κάποιου αντικειμένου. Για να γίνει το παραπάνω πιο σαφές[30] οι φυσικοί χρησιμοποιούν επιπλέον από τους μαθηματικούς και τον όρο «Σύστημα Αναφοράς». Με τον όρο αυτό εννοούν ένα

[30] Αλλά και για σκοπούς που αφορούν τη μελέτη της σχετικότητας της κίνησης και ξεφεύγουν από τους σκοπούς της δικής μας μελέτης.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιείται για να μετράει τις θέσεις των αντικειμένων στον χώρο, στην αρχή του οποίου βρίσκεται κάποιος παρατηρητής που εκτελεί αυτές τις μετρήσεις (και είναι και εφοδιασμένος με ένα χρονόμετρο για τη μέτρηση του χρόνου).

Τα παραπάνω δημιουργούν μια δυσάρεστη σύγχυση στους μαθητές, η οποία επιβεβαιώθηκε από την έρευνα μας. Ο ελλιπής διαχωρισμός των όρων αυτών δημιουργεί προβλήματα, όταν κατά τη μελέτη της κίνησης τίθεται το ζήτημα του ρόλου του παρατηρητή και πως η κίνηση μπορεί να αναπαρασταθεί διαφορετικά αν την μελετούσε κάποιος παρατηρητής που βρίσκεται σε άλλη θέση, αν δηλαδή την παρατηρήσουμε από δύο διαφορετικά συστήματα αναφοράς. Εκεί η σύγχυση μεταξύ του συστήματος αναφοράς και του συστήματος αξόνων μιας γραφικής παράστασης είναι σοβαρό εμπόδιο και οι φοιτητές δεν φαίνεται να διαχωρίζουν ποιο είναι ποιο, αδυνατώντας να καταλάβουν το ζήτημα της εξάρτησης της αναπαράστασης της κίνησης από το σύστημα αναφοράς βάσει του οποίου την μελετούμε.

Στο τμήμα αυτό των συνεντεύξεων, ζητήσαμε από τους φοιτητές να μας πουν πως καταλαβαίνουν αυτούς τους όρους πριν και μετά από την πειραματική παρέμβαση. Ζητήσαμε να μας επισημάνουν τις διαφορές τους, αν πίστευαν ότι διαφέρουν, όσον αφορά την φυσική τους περιγραφή και τη χρησιμότητα τους.

Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 12 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.17. Το συμπέρασμα που προκύπτει από την ανάλυση είναι το ακόλουθο:

Δεν παρατηρήθηκε αξιόλογη μεταβολή στην κατανόηση των τριών όρων και των μεταξύ τους διαφορών πριν και μετά την πειραματική παρέμβαση.

Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων οι φοιτητές τόσο πριν όσο και μετά την πειραματική παρέμβαση δεν μπορούσαν να διαχωρίσουν τους 3 όρους και έδιναν περιγραφές για ένα «σύστημα» το οποίο χρησιμοποιείται και για τον ορισμό συντεταγμένων και για την κατασκευή γραφικών παραστάσεων και για τη μελέτη της κίνησης από κάποιον παρατηρητή. Σε ορισμένες περιπτώσεις διαχώριζαν τους όρους ανάλογα με την χρησιμότητα του «συστήματος», σπάνια όμως παρείχαν μια

ολοκληρωμένη και σαφή εικόνα. Υπήρξαν περιπτώσεις φοιτητών που έδειξαν μικρά σημάδια βελτίωσης καθώς και περιπτώσεις που έδειξαν μικρά σημάδια επιδείνωσης.

Στα σημάδια βελτίωσης συγκαταλέγουμε την εξοικείωση με τον όρο «Σύστημα Αναφοράς» τον οποίο αρχικά ισχυρίζονταν πως δεν έχουν ακούσει ποτέ. Από τις συζητήσεις στις συνεντεύξεις παρατηρούμε πως αν κάποιος από τους τρεις όρους αποσαφηνίστηκε καλύτερα κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων αυτός ήταν ο όρος «Σύστημα Αναφοράς» και ίσως ο λόγος για αυτό να είναι όπως αναφέρθηκε προηγουμένως ότι για κάποιους αποτελούσε εντελώς άγνωστη ορολογία. Ας δούμε ένα παράδειγμα τέτοιας συμπεριφοράς.

Νατάσσα – Πριν:

1. **Γ:** Θα σου πω 3 όρους, οι οποίοι είναι μπλεγμένοι στα βιβλία, να δω πως τους αντιλαμβάνεσαι εσύ. Σύστημα αξόνων, σύστημα συντεταγμένων, σύστημα αναφοράς. Είναι το ίδιο; Είναι διαφορετικά;
2. **Ν:** ... Σύστημα αξόνων, σύστημα συντεταγμένων...
3. **Γ:** Και σύστημα αναφοράς.
4. **Ν:** Το αναφοράς δε θα μπορέσω να στο εξηγήσω γιατί δεν ο έχω συναντήσει ποτέ απ' ότι θυμάμαι.
5. **Γ:** Εντάξει.
6. **Ν:** Σύστημα αξόνων με σύστημα συντεταγμένων πάντως, δεν είναι το ίδιο.
7. **Γ:** Τι διαφορές έχουν;
8. **Ν:** Λοιπόν, το σύστημα αξόνων .. για το καρτεσιανό δε λέμε τώρα; .. Είναι.. στο επίπεδο ξέρω γω, με δύο άξονες οι οποίοι τέμνονται .. ο x και y ..που τέμνονται.. εκεί που τέμνονται (γελάει λίγο)
9. **Γ:** Σε ένα σημείο..
10. **Ν:** Σε ένα σημείο.. και οι συντεταγμένες.. θεωρώ ότι είναι σημεία ..
11. **Γ:** Ναι..
12. **Ν:** Ε.. πάνω στην επιφάνεια που καλύπτει το σύστημα αξόνων.. ωραία; Και τα οποία έχουνε.. εε. Αποτελούνται από δύο τιμές, κάθε μία από τις οποίες αντιστοιχεί στον έναν και στον άλλον άξονα..
13. **Γ:** Πολύ ωραία. Και το σύστημα συντεταγμένων πως διαφέρει απ' αυτό;
14. **Ν:** Από ποιο;
15. **Γ:** Που μου περιέγραψες;
16. **Ν:** ..Μα το σύστημα συντεταγμένων σου περιέγραφα τόση ώρα (γελάει)
17. **Γ:** Το σύστημα αξόνων πως διαφέρει;
18. **Ν:** Το σύστημα αξόνων είναι οι άξονες.
19. **Γ:** Α, είναι μόνο οι άξονες;
20. **Ν:** Που έχουν κάποιες τιμές πάνω τους.. τις βάζουμε εμείς.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Ας δούμε την απάντηση της Νατάσσας μετά την πειραματική παρέμβαση:

Νατάσσα – Μετά:

1. **Γ: Πριν που σε ρώτησα για τη θέση είπες θα πάρω ένα σύστημα αναφοράς, θα φτιάξω ένα σύστημα αναφοράς..**
2. **Ν: Ναι..**
3. **Γ: Τι είναι το σύστημα αναφοράς; Τι είναι το σύστημα συντεταγμένων; Τι είναι το σύστημα αξόνων; Είναι το ίδιο; Έχουν μικρές διαφορές; Πως τα έχεις εσύ φανταστεί;**
4. **Ν: Λοιπόν. Το σύστημα αξόνων είναι … δύο κάθετοι άξονες που τέμνονται.. κάθετα σε ένα σημείο … Που συνήθως αυτό το σημείο το βάζουμε μηδέν..**
5. **Γ: Μμ..**
6. **Ν: Και.. πάνω σε αυτούς τους άξονες υπάρχουνε τιμές.. Έτσι ώστε να μπορούμε να παίρνουμε τα σημεία.. διάφορα σημεία. Τα οποία αυτά σημεία είναι οι συντεταγμένες των αξόνων.. Δηλαδή, το πρώτο είναι του x, η τιμή που αντιστοιχεί στον άξονα των x και το δεύτερο – κόμα το δεύτερο είναι η (μπερδεμένο) τον y.. Συντεταγμένες έτσι; Αυτά.**
7. **Γ: Μάλιστα.**
8. **Ν: Και το σύστημα αναφοράς.. είναι.. το σύστημα των αξόνων.**
9. **Γ: Το ίδιο πράγμα είναι;**
10. **Ν: Όχι.. είναι που.. μπορούμε να το .. μετακινούμε.**
11. **Γ: Α, μάλιστα.**
12. **Ν: Μπορούμε δηλαδή.. να το .. να πηγαίνουμε τους άξονες πιο μπροστά, πιο πίσω, πάνω-κάτω, να το στρίβουμε..**
13. **Γ: Και που μας χρησιμεύει;**
14. **Ν: μας χρησιμεύει στο να… Ε μπορεί ξέρω γω να έχουμε εμείς εδώ το αντικείμενο μας και να έχουμε εκεί το σύστημα αξόνων μας.. ε και να θέλουμε να το πάμε λίγο πιο κοντά για να.. δουλέψουμε με το αντικείμενο.**
15. **Γ: Γιατί να το πάμε πιο κοντά;**
16. **Ν: Για να πάρουμε τα σημεία, για να μετρήσουμε.**

Στα σημάδια επιδείνωσης συγκαταλέγουμε μια μικρή τάση που παρατηρήθηκε να θεωρούν μετά την πειραματική παρέμβαση πως και οι τρεις όροι έχουν την ίδια σημασία, παρότι και πάλι γινόταν ένας διαχωρισμός για αυτό το ενιαίο «σύστημα» ανάλογα με την εκάστοτε χρησιμότητα του. Συνολικά στο συγκεκριμένο σημείο της συζήτησης δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή είτε προς θετική είτε προς αρνητική κατεύθυνση.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

6.3.2.5. Χρόνος ως δυναμική και ανεξάρτητη μεταβλητή

Σε αυτό το τμήμα των συνεντεύξεων εξετάστηκε η κατανόηση των φοιτητών γύρω από την έννοια του χρόνου ως μεταβλητή. Ο χρόνος είναι ένα φυσικό μέγεθος που παρουσιάζει ιδιαιτερότητες συγκρινόμενο με τα υπόλοιπα φυσικά μεγέθη. Οι ιδιαιτερότητες του συνοψίζονται στα εξής δύο σημεία: Παίρνει πάντοτε θετικές τιμές και ποτέ δεν μένει σταθερός, οι τιμές του πάντα αυξάνονται. Ο χρόνος λέμε πως είναι μια δυναμική μεταβλητή, καθώς έχει μια συνεχή ροή που εξελίσσεται δυναμικά και δεν μπορεί να λογισθεί ως παράμετρος του προβλήματος στη μελέτη της κίνησης (κάτι που ισχύει για τα υπόλοιπα μεγέθη της κινηματικής – και όχι μόνο). Δεν μπορούμε δηλαδή να θεωρήσουμε ούτε σαν παράδειγμα μια περίπτωση όπου θα μπορούσαμε να «ελαττώσουμε» το χρόνο (όπως θα κάναμε π.χ. για την ταχύτητα ενός κινητού) και να δούμε πως επηρεάζονται οι υπόλοιπες μεταβλητές του προβλήματος. Έτσι, επιπλέον από δυναμική, ο χρόνος λογίζεται πάντα ως η ανεξάρτητη μεταβλητή των προβλημάτων της μελέτης της κίνησης. Είναι δηλαδή η μεταβλητή εκείνη, συναρτήσει της οποίας μελετούμε τα υπόλοιπα μεγέθη της κινηματικής.

Στο τμήμα αυτό των συνεντεύξεων διερευνήθηκε η κατανόηση των παραπάνω ιδιαιτεροτήτων του χρόνου. Επιπλέον, σε μια προσπάθεια να εξετασθεί η κατανόηση αυτών των ιδιοτήτων στα πλαίσια των γραφικών παραστάσεων, διερευνήθηκε η αναπαράσταση του χρόνου σε μια γραφική παράσταση. Εξετάστηκε σε ποιον άξονα θα παρίσταναν οι φοιτητές τον χρόνο σε μια γραφική παράσταση και για ποιο λόγο θα διάλεγαν εκείνον τον άξονα.

Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 12 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.18. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης όπως παρουσιάζεται στο παράρτημα 6.18 είναι τα ακόλουθα:

1. **Μετά την πειραματική παρέμβαση δεν υπήρξε μεταβολή στην σωστή πεποίθηση ότι ο χρόνος πρέπει να παριστάνεται στον οριζόντιο άξονα μιας γραφικής παράστασης.**

Καθώς ο χρόνος αποτελεί την ανεξάρτητη μεταβλητή στις γραφικές παραστάσεις των προβλημάτων της κινηματικής, ο οριζόντιος άξονας είναι η σωστή επιλογή για την αναπαράσταση του χρόνου, καθώς εκεί συνήθως αναπαριστούμε την

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ανεξάρτητη μεταβλητή. Αν και υπήρχαν πολλοί φοιτητές τόσο πριν όσο και μετά τα μαθήματα που πίστευαν πως μαθηματικά δεν υπάρχει πρόβλημα με την αναπαράσταση του χρόνο στον κατακόρυφο άξονα, η συντριπτική πλειοψηφία δήλωσε ότι προτιμά τον οριζόντιο άξονα για την αναπαράσταση του χρόνου. Έτσι, η πειραματική μας παρέμβαση δεν επέφερε κάποια μεταβολή στην ήδη σωστή αντίληψη των φοιτητών. Όπως, όμως, αναλύουμε στο επόμενο συμπέρασμα μας δεν τους βοήθησε και στο να εκφράσουν ρητώς τον λόγο που επιλέγουν τον οριζόντιο άξονα για την αναπαράσταση του χρόνου.

2. **Μετά την πειραματική παρέμβαση δεν υπήρξε μεταβολή στην μέτρια αιτιολόγηση της επιλογής του οριζόντιου άξονα ως καταλληλότερου για την αναπαράσταση του χρόνου σε μια γραφική παράσταση.**

Όταν οι φοιτητές καλούνταν να αιτιολογήσουν την επιλογή του οριζόντιου άξονα ως καταλληλότερου για την αναπαράσταση του χρόνου σε μια γραφική παράσταση, η συντριπτική τους πλειοψηφία δεν μπορούσε να βρει κάποιον καλό λόγο αιτιολόγησης. Οι γνώμες τους σχετικά με αυτό το θέμα ήταν μοιρασμένες σε αυτούς που δεν γνώριζαν καθόλου το λόγο που προτιμούν τον οριζόντιο άξονα, σε αυτούς που το απέδιδαν σε συνήθεια, σύμβαση ή ευκολία και τέλος, σε εκείνους που σχέτιζαν τον χρόνο με την ιδιότητα του ως ανεξάρτητη μεταβλητή. Ο συσχετισμός αυτός σπάνια εκφραζόταν ρητά και συνήθως εμφανιζόταν μέσα από προτάσεις που υποστήριζαν πως είναι πιο σημαντικό να μελετηθούν οι μεταβολές των μεγεθών που θα παρασταθούν στον κατακόρυφο άξονα σε σχέση με τις μεταβολές του χρόνου. Χαρακτηριστικό είναι το παρακάτω απόσπασμα διαλόγου:

Ανέτα – Μετά:

1. **Γ:** Γιατί όμως, οι περισσότεροι τουλάχιστον, βάζουνε τον χρόνο στον οριζόντιο;
2. **Α:** Μας είναι πιο εύκολο ίσως;
3. **Γ:** Γιατί μας είναι πιο εύκολο; Εξήγησε μου..
4. **Α:** Μας είναι πιο εύκολο γιατί μετράμε τον χρόνο..
5. **Γ:** Ναι..
6. **Α:** Και ίσως.. ε.. αν η ταχύτητα του είναι .. σταθερή..
7. **Γ:** Ναι..
8. **Α:** Σε κάποιον χρόνο, ο οποίος χρόνος αυξάνει.. Μας είναι πιο εύκολο να την σχεδιάσουμε..
9. **Γ:** Μάλιστα.. Κάποιο άλλο παράδειγμα; Γιατί κάπου νομίζω είμαστε, αλλά δεν είμαι σίγουρος..
10. **Α:** Δηλαδή.. Αν λέμε ότι ένα.. ε.. αυτοκίνητο, κινείται με σταθερή ταχύτητα. Καθώς ο χρόνος αυξάνει, θα είναι – Ή και – αν μεταβάλλεται η τα- Αναλόγως, αν αυξάνει.. αν επιταχύνει ή αν

μειώνεται.. θα πάμε συναρτήσει του χρόνου. Καθώς ο χρόνος θα αυξάνει αν θα μειώνεται η ταχύτητα.. θα αυξάνεται…

11. **Γ**: Μμ..
12. **Α**: Πως θα μεταβάλλεται.. Αν θα παραμένει σταθερή..
13. **Γ**: Μάλιστα.. Δε θα μπορούσαμε τα ίδια πράγματα να τα κάνουμε με τον χρόνο στον κατακόρυφο άξονα;
14. **Α**: (παύση) Απλώς θα μας δυσκόλευε λίγο. Δηλαδή εγώ προσωπικά ίσως να μπερδευόμουνα..

Η έκφραση τέτοιων αντιλήψεων καθώς και αυτών που αναφέρθηκαν νωρίτερα (καθόλου αιτιολόγηση ή αιτιολόγηση λόγω συνήθειας/ευκολίας) δεν σχηματίζουν μια αναγνωρίσιμη χαρακτηριστική συμπεριφορά συγκριτικά με τις συζητήσεις πριν και μετά τα μαθήματα. Έτσι αν και εμφανίζονται μεταβολές στις αιτιολογίες που χρησιμοποίησαν οι φοιτητές για την επιλογή του οριζόντιου άξονα μιας γραφικής παράστασης για την αναπαράσταση του χρόνου, δεν υπάρχει συγκεκριμένη κατεύθυνση για αυτές τις μεταβολές σε σχέση με την πειραματική παρέμβαση.

3. Μετά την πειραματική παρέμβαση υπήρξε βελτίωση της κατανόησης των ιδιαιτεροτήτων του χρόνου ως μεταβλητή στα προβλήματα της κινηματικής.

Σχεδόν κανείς από τους φοιτητές πριν την πειραματική παρέμβαση δεν μπόρεσε να επισημάνει τις ιδιαιτερότητες του χρόνου ως μεταβλητή. Δηλαδή το ότι δεν παίρνει αρνητικές τιμές και το ότι αυξάνεται διαρκώς και σταθερά. Μετά την πειραματική παρέμβαση υπήρξε ένας μικρός αλλά διακριτός αριθμός φοιτητών που μπόρεσαν να επισημάνουν κάποιο από αυτά τα δύο χαρακτηριστικά, κυρίως το ότι ο χρόνος αυξάνεται σταθερά. Χαρακτηριστικό είναι το παρακάτω απόσπασμα απομαγνητοφωνημένου κειμένου:

Ολυμπία – Πριν:

1. **Γ**: Μμ.. Ο χρόνος για σένα σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταβλητές, είναι ιδιαίτερο μέγεθος; Είναι ξεχωριστό; Έτσι όπως το αντιλαμβάνεσαι όπως το χειρίζεσαι..; … Δηλαδή αν έχεις το χρόνο .. και έχεις απ' την άλλη πλευρά θέση, επιτάχυνση, ταχύτητα, βάρος, αριθμός ανθρώπων.. ότι θες.. Ο χρόνος ξεχωρίζει απ' αυτά τα πράγματα;
2. **Ο**: … Αν ξεχωρίζει … Εξαρτάται.. όχι … Δεν ξέρω..

Ας δούμε την αντίστοιχη απάντηση της Ολυμπίας μετά την πειραματική παρέμβαση.

Ολυμπία – Μετά:

1. **Γ**: Μμ.. Ο χρόνος έχει ιδιαιτερότητες σε σχέση με τις άλλες μεταβλητές; Είναι διαφορετικός;
2. **Ο**: … Να πούμε ότι δε μπορεί να πάρει αρνητικές τιμές Αυτό ξέρω μόνο. (γελάει λίγο)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

3. Γ: Κάτι άλλο υπάρχει;
4. Ο: ... Σε σχέση με τις άλλες μεταβλητές;
5. Γ: Ναι.
6. Ο: Ναι, ότι θα... αυξάνεται συνεχώς.

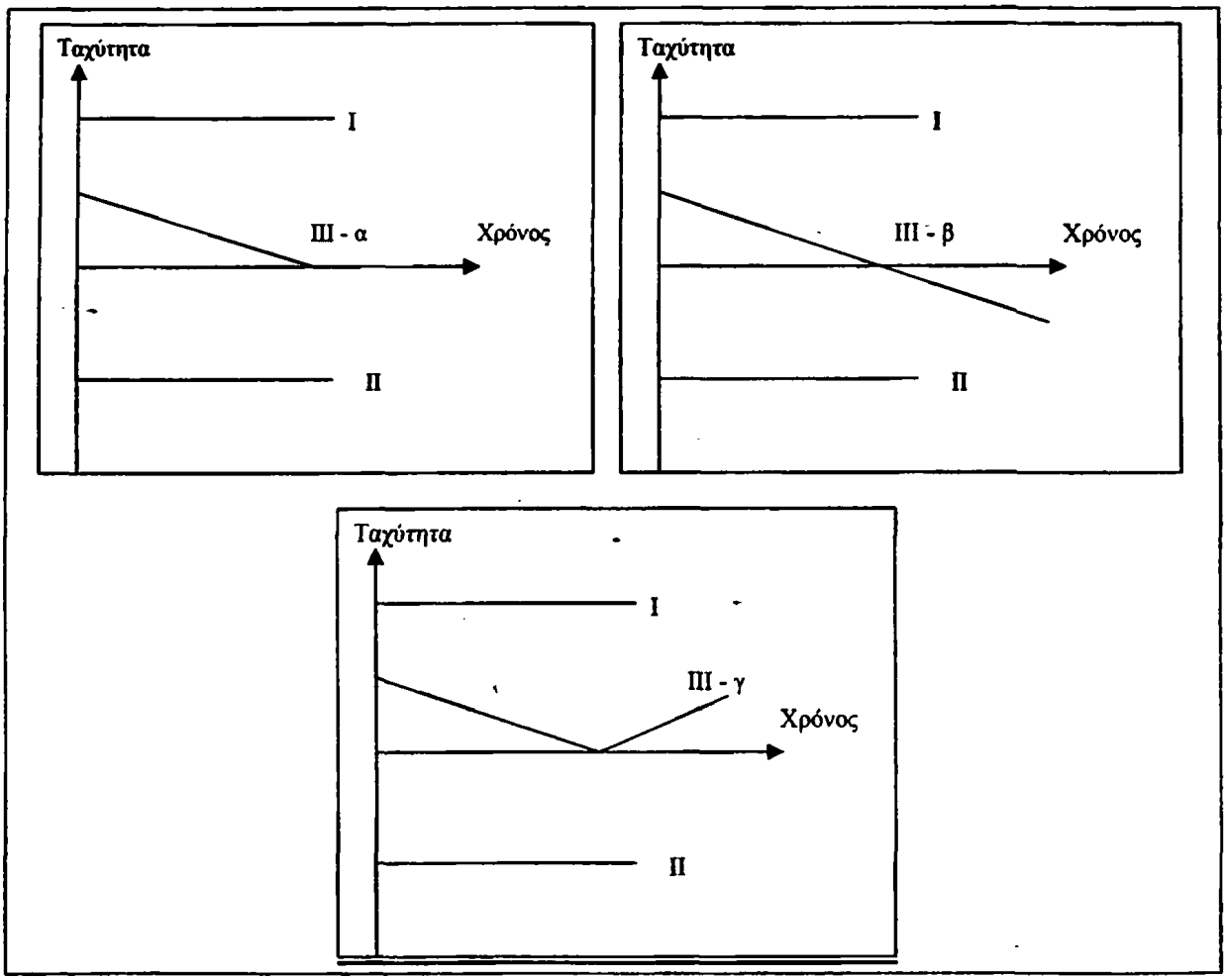
6.3.2.6. Γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου και η έννοια της αρνητικής ταχύτητας

Σε αυτό το τμήμα των συνεντεύξεων σχεδιάζαμε στους φοιτητές τους άξονες μιας γραφικής παράστασης ταχύτητας χρόνου και στη συνέχεια παρουσιάζαμε κάποιες μορφές που θα μπορούσε να έχει η γραφική παράσταση που αντιστοιχεί στην κίνηση κάποιου αντικειμένου. Σκοπός μας ήταν η διερεύνηση της κατανόησης της έννοιας της αρνητικής ταχύτητας μέσα από την αναπαράσταση της σε μια γραφική παράσταση.

Η ταχύτητα είναι μέγεθος διανυσματικό και έτσι εκτός από το μέτρο, χαρακτηρίζεται και από διεύθυνση και φορά. Η αλγεβρική αναπαράσταση της ταχύτητας όσον αφορά το πρόσημο της έχει τη φυσική ερμηνεία της φοράς του διανύσματος της ταχύτητας. Έτσι, θετική τιμή για την ταχύτητα σημαίνει κίνηση κατά την θετική φορά, ενώ αρνητική τιμή έχει την φυσική ερμηνεία της κίνησης κατά την αρνητική φορά του εκάστοτε συστήματος αναφοράς. Σε μία γραφική παράσταση ταχύτητας χρόνου, οι αρνητικές τιμές σχεδιάζονται στον αρνητικό ημιάξονα και πρέπει να ερμηνεύονται ως κίνηση με ταχύτητα μέτρου ίσου με την απόλυτη τιμή της ταχύτητας, και φορά προς τις αρνητικές τιμές του άξονα του συστήματος αναφοράς.

Κατά τις $2^{ες}$ και $4^{ες}$ συνεντεύξεις μας με τους φοιτητές, είχαμε την ευκαιρία παρουσιάζοντας τις κατάλληλες περιπτώσεις γραφικών παραστάσεων ταχύτητας συναρτήσει του χρόνου να διερευνήσουμε την κατανόηση τους για την έννοια της αρνητικής ταχύτητας. Για να επιτύχουμε το σκοπό μας, αρχικά χρησιμοποιήσαμε μια γραφική παράσταση όπου η ταχύτητα ήταν σταθερή (περίπτωση Ι), όπως φαίνεται στο σχήμα της εικόνας 6.27. Ζητήσαμε από τους φοιτητές να μας περιγράψουν πως φαντάζονται ότι κινείται ένας αθλητής ή κάποιο αυτοκίνητο του οποίου η γραφική παράσταση ήταν σαν αυτή του σχήματος 6.27. Στη συνέχεια, στο ίδιο χαρτί προσθέσαμε και την γραμμή ΙΙ προκαλώντας την αντίθεση με την Ι. Η γραμμή ΙΙ προφανώς αντιστοιχεί σε κίνηση με σταθερή ταχύτητα, όπως και η Ι, αλλά εδώ πρέπει να ερμηνευθεί και το αντίθετο πρόσημο.

Προκειμένου να αντλήσουμε περισσότερα στοιχεία από όσα συγκεντρώναμε την παραπάνω μέθοδο διερεύνησης, προτείναμε στους φοιτητές και την περίπτωση να είναι αυτοί οι οδηγοί ενός υποθετικού αυτοκινήτου και δεδομένης της γραφικής παράστασης v(t) που αντιστοιχεί στην κίνηση του να μας πουν τι κάνουν μέσα στο αυτοκίνητο. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήσαμε με ορισμένες κατά περίπτωση παραλλαγές τις γραμμές ΙΙΙ-α, ΙΙΙ-β και ΙΙΙ-γ, που φαίνονται αντίστοιχα στα σχήματα της εικόνας 6.27.



Εικόνα 6. 27 - Γραφικές παραστάσεις διερεύνησης της κατανοήσης της αρνητικής ταχύτητας

Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν επιμέρους παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.19. Από την ανάλυση των κειμένων και του αντίστοιχου πίνακα κατηγοριοποίησης προκύπτει το εξής συμπέρασμα:

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Μετά την πειραματική παρέμβαση έχει αυξηθεί ο αριθμός των φοιτητών που κατανοούν την έννοια της αρνητικής ταχύτητας και αποδίδουν τη σωστή φυσική ερμηνεία στο αρνητικό πρόσημο.

Οι φοιτητές συχνά ξεχνούν τον διανυσματικό χαρακτήρα της ταχύτητας και κατανοούν μόνο το μέγεθος της ταχύτητας. Έτσι μεγαλύτερες τιμές για την ταχύτητα σε μία γραφική παράσταση, σημαίνει για αυτούς μεγαλύτερη ταχύτητα κατά μέτρο, ενώ μικρότερες τιμές ερμηνεύονται ως κίνηση με μικρότερη κατά μέτρο ταχύτητα. Με την θεώρηση που μόλις περιγράψαμε, παραλείπεται στην αναπαράσταση που έχουν κατά νου οι φοιτητές ο διανυσματικός χαρακτήρας της ταχύτητας και επομένως, αρνητικές ταχύτητες δεν αντιστοιχούν σε πραγματική κίνηση και πρέπει να απορρίπτονται.

Αυτού του είδους η ερμηνεία ήταν η επικρατούσα πριν την πειραματική παρέμβαση και μάλιστα με μεγάλη διαφορά. Μετά την πειραματική παρέμβαση, έχει αυξηθεί (παράρτημα 6.19) ο αριθμός των φοιτητών που αποδίδουν φυσικό νόημα στο πρόσημο της ταχύτητας όπως αυτό αναπαρίσταται στην γραφική παράσταση. Εξακολουθούν να πλειοψηφούν οι φοιτητές που δεν έχουν συλλάβει το νόημα της αρνητικής τιμής, αλλά διακρίνεται ταυτόχρονα και η αύξηση όσων αποδίδουν πλέον το σωστό ή κάποιο σχετικό με το σωστό νόημα στο πρόσημο της ταχύτητας. Σε μια πρώτη προσέγγιση υπάρχουν οι φοιτητές που έχοντας την εμπειρία των δραστηριοτήτων ανάλυσης κίνησης στο περιβάλλον του λογισμικού, έχουν αποδεχτεί την ύπαρξη αρνητικών τιμών για την ταχύτητα, και ας μην μπορούν να τους αποδώσουν κάποιο φυσικό νόημα. Ας δούμε ένα τέτοιο παράδειγμα.

Βούλα – Πριν:

1. **Γ:** (σχεδιάζω την γραμμή Ι) Εδώ που έχουμε ταχύτητα και χρόνο
2. **Β:** Ναι
3. **Γ:** Αυτή η γραφική παράσταση.. Τι ερμηνεία δίνεις για την κίνηση πάλι του αθλητή ας πούμε;
4. **Β:** Ότι είναι σταθερή η ταχύτητα.
5. **Γ:** Ότι είναι σταθερή η ταχύτητα..; Απλά πράγματα.
6. **Β:** Ναι (γελάει λίγο)
7. **Γ:** (σχεδιάζω την γραμμή ΙΙ) Εδώ;
8. **Β:** Δεν ξέρω..
9. **Γ:** … Την απορρίπτεις τελείως; Δεν μπορείς απλώς να την ερμηνεύσεις..;
10. **Β:** Την απορρίπτω τελείως.
11. **Γ:** Πιστεύεις ότι δεν υπάρχει αυτή..;
12. **Β:** Ναι

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Βούλα – Μετά:

1. **Γ:** Αν έχουμε μια γραφική παράσταση ταχύτητας και χρόνου.. και είναι έτσι (γραμμή Ι). Τι κάνει το αυτοκίνητο;
2. **Β:** Ότι το αυτοκίνητο.. έχει σταθερή ταχύτητα..
3. **Γ:** Και αν είναι έτσι (γραμμή ΙΙ);
4. **Β:** Πάλι μιλάμε για κάτι σταθερό..
5. **Γ:** Ποια είναι η διαφορά;
6. **Β:** (γελάει) ..Ότι αυτή τη φορά έχει αρνητική τιμή
7. **Γ:** Τι κάνει;
8. **Β:** (παύση) Έχει αρνητική τιμή (γελάει λίγο)
9. **Γ:** Αν είναι το ίδιο αυτοκίνητο στο ίδιο σύστημα αναφοράς, τι κάνει;
10. **Β:** (παύση) Τώρα για την ταχύτητα.. δηλαδή δεν μπορούν να το φανταστώ για την ταχύτητα και για να έχει αρνητικές τιμές..
11. **Γ:** (παύση) Δε μπορείς να το φανταστείς;
12. **Β:** Το μόνο σίγουρο είναι ότι εξακολουθεί να είναι σταθερή..

Σε ένα δεύτερο επίπεδο, υπάρχουν οι φοιτητές εκείνοι που όχι μόνο έχουν αλλάξει στάση και αποδέχονται το ενδεχόμενο ύπαρξης αρνητικών τιμών για την ταχύτητα, αλλά έχουν επίσης συνειδητοποιήσει πως η διαφοροποίηση τους από τις θετικές και ίσες κατά μέτρο τιμές σχετίζεται με το σύστημα αναφοράς. Ας δούμε ένα τέτοιο παράδειγμα.

Ανέτα – Πριν:

1. **Γ:** Θα φτιάξουμε μία με ταχύτητα και χρόνο (παύση – σχεδιάζω τη γραμμή Ι) Αν είναι έτσι… Τι κάνει τώρα ο αθλητής ή το αυτοκίνητο…;
2. **Α:** Εε.. Τρέχει… μετά έχει σταθερή ταχύτητα. Κινείται με σταθερή ταχύτητα.
3. **Γ:** Μμ..
4. **Α:** Σε κάποιον χρόνο..
5. **Γ:** Μάλιστα. Αν είναι έτσι; (σχεδιάζω τη γραμμή ΙΙ)
6. **Α:** ….. Το ίδιο πράγμα …Αλλά κάποιον ρόλο…. Παίζει η αρνητική ταχύτητα… Αυτό απ' ότι θυμάμαι βγαίνουν αρνητικοί αριθμοί.. αλλά…
7. **Γ:** Τι σημαίνει; Δεν..;
8. **Α:** Ναι..
9. **Γ:** Φαντάζεσαι ίδια την κίνηση με κάποια διαφορά που δε μπορείς να μου πεις..
10. **Α:** Ναι.

Βλέπουμε στο παραπάνω απόσπασμα διαλόγου πως η Ανέτα έχει συναντήσει ξανά αρνητικές τιμές για την ταχύτητα και φαίνεται να θυμάται πως τότε κάποιο

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

νόημα τους είχε αποδοθεί. Δεν γνωρίζει όμως ούτε και μπορεί να θυμηθεί ακριβώς ποιο ήταν αυτό. Ας δούμε την απάντηση της μετά την πειραματική παρέμβαση.

Ανέτα – Μετά:

1. **Γ**: Αν έχουμε γραφική παράσταση ταχύτητας και χρόνου και πάει έτσι. (σχεδιάζω τη γραμμή Ι) Τι κάνει ο αθλητής τώρα;
2. **Α**: .. Ότι καθώς αυξάνεται ο χρόνος, κινείται με μία σταθερή ταχύτητα... Αυτό.
3. **Γ**: Εμείς τον βλέπουμε δηλαδή να..
4. **Α**: Ναι..
5. **Γ**: Τρέχει..
6. **Α**: Ναι..
7. **Γ**: Αν έχεις αυτή τη γραφική παράσταση (σχεδιάζω τη γραμμή ΙΙ)
8. **Α**: (παύση) Και εδώ πάλι με μια σταθερή ταχύτητα θα κινείται. Ο χρόνος αυξάνει. Η ταχύτητα του όμως μει- (παύση) Εεε... είναι αρνητική.
9. **Γ**: Τι σημαίνει αυτό;
10. **Α**: Χμ..
11. **Γ**: Τι θα γινόταν στο βίντεο;
12. **Α**: (παύση) Το βίντεο έτσι όπως το έχω καταλάβει εγώ... Ότι θα πήγαινε απλώς από την άλλη πλευρά των συντεταγμένων..
13. **Γ**: Προς την άλλη;
14. **Α**: Ναι.
15. **Γ**: Το οποίο όμως δεν ξέρεις τι σημαίνει στην πραγματικότητα.. Για να λες «στο βίντεο».. Δηλαδή στην πραγματικότητα δεν τον φαντάζεσαι τον αθλητή να πηγαίνει προς την άλλη..
16. **Α**: .... Εε... Παίζει ρόλο από εκεί που αρχίζουμε και μετράμε..
17. **Γ**: Μμ..
18. **Α**: Γιατί η ταχύτητα του, απ' τη στιγμή που είναι ευθεία.. παραμένει σταθερή.
19. **Γ**: Ναι..
20. **Α**: Για να πω ότι μειώνεται ή αυξάνεται, δε μπορώ να το πω.
21. **Γ**: Ναι.. Σε σχέση με την πρώτη ποια είναι η διαφορά; Τι κάνει ο αθλητής;
22. **Α**: .... Κινείται με σταθερή ταχύτητα.. Σε κάποιο.. Καθώς αυξάνει ο χρόνος. Δηλαδή γενικά..
23. **Γ**: Αυτό είναι το πρώτο συμπέρασμα..
24. **Α**: Ναι..
25. **Γ**: Το σίγουρο σου, αλλά από εκεί και πέρα.. δεν είσαι σίγουρη.. λες ότι στο VideoPoint –
26. **Α**: Ίσως να τον δείχνει – Να τον παίρναμε από την ..ε.. να κινείται έξω από την γραφ- Έξω από το σύστημα συντεταγμένων. Προς τις αρνητικές τιμές δηλαδή..

Βλέπουμε στην συζήτηση μας με την Ανέτα μετά την πειραματική παρέμβαση ότι είναι πεπεισμένη πως οι αρνητικές τιμές για την ταχύτητα δεν πρέπει να απορριφθούν. Τις συνδέει με τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις που μελέτησε στο περιβάλλον του VBL λογισμικού και με επιτυχία εξηγεί πως ήταν η αντίθετη

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

κατεύθυνση κίνησης που τότε αντιστοιχούσε στις αρνητικές τιμές της ταχύτητας. Μοιάζει όμως να μην έχει πεισθεί πως αυτό συμβαίνει σε όλες τις περιπτώσεις της καθημερινότητας. Ειδικά η φράση της «*Παίζει ρόλο από εκεί που αρχίζουμε και μετράμε..*» (γραμμή 16) μας κάνει να πιστεύουμε πως η Ανέτα ανήκει στην κατηγορία των φοιτητών που έχουν κατανοήσει πως το πρόσημο της τιμής της ταχύτητας σχετίζεται με το σύστημα αναφοράς, αλλά δεν μπορούν να φτάσουν σε ένα γενικό συμπέρασμα σχετικά με τον τρόπο που συμβαίνει αυτό.

Υπάρχουν και οι φοιτητές εκείνοι που επεκτείνοντας την βελτιωμένη κατανόηση όπως την περιγράψαμε για τις προηγούμενες δύο περιπτώσεις, καταφέρνουν πλήρως μετά την πειραματική παρέμβαση να ερμηνεύσουν την αρνητική τιμή για την ταχύτητα ως κίνηση προς την αρνητική κατεύθυνση. Ας δούμε ένα τέτοιο παράδειγμα.

Χριστίνα – Πριν:

1. **Γ:** Να δούμε τώρα ορισμένες γραφικές παραστάσεις για την ταχύτητα συναρτήσει του χρόνου. (παύση – σχεδιάζω την γραμμή Ι) Πως φαντάζεσαι την κίνηση του αντικειμένου; … Θες να είναι αυτοκίνητο.. Θες να είναι ο αθλητής.. Θες να είναι ο Πέτρος..
2. **Χ:** Ο Πέτρος; (γελάει λίγο) Λοιπόν … ε.. (παύση) Εφόσον είναι παράλληλη ας πούμε ως προς το χρόνο, το βλέπουμε από τη γραφική παράσταση, τη γραμμή.
3. **Γ:** Ναι..
4. **Χ:** … Εδώ βλέπουμε ότι η ταχύτητα του είναι μηδέν.. λογικά..
5. **Γ:** Μμ..
6. **Χ:** Και ότι παραμένει μηδέν..
7. **Γ:** Μμ.. ..Και αν έχουμε τώρα αυτή τη γραφική παράσταση; (παύση – σχεδιάζω τη γραμμή ΙΙ)
8. **Χ:** Στο αρνητικό..
9. **Γ:** Μμ..
10. **Χ:** Χμ.. (παύση) θεωρούμε μηδέν; Όμως.. είναι σε αρνητικό άξονα.. οπότε..
11. **Γ:** (παύση) Το απορρίπτεις.. ή απλώς σε δυσκολεύει..;
12. **Χ:** …Απλά θα είναι και πάλι μηδέν
13. **Γ:** Θα είναι ακίνητο το αυτοκίνητο.
14. **Χ:** Ναι..

Η Χριστίνα ερμηνεύει τη γραφική παράσταση σα να ήταν γραφική παράσταση θέσης – χρόνου x(t), όπου η σταθερή τιμή αντιστοιχεί σε σταθερή θέση. Στη συνέχεια της προτείνουμε τις γραμμές ΙΙΙ-α, ΙΙΙ-β και ΙΙ-γ για να την απεγκλωβίσουμε από την παγίδα στην οποία έχει υποπέσει και ερμηνεύει τη σταθερή μεταβλητή ως σταθερή θέση αντί για ταχύτητα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

15. Γ: .. Αν έχω τώρα .. αυτή τη γραφική παράσταση.. (ΙΙΙ-α) Θέλω να μου πεις τι θα κάνεις με αυτούς τους όρους για να βγει η γραφική παράσταση της ταχύτητας – χρόνου έτσι, αν είσαι ο οδηγός του οχήματος..
16. Χ: ... Δηλαδή αν θα αυξήσω ταχύτητα ή θα μειώσω..;
17. Γ: Με όρους του αυτοκινήτου.. Θα πατήσεις γκάζι; Θα πατήσεις φρένο..;
18. Χ: ... Μμ.... Ξεκινώντας ότι έχω μια ταχύτητα, μια Α ταχύτητα..
19. Γ: Μάλιστα..
20. Χ: ...χμμ... χμμ...
21. Γ: Μμ..
22. Χ: (παύση) Πιστεύω όμως, ότι η μεταβολή θα ήταν.. διαδοχική. Εννοώ ας πούμε ότι θα είχα ένα σταθερό ρυθμό. Που θα μεταβάλλει ας πούμε την ταχύτητα.
23. Γ: Μμ..
24. Χ: Εε..
25. Γ: Εδώ σε αυτό το σημείο τι πιστεύεις ότι θα συνέβαινε; (όπου y=0)
26. Χ: Ότι θα σταματούσε λογικά.
27. Γ: Ότι θα σταματούσε.
28. Χ: Ναι..
29. Γ: Αν τώρα έχουμε αυτή τη γραφική παράσταση.. (σχεδιάζω τη γραμμή ΙΙΙ-β) Πες ότι μέχρι εδώ είναι ίδια.. (μέχρι το y=0)
30. Χ: Μμ..
31. Γ: Αλλά μετά πάει έτσι.. (αναφέρομαι στο τμήμα που αυξάνεται)
32. Χ: ... Και πάλι θα λέγαμε ότι ξεκινάει με κάποια ταχύτητα, ότι ο ρυθμός που μεταβάλει την ταχύτητα είναι σταθερός, πάλι μέχρι κάποιο σημείο.. Το σημείο.. μηδέν.. η ταχύτητα θα είναι μηδέν.. και από εκεί και πέρα, αρχίζει και ξαναυξάνει ταχύτητα.
33. Γ: Ωραία.. Και αν έχουμε αυτήν εδώ.. (σχεδιάζω τη γραμμή ΙΙΙ-γ) Μέχρι εδώ ίδια... (όπου y=0)
34. Χ: Μμ..
35. Γ: Την απορρίπτεις; Της δίνεις κάποια άλλη ερμηνεία;
36. Χ: Λοιπόν. (παύση) Ξέρω ότι έχουμε και αρνητική ταχύτητα, αλλά δε μου κολλάει. Δε μπορώ να το ερμηνεύσω.

Έχοντας ξεφύγει από την παρερμηνεία της v(t) ως x(t), η Χριστίνα περιγράφει τις μεταβολές της ταχύτητας του αυτοκινήτου, καταλήγοντας πως δεν μπορεί να ερμηνεύσει σε αυτό το πλαίσιο τις αρνητικές τιμές, παρότι γνωρίζει πως κάπως πρέπει να ερμηνεύονται. Ας δούμε την αντίστοιχη απάντηση της Χριστίνας μετά την πειραματική μας παρέμβαση.

Χριστίνα – Μετά:

1. Γ: Αν έχουμε μια γραφική παράσταση τώρα της ταχύτητας και του χρόνου.
2. Χ: Μμ..

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

3. **Γ: Και είναι έτσι.. (σχεδιάζω τη γραμμή Ι) Εδώ.. Τι κάνει το αυτοκίνητο ή ο αθλητής μας;**
4. **Χ: Χμ... Ταχύτητας χρόνου... Λοιπόν... Αυτή είναι μια ευθεία έτσι;**
5. **Γ: Ναι, ναι.**
6. **Χ: ... Βασικά θα παραμένει σταθερή θα έλεγα.**
7. **Γ: Δηλαδή φαντάζεσαι τον άνθρωπο να κάνει τι;**
8. **Χ: Φαντάζομαι ότι το αυτοκίνητο ή κινείται με σταθερή ταχύτητα.. ή κάτι πιο απίθανο..**
9. **Γ: Και το πιο απίθανο ποιο είναι;**
10. **Χ: Το πιο απίθανο; Να μην κάνει τίποτα. Να είναι ακίνητο, αλλά δε νομίζω (γελώντας λίγο)**
11. **Γ: Μμ... Αν έχεις αυτή τη γραφική παράσταση; (σχεδιάζω τη γραμμή ΙΙ)**
12. **Χ: Χμ... είναι το ίδιο, απλά έχει αρνητικές τιμές..**
13. **Γ: Τι σημαίνει αυτό; Στο VideoPoint θα βλέπαμε κάτι διαφορετικό ή όχι;**
14. **Χ: Ίσως να κινείται πιο πίσω ας πούμε.. Να βρίσκεται – Αα.. Όπως θυμάμαι, μετακινούσαμε το σύστημα αξόνων-**

Στο σημείο αυτό η Χριστίνα συνδέει την μετακίνηση του συστήματος αναφοράς με τις αλλαγές που ενδεχομένως επιφέρει στις γραφικές παραστάσεις, συμπεριλαμβανομένου και του πρόσημου της v(t). Αν και η απάντηση της είναι ικανοποιητική, αποτρέπει την περαιτέρω ανάπτυξη της σύνδεσης του πρόσημου με το σύστημα αναφοράς και κατ' επέκταση με την θετική φορά κίνησης. Για το λόγο αυτό της ζητούμε να μας ερμηνεύσει το αρνητικό πρόσημο χωρίς να μετακινήσει το σύστημα αναφοράς.

15. **Γ: Αν δε μετακινούσαμε το σύστημα.**
16. **Χ: Καθόλου, έτσι;**
17. **Γ: Μμ..**
18. **Χ: Απλά φαντάζομαι ότι.. αντί να πηγαίνει προς τα μπρος το αυτοκίνητο..**
19. **Γ: Ναι..**
20. **Χ: Πήγαινε προς τα πίσω..**

Στην περίπτωση που το σύστημα αναφοράς παραμένει αμετάβλητο, τότε η ερμηνεία που δίνεται στο αρνητικό πρόσημο της ταχύτητας είναι ότι το αυτοκίνητο κινείται προς τα πίσω, δηλαδή προς την αντίθετη της θετικής φοράς. Αυτή η ερμηνεία επιβεβαιώνεται και για το παράδειγμα της οδήγησης του αυτοκινήτου, όπως αναπαρίσταται από τη γραμμή ΙΙΙ-β και φαίνεται στη συνέχεια του διαλόγου.

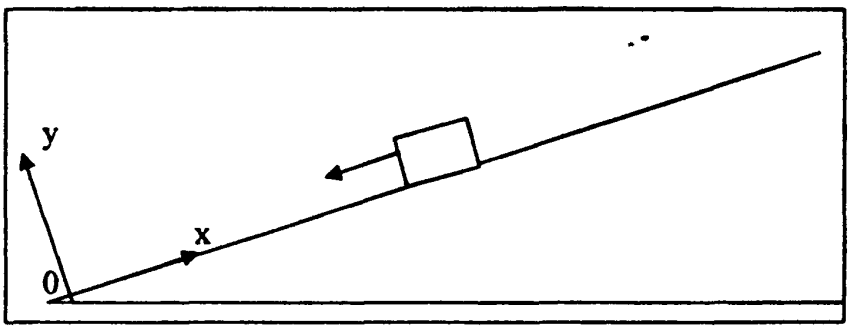
21. **Γ: Α, μάλιστα. Αν είσαι σε ένα αυτοκίνητο οδηγός, θέλω να μου πεις τι κάνεις για να βγει έτσι η γραφική παράσταση της ταχύτητας συναρτήσει του χρόνου.. (σχεδιάζω τη γραμμή ΙΙΙ-β) Ξεκινάς εν στάση ή εν κινήσει;**
22. **Χ: Εε.. βασικά φαντάζομαι σε κίνηση .. βρίσκομαι..**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

23. Γ: Μμ.. Και τι κάνει;
24. Χ: Και ... Αν το πάρουμε σύμφωνα με αυτό που είπα πριν... για την κίνηση προς τα πίσω.. Φαντάζομαι ότι ξεκινάω με κάποια ταχύτητα, φτάνω μέχρι κάποιο σημείο όπου ο χρόνος μηδενίζεται.. Είναι ίσο με μηδέν. Σταματάω δηλαδή κατά κάποιο τρόπο. Φτάνω σε κάποιο σημείο και σταματάω.. Και μετά ξαναγυρίζω πάλι πίσω.

6.3.2.7. Ο ρόλος του Συστήματος Αναφοράς στις Γραφικές Παραστάσεις

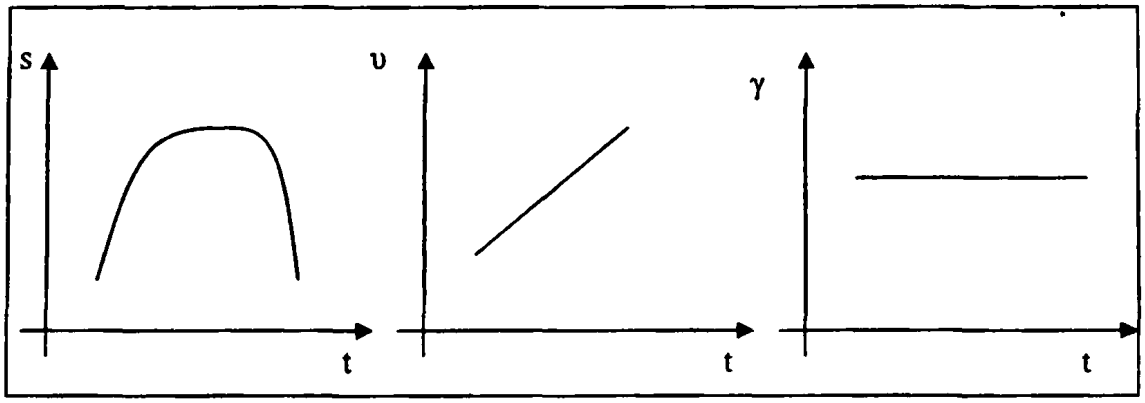
Σε αυτό το μέρος των $2^{ων}$ και $4^{ων}$ συναντήσεων στους φοιτητές παρουσιαζόταν ένα σχεδιάγραμμα από τη μελέτη της κίνησης ενός σώματος σε κεκλιμένο επίπεδο. Τους γινόταν γνωστό ότι δεν εστιάζουμε στο συγκεκριμένο είδος κίνησης και πως αυτό ήταν απλά ένα παράδειγμα μελέτης. Θα μπορούσαμε να είχαμε διαλέξει οποιαδήποτε άλλη κίνηση. Το σχήμα σχεδιαζόταν εκείνη τη στιγμή μπροστά τους και ήταν όπως το ακόλουθο:



Εικόνα 6. 28 - Σχήμα διερεύνησης της κατανόησης για τα συστήματα αναφοράς

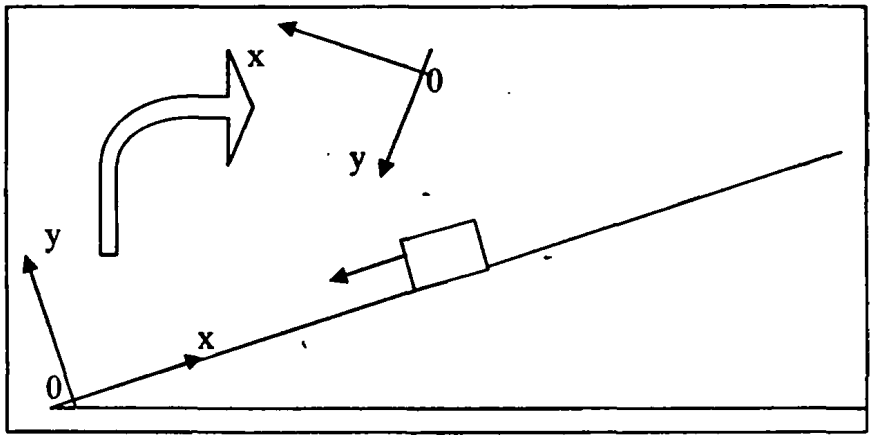
Στη συνέχεια τους εξηγούσαμε ότι μας ενδιέφερε στη μελέτη μας να δούμε τις γραφικές παραστάσεις για την θέση συναρτήσει του χρόνου, την ταχύτητα συναρτήσει του χρόνου και την επιτάχυνση συναρτήσει του χρόνου. Δεν γινόταν αναφορά σε κάποια από τις συνιστώσες για τη θέση, την ταχύτητα και την επιτάχυνση, αναμένοντας την αντίδραση των φοιτητών σε αυτό. Οι παραπάνω γραφικές παραστάσεις σχεδιάζονταν εκείνη τη στιγμή μπροστά στους φοιτητές, ενώ τους γινόταν σαφές πως δεν μας ενδιαφέρει η πραγματική μορφή που θα είχαν αυτές, καθώς το παράδειγμα μας αποτελεί απλώς ένα παράδειγμα μελέτης κίνησης, χωρίς να εστιάζουμε στο είδος της κίνησης. Οι γραφικές παραστάσεις σχεδιάζονταν ως ακολούθως:

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ



Εικόνα 6. 29 - Γραφικές παραστάσεις για τη διερεύνηση της κατανόησης των συστημάτων αναφοράς

Στη συνέχεια τους θέταμε το εξής ερώτημα. Αν αποφασίσουμε να μελετήσουμε την παραπάνω κίνηση χρησιμοποιώντας ένα διαφορετικό, ασυνήθιστο εν γένει σύστημα αναφοράς, θα άλλαζαν οι γραφικές παραστάσεις; Στο αρχικό σχήμα με το κεκλιμένο επίπεδο, σχεδιάζαμε και το νέο σύστημα αναφοράς.



Εικόνα 6. 30 - Εναλλακτικό σχήμα για τη διερεύνηση της κατανόησης των συστημάτων αναφοράς

Από την ανάλυση των συνεντεύξεων προέκυψαν 11 συνολικά παρατηρήσεις που διαχωρίστηκαν σε συμπεριφορές-αντιλήψεις σωστές, λανθασμένες και άλλες. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθώς και η κατανομή των απαντήσεων κάθε φοιτητή σε αυτή την κατηγοριοποίηση υπάρχουν στο παράρτημα 6.20. Η επιρροή των δραστηριοτήτων ανάλυσης κίνησης με το VideoPoint φαίνεται ότι στο συγκεκριμένο ζήτημα ήταν πολύ σημαντική. Υπήρχαν πολύ λίγες περιπτώσεις φοιτητών που δεν επηρεάστηκαν είτε θετικά είτε αρνητικά. Ένα πρώτο συμπέρασμα είναι το εξής:

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Αρκετοί φοιτητές πριν την πειραματική παρέμβαση δεν κατανοούσαν τον ρόλο του συστήματος αναφοράς στην μελέτη της κίνησης και τον συνέχεαν με το ρόλο ενός συστήματος αξόνων σε κάποια γραφική παράσταση. Η σύγχυση αυτή μετριάστηκε μετά από την πειραματική παρέμβαση.

Ας δούμε ένα ενδεικτικό παράδειγμα που αναφέρεται σε αυτό το συμπέρασμά μας.

Μαρία – Πρίν:

1. **Γ**: Το ερώτημα είναι το εξής. Αν σου πω ότι δε θέλω πλέον να χρησιμοποιούμε αυτό το σύστημα αναφοράς, αλλά ένα καινούριο, αυτό εδώ (σχεδιάζω). Θα αλλάξουν αυτές οι γραφικές παραστάσεις ή θα μείνουν ίδιες;
2. **Μ**: (παύση) δε το κατάλαβα.. δηλαδή..-
3. **Γ**: Είχαμε αυτό το σύστημα αναφοράς.. και σε αυτό μετράμε που βρίσκεται το σώμα μας
4. **Μ**: Μμμ
5. **Γ**: Έτσι; Και σου λέω να χρησιμοποιήσουμε ένα άλλο τώρα.. αυτό εδώ πέρα.
6. **Μ**: Μμμ
7. **Γ**: Θα αλλάξει το πώς θα βγαίνουν οι γραφικές παραστάσεις ή όχι
8. **Μ**: Όχι
9. **Γ**: Για ποιο λόγο;
10. **Μ**: Γιατί... δε παίζει ρόλο... η... θέση που έχει το..
11. **Γ**: Το σύστημα αναφοράς;
12. **Μ**: Ναι
13. **Γ**: Τι παίζει ρόλο;
14. **Μ**: Τα μεγέθη.. με το χρόνος.. με το αντικείμενο..

Τέτοιες συμπεριφορές ήταν λίγες μετά το πέρας των δραστηριοτήτων, καθώς πλέον οι φοιτητές είχαν διαχωρίσει τους όρους «σύστημα αναφοράς» και «σύστημα αξόνων». Ο διαχωρισμός αυτός δεν σημαίνει κατ' ανάγκη και κατανόηση του κάθε όρου σε βάθος (ενότητα 6.3.2.4). Φάνηκε από τις συνεντεύξεις ότι μεγάλο μέρος των φοιτητών πλέον κατανοούσε τον ρόλο του συστήματος αναφοράς ως ένα σύστημα συντεταγμένων με συγκεκριμένη αρχή αξόνων στον χώρο, το οποίο χρησιμεύει για την συλλογή των συντεταγμένων των αντικειμένων που μελετούμε. Η ανάλυση όμως των συνεντεύξεων φανέρωσε πως η κατανόηση του ρόλου του συστήματος αναφοράς από τους φοιτητές έμεινε σε αυτό το επίπεδο. Πέρα από την βασική του χρησιμότητα, οι περισσότεροι φοιτητές με κάποιες εξαιρέσεις δεν μπόρεσαν να καταλάβουν την ακριβή λειτουργία του στον τρόπο συλλογής των συντεταγμένων. Αποτέλεσμα ήταν να παρουσιαστεί ένας σημαντικός αριθμός φοιτητών που υποστήριζαν στις «μετά» συνεντεύξεις τους πως οι γραφικές παραστάσεις θα αλλάξουν, αλλά αδυνατούσαν να

αιτιολογήσουν το γιατί ή να περιγράψουν επιτυχώς τον τρόπο με τον οποίο θα αλλάξουν. Συγκεκριμένα, σε ένα πρώτο επίπεδο υπήρχαν φοιτητές που είχαν την πεποίθηση ότι εν γένει οι γραφικές παραστάσεις θα έχουν κάποια μεταβολή, βασιζόμενοι αποκλειστικά στην παρατήρηση τέτοιων αλλαγών στα πλαίσια των δραστηριοτήτων που είχαν κάνει. Ας δούμε το παρακάτω ενδεικτικό παράδειγμα της Ολυμπίας:

Ολυμπία – Πριν:

1. **Γ:** ... Αν αντί για αυτό το σύστημα αναφοράς εγώ ήθελα να χρησιμοποιήσουμε ένα καινούριο, αυτό εδώ (σχεδιάζω). Πιστεύεις ότι θα αλλάξουν αυτές οι γραφικές παραστάσεις ή όχι; (μεγάλη παύση) Άγνωστο; (μου κάνει νόημα) Τελείως απρόβλεπτο..;
2. **Ο:** Δεν ξέρω.
3. **Γ:** Οκ.

Ολυμπία – Μετά:

1. **Γ:** ... Στο νέο σύστημα αναφοράς θα αλλάξουν ή όχι;
2. **Ο:** (παύση) Θα αλλάξουν.
3. **Γ:** Για ποιο λόγο;
4. **Ο:** ... Γιατί το x... δεν είναι πια οριζόντιο με την κίνηση (γελάει λίγο)
5. **Γ:** Και..;
6. **Ο:** ... Γιατί άλλαζαν και στα μαθήματα που κάναμε, όταν αλλάζαμε το σύστημα.
7. **Γ:** Μμ... Γιατί αλλάζανε;
8. **Ο:** Α, αυτό δεν το ξέρω

Σε ένα δεύτερο επίπεδο, κάποιοι φοιτητές έφτασαν και σε γενικεύσεις για τα είδος των αλλαγών που επέρχονται στις γραφικές παραστάσεις όταν αλλάζει το σύστημα αναφοράς. Οι περισσότερες όμως από αυτές τις γενικεύσεις ήταν προς λάθος κατεύθυνση. Παραθέτουμε ένα παράδειγμα τέτοιας στάσης:

Μελίνα Μετά:

1. **Γ:** Θα αλλάξουν και οι γραφικές παραστάσεις ή δε θα αλλάξουν;
2. **Μ:** ... Οι γραφικές παραστάσεις. Όχι. Απλά θα αλλάξουν οι τιμές.
3. **Γ:** Θα αλλάξουν μόνο οι τιμές. Για ποιο λόγο-
4. **Μ:** Μπορεί να γίνουν αρνητικές.
5. **Γ:** Γιατί το λες αυτό;
6. **Μ:** ... Μισό λεπτό κιόλας να την δω κιόλας πιο πρακτικά.
7. **Γ:** Ναι.
8. **Μ:** Γιατί αν το γυρίσουμε έτσι..
9. **Γ:** Ναι..
10. **Μ:** Το x να είναι..

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

11. Γ: Ναι, ναι..
12. Μ: .. εδώ και το y, είναι πριν απ' το x.
13. Γ: Ναι.
14. Μ: Εξάλλου, αλλάζουνε και οι άξονες.. από εκεί που το βλέπουμε. Και σύμφωνα πάλι με το VideoPoint, αυτό το θυμάμαι, αν αλλάξουμε .. τον άξονα τέλος πάντων, δεν αλλάζουν οι γραφικές παραστάσεις. Αυτό που αλλάζει είναι ότι κάποιες τιμές γίνονται μείον.

Οι φοιτητές αυτοί εκτελώντας κατά γράμμα τις οδηγίες των δραστηριοτήτων εκτέλεσαν τις μετακινήσεις και στροφές του συστήματος αναφοράς και το έφεραν σε θέσεις όπου η μορφή της γραφικής παράστασης παρέμενε ίδια και μεταβάλλονταν μόνο οι τιμές. Ο σκοπός των δραστηριοτήτων αυτών ήταν διπλός. Πρώτος στόχος ήταν να ανακαλύψουν οι φοιτητές πως οι συντεταγμένες (κατ' επέκταση και η γραφική παράσταση των συνιστωσών της θέσης συναρτήσει του χρόνου) αλλάζουν όταν αλλάζουμε το σύστημα αναφοράς (παρατηρώντας τον σχετικό πίνακα του λογισμικού). Δεύτερος στόχος ήταν να συνδυαστεί η παραπάνω παρατήρηση με την ανακάλυψη της ιδέας ότι οι συντεταγμένες μπορεί να είναι και αρνητικές, άρα και οι γραφικές παραστάσεις τους συναρτήσει του χρόνου μπορούν να παίρνουν αρνητικές τιμές. Αποδείχθηκε λοιπόν πως οι φοιτητές επικέντρωσαν μόνο στην αρχική και τελική ίδια μορφή των γραφικών παραστάσεων επισημαίνοντας τις διαφορετικές τιμές (ή μόνο το διαφορετικό πρόσημο), αγνοώντας τις ενδιάμεσες διαφορετικές μορφές που σχηματίζονταν (σε κάποιες περιπτώσεις) κατά τη στροφή του συστήματος αναφοράς. Επιπλέον, την ίδια συμπεριφορά εμφάνισαν και λίγοι φοιτητές που αρχικά είχαν παρουσιάσει μια συνολικά καλή κατανόηση του ρόλου του συστήματος αναφοράς. Συνοψίζοντας, το επόμενο συμπέρασμα μας από την ανάλυση αυτού του μέρους των συνεντεύξεων είναι το εξής:

Οι περισσότεροι από τους φοιτητές που κατά την πειραματική παρέμβαση συνειδητοποίησαν τη χρησιμότητα του «συστήματος αναφοράς» στην μελέτη της κίνησης, δεν κατανόησαν και τον τρόπο λειτουργίας του αλλά περιορίστηκαν μόνο σε συμπεράσματα που βασίστηκαν στην παρατήρηση και όχι την ανακάλυψη.

Αυτό αποτελεί ένα πλήγμα στην επίδραση των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων και φανερώνει την αδυναμία τους στο συγκεκριμένο ζήτημα, αναδεικνύοντας όμως παράλληλα, για ακόμη μία φορά, την ισχυρή επίδραση του λογισμικού ανάλυσης κίνησης στην μεταβολή των αντιλήψεων των φοιτητών. Το παραπάνω συμπέρασμα

όσον αφορά την καταλυτική επίδραση του περιβάλλοντος του λογισμικού και των δραστηριοτήτων ενισχύεται και από την ύπαρξη μεμονωμένων περιπτώσεων όπου λόγω είτε λάθος χειρισμού του λογισμικού είτε λόγω κακής παρατήρησης έφτασαν στο συμπέρασμα πως οι γραφικές παραστάσεις δε θα μεταβληθούν, «γιατί έτσι συνέβη και στις δραστηριότητες». Τέτοιο παράδειγμα αποτέλεσε η περίπτωση της Παρασκευής, την απάντηση της οποίας παραθέτουμε εδώ.

Παρασκευή – Πριν:

1. **Γ:** Εγώ τώρα το ερώτημα που θέτω είναι το εξής. Αν δε θέλω να χρησιμοποιώ αυτό το σύστημα αναφοράς πλέον, αλλά ένα καινούριο, πιο ασυνήθιστο, αυτό εδώ. (σχεδιάζω) Θα αλλάξουν αυτές οι γραφικές παραστάσεις ή θα μείνουν ίδιες;
2. **Π:** (μεγάλη παύση) Δεν ξέρω.
3. **Γ:** Άγνωστο;
4. **Π:** Ναι.

Παρασκευή – Μετά:

1. **Γ:** .. Πιστεύεις ότι θα αλλάξουν και οι γραφικές παραστάσεις ή όχι;
2. **Π:** ...Όχι.
3. **Γ:** Για ποιο λόγο;
4. **Π:** Δε ξέρω (γελάει λίγο)
5. **Γ:** Απλά έτσι πιστεύεις..
6. **Π:** (γελάει) (λέω κάτι άσχετα και γελάω λίγο) Όπως ήταν στο βίντεο..
7. **Γ:** Ναι. Δεν άλλαζαν;
8. **Π:** Όχι..

6.4. Περίληψη

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα της έρευνας μας. Αρχικά παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα της ποσοτικής πλευράς της έρευνας, χρησιμοποιώντας μεθόδους στατιστικής ανάλυσης για να διαπιστωθεί αν υπάρχει διαφορά μεταξύ του προ- και μετά- σκορ των φοιτητών στο ερωτηματολόγιο αξιολόγησης για την κατανόηση γραφικών παραστάσεων. Στη συνέχεια παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα της ανάλυσης των ερευνητικών συνεντεύξεων, συνοδευμένα από αντίστοιχα αποσπάσματα διαλόγων. Τα αποτελέσματα αφορούν την κατανόηση των γραφικών παραστάσεων και την κατανόηση εννοιών της κινηματικής που αποτελούν αντικείμενο διδασκαλίας και μάθησης στη διεπιστημονική προσέγγιση διδασκαλίας της Φυσικής και των Μαθηματικών.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Κεφάλαιο 7° – Συμπεράσματα και Συζήτηση

7.1. Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται μια ανακεφαλαίωση της μελέτης μας και συνοψίζονται, μέσα από συγκεντρωτικούς πίνακες, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εμπειρική έρευνα. Εξετάζεται η επαλήθευση των ερευνητικών υποθέσεων με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας, συγκρίνονται τα αποτελέσματα με αυτά παρόμοιων μελετών και διατυπώνονται τα τελικά συμπεράσματα όσον αφορά τις ερευνητικές υποθέσεις, αλλά και τα γενικότερα συμπεράσματα της μελέτης μας. Επίσης, προτείνονται τρόποι αξιοποίησης των αποτελεσμάτων της μελέτης μας στην εκπαιδευτική πράξη και τέλος, παρουσιάζονται οι κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα που αναδεικνύονται από την μελέτη που παρουσιάστηκε σε αυτή τη διατριβή.

7.2. Ανακεφαλαίωση της Μελέτης

Η μελέτη αυτή είχε σκοπό να διερευνήσει την επίδραση κατάλληλων μέσων αναπαραστάσεων στην εννοιολογική κατανόηση όσον αφορά τα Μαθηματικά και τη Φυσική. Ως μέσο αναπαράστασης επιλέχθηκαν τα εργαστήρια βασισμένα στο βίντεο (Video-Based Laboratories ή VBL) και ως τομέας στον οποίο θα εξεταζόταν η εννοιολογική κατανόηση επιλέχθηκαν οι γραφικές παραστάσεις και κάποιες βασικές έννοιες της κινηματικής. Για να απαντήσουμε στο παραπάνω ερώτημα διεξήγαμε μια έρευνα που σκοπό είχε την διερεύνηση της επίδρασης που θα είχαν δραστηριότητες ανάλυσης κίνησης σε ένα VBL περιβάλλον στην κατανόηση των γραφικών παραστάσεων και στην κατανόηση εννοιών της κινηματικής που αποτελούν αντικείμενο μελέτης τόσο για τα Μαθηματικά όσο και για τη Φυσική. Τα VBL περιβάλλοντα περιέχουν πολλαπλές αναπαραστάσεις για την κίνηση, οι οποίες είναι δυναμικά συνδεδεμένες μεταξύ τους και τα φαινόμενα κίνησης που μελετούνται στα VBL περιβάλλοντα μπορούν να προέρχονται από καθημερινές πραγματικές καταστάσεις. Οι δραστηριότητες στις οποίες ασκήθηκαν οι φοιτητές που πήραν μέρος στην έρευνα μας είχαν σχεδιασθεί με γνώμονα την διεπιστημονική προσέγγιση στη διδασκαλία και μάθηση στα Μαθηματικά και τη Φυσική και στόχευαν στη βελτίωση εκείνων των γνώσεων και ικανοτήτων στις γραφικές παραστάσεις και στην

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

εννοιολογική κατανόηση, στις οποίες η βιβλιογραφία έχει δείξει πως συχνά υπάρχουν δυσκολίες.

Οι γραφικές παραστάσεις αποτέλεσαν το γνωστικό πεδίο στο οποίο θα ελέγχαμε την επίδραση των δραστηριοτήτων ανάλυσης κίνησης με το VBL περιβάλλον και επιλέχθηκαν ως αντιπροσωπευτικό γνωστικό πεδίο, όπου η εννοιολογική κατανόηση έχει πολύ μεγάλο ρόλο σε αντιπαράθεση με την διαδικαστική κατανόηση. Καθώς ένα από τα χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα VBL περιβάλλοντα είναι η μελέτη πραγματικών καταστάσεων, εξετάσαμε αν η επίδραση τους στην κατανόηση των γραφικών παραστάσεων διαφοροποιείται όσον αφορά τις γραφικές παραστάσεις που πλαισιώνονται από πραγματικές καταστάσεις και αυτές που δεν περιγράφουν κάποιο συγκεκριμένο πλαίσιο. Το δεύτερο γνωστικό πεδίο στο οποίο ελέγξαμε την επίδραση των δραστηριοτήτων ανάλυσης κίνησης στο VBL περιβάλλον ήταν οι βασικές, στοιχειώδεις, έννοιες της κινηματικής που αποτελούν αντικείμενο μελέτης και στα Μαθηματικά και στη Φυσική, δηλαδή η Θέση, η Ταχύτητα και η σχέση μεταξύ τους. Επιπλέον, εξετάστηκε η επίδραση στην κατανόηση του Χρόνου ως δυναμική και ανεξάρτητη μεταβλητή, στα Συστήματα Αξόνων, Συντεταγμένων και Αναφοράς και στον ρόλο τους στη μελέτη της κίνησης.

Η έρευνα που σχεδιάσαμε και εκτελέσαμε είχε ως δείγμα 48 φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και ακολούθησε το προ-πειραματικό σχέδιο, δηλαδή μία πειραματική ομάδα με έλεγχο προ- και μετά- από την πειραματική παρέμβαση. Η πειραματική παρέμβαση είχε τη μορφή της εκτέλεσης δραστηριοτήτων ανάλυσης της κίνησης ανά ζεύγη φοιτητών και για έξι διαφορετικά βίντεο. Οι δραστηριότητες ήταν κατάλληλα σχεδιασμένες να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα που η βιβλιογραφία περιγράφει πως υπάρχουν στις γραφικές παραστάσεις και την κινηματική. Η μέτρηση της κατανόησης των φοιτητών στις γραφικές παραστάσεις και στις βασικές έννοιες της κινηματικής πραγματοποιήθηκε ακολουθώντας τις αρχές της πολυμεθοδικής προσέγγισης, με ερωτηματολόγιο αξιολόγησης και με ερευνητικές συνεντεύξεις. Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν με το ερωτηματολόγιο αναλύθηκαν με στατιστική ανάλυση, ενώ για τα δεδομένα που συλλέχθηκαν με τις ερευνητικές συνεντεύξεις ακολουθήσαμε τη μέθοδο της μεταξύ περιπτώσεων ανάλυσης (cross-case analysis).

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τα ερωτηματολόγια έδειξαν πως υπήρξε στατιστικά σημαντική βελτίωση στις επιδόσεις των φοιτητών όσον

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

αφορά την κατανόηση γραφικών παραστάσεων συνολικά, αυτών που αναφέρονται σε πλαίσια πραγματικών καταστάσεων αλλά και αυτών που δεν έχουν ως πλαίσιο αναφοράς κάποια συγκεκριμένη πραγματική κατάσταση. Οι έννοιες και ικανότητες στις οποίες παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη[31] βελτίωση φαίνονται στον πίνακα 7.1.

Θεματικές Κατηγορίες που διερευνούσε το ερωτηματολόγιο	**Επί μέρους αποτελέσματα στα οποία παρουσιάστηκε βελτίωση**
Συντεταγμένες	➢ Εύρεση συντεταγμένων σε ασυνήθιστα συστήματα συντεταγμένων ➢ Πράξεις που εμπλέκουν συντεταγμένες
Ερμηνεία Μεταβλητών	➢ Σωστή ερμηνεία του y άξονα γραφικής παράστασης
Κατανόηση της Κλίσης	➢ Ερμηνεία κλίσης γραφικής παράστασης που αναφέρεται σε συγκεκριμένο πλαίσιο ➢ Ερμηνεία κλίσης γραφικής παράστασης που αναφέρεται σε αφηρημένο πλαίσιο ➢ Υπολογισμός κλίσης ευθείας γραμμής
Μεταφράσεις μεταξύ Αναπαραστάσεων	➢ Ερμηνεία της «ιστορίας» μιας γραφικής παράστασης
Κατανόηση Ρυθμού Μεταβολής	➢ Εύρεση σταθερού ρυθμού μεταβολής σε γραφική παράσταση. ➢ Σύγκριση ρυθμού μεταβολής δύο καμπύλων σε ένα σημείο

Πίνακας 7. 1 - Έννοιες και ικανότητες που εξέταζε το ερωτηματολόγιο και στις οποίες υπήρξε η σημαντικότερη βελτίωση

Η ανάλυση των συνεντεύξεων επιβεβαίωσε τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων του ερωτηματολογίου, καθώς έδειξε πως στην πλειοψηφία των εννοιών και ικανοτήτων που εξετάστηκαν υπήρξε βελτίωση στην κατανόηση των φοιτητών για τις γραφικές παραστάσεις αλλά και για τις βασικές έννοιες της κινηματικής που διερευνήθηκαν. Στον πίνακα 7.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν την μεταβολή ή μη της κατανόησης των φοιτητών για τις γραφικές παραστάσεις, ενώ στον πίνακα 7.3 παρουσιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα σχετικά με την κατανόηση των βασικών εννοιών της κινηματικής.

[31] Να σημειώσουμε πως και για τις υπόλοιπες έννοιες και ικανότητες των οποίων την κατανόηση εξέταζε το ερωτηματολόγιο, υπήρξε στις περισσότερες περιπτώσεις βελτίωση, απλά στον πίνακα 7.1 παρατίθενται αυτές για τις οποίες η βελτίωση ήταν μεγαλύτερη από τη μέση συνολική βελτίωση.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Θεματική Κατηγορία	Αποτελέσματα όπου παρατηρήθηκε βελτίωση	Αποτελέσματα όπου δεν παρατηρήθηκε βελτίωση
Συντεταγμένες και συστήματα συντεταγμένων	• Μετά την πειραματική παρέμβαση παρουσιάστηκε βελτίωση στην κατανόηση του ρόλου της αρχής του συστήματος συντεταγμένων • Μετά την πειραματική παρέμβαση παρουσιάστηκε βελτίωση στην κατανόηση των συνεπειών που έχει η μετάφορα του συστήματος συντεταγμένων στις θέσεις των αντικειμένων στο χώρο • Μετά την πειραματική παρέμβαση παρουσιάστηκε βελτίωση στη συνδέση της καθημερινής εννοίας της θέσης στο χώρο με τον μαθηματικό τρόπο προσδιορισμού της	
Ερμηνεία Μεταβλητών γραφικών παραστάσεων πλαισιωμένων σε πραγματικές καταστάσεις	Η ερμηνεία και συσχέτιση των μεταβλητών των γραφικών παραστάσεων από τους φοιτητές βελτιώθηκε μετά την πειραματική παρέμβαση για κάποιες από τις γραφικές παραστάσεις	Η ερμηνεία και η συσχέτιση των μεταβλητών των γραφικών παραστάσεων βελτιώθηκε μόνο για κάποιες από τις γραφικές παραστάσεις, ενώ η παρατήρηση βελτίωσης σχετίζεται με τη γενικότερη επίδραση της πειραματικής παρέμβασης στα συγκεκριμένα επιμέρους ερωτήματα
Μεταφραστικές ικανότητες μεταξύ αναπαραστάσεων Γραφικής Παράστασης και Νοερής Εικόνας της Κίνησης	Μετά την πειραματική παρέμβαση οι φοιτητές μπορούν να μεταφράσουν με μεγαλύτερη επιτυχία την αντιστοιχή γραφική παράσταση σε νοερή εικόνα της κίνησης	Στην περίπτωση που η γραφική παράσταση δεν αντιστοιχούσε μονοσήμαντα σε κάποιο φαινόμενο κίνησης, η μεταφράσης της γραφικής παράστασης σε νοερή εικόνα της κίνησης γίνεται μονοσήμαντα τόσο πριν όσο και μετά την πειραματική παρέμβαση
Μεταφραστικές ικανότητες μεταξύ αναπαραστάσεων Λεκτικής Περιγραφής και Γραφικών Παραστάσεων	Η ικανότητα μεταφράσης των λεκτικών περιγραφών σε γραφικές παραστάσεις βελτιώθηκε μετά την πειραματική παρέμβαση, αν και όχι για το σύνολο των ερωτήσεων	
Σύγχυση Γραφικής Παράστασης Θέσης – Χρόνου με την Τροχιά Κίνησης (GAP)	Η ερμηνεία των γραφικών παραστάσεων που περιέγραφαν φαινόμενα κίνησης και βασίζοταν στην σύγχυση της γραφικής παράστασης θέσης – χρόνου με την τροχιά κίνησης, υποχώρησε μετά την πειραματική παρέμβαση	
Η Ερμηνεία της Κλίσης ως Ταχύτητα	Μετά την πειραματική παρέμβαση οι φοιτητές έχουν βελτιωμένη ερμηνεία της κλίσης των γραφικών παραστάσεων απόστασης – χρόνου αλλ' ως η ταχύτητα των κινούμενων αντικειμένων που άφορα η γραφική παράσταση	

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Θεματική Κατηγορία	Αποτελέσματα όπου παρατηρήθηκε βελτίωση	Αποτελέσματα όπου δεν παρατηρήθηκε βελτίωση
Κατασκευαστικές ικανότητες σεις Γραφικές Παραστάσεις – Συγκρούσης με Στερεοτυπικές Αντιλήψεις	Μετά την πειραματική παρέμβαση έχει υποχωρήσει το πρότυπο της διέλευσης της γραφικής παράστασης από την αρχή των αξόνων	Μετά την πειραματική παρέμβαση δε παρατηρείται μεταβολή στην υπάρξη της [illegible] στερεοτυπικής αντίληψης στην κατασκευή γραφικών παραστάσεων από τους φοιτητές
Ερμηνεία Ασυνέχειας σε Γραφική Παράσταση		Οι φοιτητές επεδείξαν μετρία συνολικά κατανόηση για γραφικές παραστάσεις που περιέχουν ασυνέχειες τόσο πριν, όσο και μετά την πειραματική παρέμβαση
Συγχύση γραφικής παράστασης που εκφράζει αναλογία με χρονική εξέλιξη φαινομένου – Ένα GAP σφάλμα διαφορετικής μορφής		Στην ερμηνεία των φοιτητών για τη γραφική παράσταση που εκφράζει την αναλογία μεταξύ δύο μεταβλητών, οι φοιτητές εισήγαγαν στοιχεία της καθημερινότητας που αφορούν την χρονική εξέλιξη του φαινομένου που αναπαρίσταται, παρότι αυτά δεν προκύπτουν από τη γραφική παράσταση
Συνθετες δυσκολίες στη μεταφραση μεταξύ αναπαραστάσεων		Η μεταφραση μεταξύ αναπαραστάσεων της λεκτικής περιγραφής και της γραφικής παράστασης είναι ενίοτε προβληματική τόσο πριν όσο και μετά την πειραματική παρέμβαση, για σύνθετους λόγους που αφορούν τις ικανότητες μετάφρασης, παρερμηνείες και το εκάστοτε πλαίσιο το οποίο περιγράφεται από τις αναπαραστάσεις
Γραφικές Παραστάσεις που δεν αναφερόνται σε πλαίσια πραγματικών καταστάσεων	• Μετά την πειραματική παρέμβαση βελτιώνεται η κατανόηση της κλίσης της γραφικής παράστασης από τους φοιτητές, καθώς πλέον κατανοούν ότι παράλληλες γραμμές έχουν την ίδια κλίση • Για γραφικές παραστάσεις που αφορούν την συγκριση του ρυθμού μεταβολής σε διαστήματα, παρατηρούνται μετά την πειραματική παρέμβαση βελτιωμένες στρατηγικές λύσεις από τους φοιτητές	

Πίνακας 7.2 - Συγκεντρωτική παρουσιαση αποτελεσματων αναλυσης των ερευνητικών συνεντευξεων για την κατανοηση των γραφικών παραστάσεων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΑΙ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Θεματική Κατηγορία	Αποτελέσματα όπου παρατηρήθηκε βελτίωση	Αποτελέσματα όπου δεν παρατηρήθηκε βελτίωση	Σχόλια
Θέση	• Μείωση των λαθών στην ερώτηση για τη θέση του ηλεκτρονίου στο άτομο του υδρογόνου.	• Δυσκολία στην κατανόηση της έννοιας της θέσης του ηλεκτρονίου στο άτομο του υδρογόνου.	Η ερώτηση αφορούσε τη θέση του ηλεκτρονίου στο άτομο του υδρογόνου. Η μείωση των λαθών μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι η ερώτηση αυτή δεν απαιτούσε κατανόηση της έννοιας της θέσης, αλλά μόνο απομνημόνευση.
Ταχύτητα Επιτάχυνση Ο δεύτερος νόμος του Newton Δυνάμεις επαφής	• Μείωση των λαθών στην ερώτηση για τη σχέση μεταξύ ταχύτητας και επιτάχυνσης. • Μείωση των λαθών στην ερώτηση για τη σχέση μεταξύ δύναμης και επιτάχυνσης. • Μείωση των λαθών στην ερώτηση για τη σχέση μεταξύ μάζας και επιτάχυνσης. • Μείωση των λαθών στην ερώτηση για τη σχέση μεταξύ δύναμης και μάζας. • Μείωση των λαθών στην ερώτηση για τη σχέση μεταξύ δύναμης και επιτάχυνσης.	• Δυσκολία στην κατανόηση της έννοιας της ταχύτητας. • Δυσκολία στην κατανόηση της έννοιας της επιτάχυνσης. • Δυσκολία στην κατανόηση της σχέσης μεταξύ ταχύτητας και επιτάχυνσης. • Δυσκολία στην κατανόηση της σχέσης μεταξύ δύναμης και επιτάχυνσης. • Δυσκολία στην κατανόηση της σχέσης μεταξύ μάζας και επιτάχυνσης. • Δυσκολία στην κατανόηση της σχέσης μεταξύ δύναμης και μάζας.	Η μείωση των λαθών στις ερωτήσεις που αφορούσαν τη σχέση μεταξύ ταχύτητας και επιτάχυνσης, δύναμης και επιτάχυνσης, μάζας και επιτάχυνσης, και δύναμης και μάζας, μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι οι ερωτήσεις αυτές δεν απαιτούσαν κατανόηση των εννοιών, αλλά μόνο απομνημόνευση. Η δυσκολία στην κατανόηση των εννοιών αυτών μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαθητές δεν έχουν αναπτύξει τις απαραίτητες γνωστικές δεξιότητες για να κατανοήσουν τις έννοιες αυτές.
Τριβή Δυνάμεις επαφής	• Μείωση των λαθών στην ερώτηση για τη σχέση μεταξύ τριβής και κίνησης. • Μείωση των λαθών στην ερώτηση για τη σχέση μεταξύ τριβής και επιτάχυνσης.	• Δυσκολία στην κατανόηση της έννοιας της τριβής. • Δυσκολία στην κατανόηση της σχέσης μεταξύ τριβής και κίνησης. • Δυσκολία στην κατανόηση της σχέσης μεταξύ τριβής και επιτάχυνσης.	Η μείωση των λαθών στις ερωτήσεις που αφορούσαν τη σχέση μεταξύ τριβής και κίνησης, και τριβής και επιτάχυνσης, μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι οι ερωτήσεις αυτές δεν απαιτούσαν κατανόηση των εννοιών, αλλά μόνο απομνημόνευση. Η δυσκολία στην κατανόηση των εννοιών αυτών μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαθητές δεν έχουν αναπτύξει τις απαραίτητες γνωστικές δεξιότητες για να κατανοήσουν τις έννοιες αυτές.
Ενέργεια Διατήρηση της μηχανικής ενέργειας	• Μείωση των λαθών στην ερώτηση για τη διατήρηση της μηχανικής ενέργειας.	• Δυσκολία στην κατανόηση της έννοιας της ενέργειας. • Δυσκολία στην κατανόηση της διατήρησης της μηχανικής ενέργειας.	Η μείωση των λαθών στην ερώτηση για τη διατήρηση της μηχανικής ενέργειας μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι η ερώτηση αυτή δεν απαιτούσε κατανόηση της έννοιας της διατήρησης, αλλά μόνο απομνημόνευση. Η δυσκολία στην κατανόηση της έννοιας της ενέργειας μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαθητές δεν έχουν αναπτύξει τις απαραίτητες γνωστικές δεξιότητες για να κατανοήσουν την έννοια αυτή.

Πίνακας 7.1 - Συνοπτική παρουσίαση των βασικών ευρημάτων της παρούσας διατριβής

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

7.3. Έλεγχος Ερευνητικών Υποθέσεων

Σε αυτή την ενότητα γίνεται ο έλεγχος των ερευνητικών υποθέσεων που είχαν διατυπωθεί στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας (ενότητα 4.4.2). Η επιβεβαίωση ή απόρριψη τους γίνεται με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας μας που παρουσιάστηκαν εκτενώς στο κεφάλαιο 6 και πιο συνοπτικά στην προηγούμενη ενότητα (7.2).

7.3.1. Ερευνητική Υπόθεση 1

Η 1η ερευνητική υπόθεση είχε την παρακάτω διατύπωση:

> «*Τα υποκείμενα της έρευνας θα επιδείξουν βελτιωμένη κατανόηση στις γραφικές παραστάσεις όταν ασκηθούν στην ανάλυση κίνησης που περιέχεται σε ψηφιακό βίντεο μέσα σε ένα VBL περιβάλλον και μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες*».

Η βελτίωση μετά την πειραματική παρέμβαση του σκορ των φοιτητών που αντιπροσωπεύει τη συνολική κατανόηση των γραφικών παραστάσεων κατά 37,4% με στατιστικά σημαντικό τρόπο, σύμφωνα με την στατιστική ανάλυση των δεδομένων του ερωτηματολογίου αξιολόγησης επιβεβαιώνει την 1η ερευνητική υπόθεση. Η 1η ερευνητική υπόθεση επιβεβαιώνεται και από την ανάλυση των ερευνητικών συνεντεύξεων, όπως αυτή παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 6 (ενότητα 6.3.1) και συνοψίζεται στον πίνακα 7.2. Η ανάλυση αυτή δείχνει πως στις σημαντικότερες έννοιες και ικανότητες που αφορούν την κατανόηση γραφικών παραστάσεων και εξετάστηκαν με τη μέθοδο των συνεντεύξεων, υπήρχε βελτίωση, ενώ όπου δεν σημειώθηκε αξιόλογη μεταβολή, τα επιμέρους αποτελέσματα συνδέονται περισσότερο με το πλαίσιο της επιμέρους ερώτησης παρά με κάποια γενική ικανότητα ή έννοια που σχετίζεται με την κατανόηση των γραφικών παραστάσεων. Επιπλέον, η σύγκριση του πίνακα 7.2 με τον πίνακα 7.1 ενισχύει την αξιοπιστία της επιβεβαίωσης της πρώτης ερευνητικής υπόθεσης, καθώς σε μεγάλο βαθμό υπάρχει διασταύρωση των θετικών αποτελεσμάτων από δύο διαφορετικές ερευνητικές μεθόδους.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Από την επιβεβαίωση της 1ης ερευνητικής υπόθεσης οδηγούμαστε στο παρακάτω συμπέρασμα της μελέτης μας:

> *«Ο ερευνητικός πληθυσμός μας επιδεικνύει βελτιωμένη κατανόηση στις γραφικές παραστάσεις όταν ασκηθεί στην ανάλυση κίνησης που περιέχεται σε ψηφιακό βίντεο μέσα σε ένα VBL περιβάλλον και μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες»*

7.3.2. Ερευνητική Υπόθεση 2

Η 2η ερευνητική υπόθεση είχε την παρακάτω διατύπωση:

> *«Η κατανόηση των υποκειμένων της έρευνας στις γραφικές παραστάσεις πραγματικών καταστάσεων θα βελτιωθεί σημαντικά όταν αυτά ασκηθούν στην ανάλυση κίνησης που περιέχεται σε ψηφιακό βίντεο μέσα σε ένα VBL περιβάλλον και μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες».*

Η βελτίωση μετά την πειραματική παρέμβαση του σκορ των φοιτητών που αντιπροσωπεύει την κατανόηση γραφικών παραστάσεων που περιγράφουν πραγματικές καταστάσεις κατά 37,9% με στατιστικά σημαντικό τρόπο, σύμφωνα με την στατιστική ανάλυση των δεδομένων του ερωτηματολογίου αξιολόγησης επιβεβαιώνει την 2η ερευνητική υπόθεση. Η 2η ερευνητική υπόθεση επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα της ανάλυσης των ερευνητικών συνεντεύξεων, όπως παρουσιάστηκαν εκτενώς στο κεφάλαιο 6 (ενότητα 6.3.1) και συνοψίζονται σε αυτό το κεφάλαιο στον πίνακα 7.2. Τα αποτελέσματα αυτά έδειξαν πως για τις σημαντικότερες έννοιες και ικανότητες που σχετίζονται με την κατανόηση γραφικών παραστάσεων που αναφέρονται σε συγκεκριμένα, πραγματικά πλαίσια, οι φοιτητές επέδειξαν βελτιωμένη κατανόηση μετά την πειραματική παρέμβαση, επιβεβαιώνοντας και το αντίστοιχο αποτέλεσμα της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων που είχαν συλλεχθεί με το ερωτηματολόγιο. Η επιβεβαίωση της 2ης ερευνητικής υπόθεσης οδηγεί στο παρακάτω συμπέρασμα της μελέτης μας:

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

«Η κατανόηση του ερευνητικού μας πληθυσμού για τις γραφικές παραστάσεις πραγματικών καταστάσεων βελτιώνεται σημαντικά όταν ασκηθεί στην ανάλυση κίνησης που περιέχεται σε ψηφιακό βίντεο μέσα σε ένα VBL περιβάλλον και μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες»

7.3.3. Ερευνητική Υπόθεση 3

Η 3η ερευνητική υπόθεση είχε την παρακάτω διατύπωση:

«Η κατανόηση των υποκειμένων της έρευνας στις γραφικές παραστάσεις που αναφέρονται σε αόριστο, αφηρημένο πλαίσιο θα βελτιωθεί σημαντικά όταν αυτά ασκηθούν στην ανάλυση κίνησης που περιέχεται σε ψηφιακό βίντεο μέσα σε ένα VBL περιβάλλον και μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες».

Η βελτίωση μετά την πειραματική παρέμβαση του σκορ των φοιτητών που αντιπροσωπεύει την κατανόηση γραφικών παραστάσεων που δεν αναφέρονται σε πραγματικά, καθημερινά πλαίσια κατά 36,9% με στατιστικά σημαντικό τρόπο, σύμφωνα με την στατιστική ανάλυση των δεδομένων του ερωτηματολογίου αξιολόγησης επιβεβαιώνει την 3η ερευνητική υπόθεση.

Για την 3η ερευνητική υπόθεση δεν συγκεντρώθηκαν επαρκή δεδομένα με τη μέθοδο των ερευνητικών συνεντεύξεων για την άντληση ασφαλών συμπερασμάτων. Οι λόγοι περιγράφονται στην ενότητα 6.3.1.8 του προηγούμενου κεφαλαίου και αφορούν ζητήματα μεθοδολογίας και λειτουργικού ορισμού των μεταβλητών (ενότητα 4.4.1.2). Στην ίδια παράγραφο παρουσιάζεται η ανάλυση για τα δύο ερωτήματα στα οποία είχαμε συγκεντρώσει επαρκή δεδομένα και για τα οποία τα αποτελέσματα δείχνουν πως υπήρξε βελτίωση της κατανόησης των φοιτητών για τις γραφικές παραστάσεις που αναφέρονται σε αόριστα, αφηρημένα πλαίσια. Αυτά τα δύο θετικά αποτελέσματα συμβαδίζουν με τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων του ερωτηματολογίου αξιολόγησης, ενισχύοντας την επιβεβαίωση της 3ης ερευνητικής υπόθεσης, αν και η επιβεβαίωση αυτή έρχεται με μειωμένη ισχύ και αξιοπιστία.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Η επιβεβαίωση της 3ης ερευνητικής υπόθεσης οδηγεί στο παρακάτω συμπέρασμα της μελέτης μας:

> *«Η κατανόηση του ερευνητικού μας πληθυσμού στις γραφικές παραστάσεις που αναφέρονται σε αόριστο, αφηρημένο πλαίσιο βελτιώνεται σημαντικά όταν ασκηθεί στην ανάλυση κίνησης που περιέχεται σε ψηφιακό βίντεο μέσα σε ένα VBL περιβάλλον και μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες»*

7.3.4. Ερευνητική Υπόθεση 4

Η 4η ερευνητική υπόθεση είχε την παρακάτω διατύπωση:

> *«Τα υποκείμενα της έρευνας θα επιδείξουν σημαντικά βελτιωμένη κατανόηση διεπιστημονικών εννοιών που προέρχονται από τα Μαθηματικά και από την Φυσική όταν αυτά ασκηθούν στην ανάλυση κίνησης που περιέχεται σε ψηφιακό βίντεο μέσα σε ένα VBL περιβάλλον και μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες».*

Οι διεπιστημονικές έννοιες που είχαν επιλεχθεί (ενότητα 4.4.1.4) ήταν οι παρακάτω βασικές έννοιες της κινηματικής:

- Η θέση ενός κινητού.
- Η ταχύτητα ενός κινητού.
- Η σχέση μεταξύ θέσης και ταχύτητας.
- Συστήματα συντεταγμένων – συστήματα αναφοράς.
- Ο χρόνος ως δυναμική και ανεξάρτητη μεταβλητή.
- Γραφικές παραστάσεις ταχύτητας – χρόνου – Η έννοια της αρνητικής ταχύτητας.
- Ο ρόλος του Συστήματος Αναφοράς στη μορφή των γραφικών παραστάσεων.

Όπως παρουσιάστηκε εκτενώς στο κεφάλαιο 6 (ενότητα 6.3.2) και συνοπτικά νωρίτερα σε αυτό το κεφάλαιο στον πίνακα 7.3, υπήρξε βελτίωση, αν και όχι θεαματική, της κατανόησης των παραπάνω εννοιών από τους φοιτητές, επιβεβαιώνοντας την 4η ερευνητική υπόθεση όχι συνολικά, αλλά κατά μέρη. Συγκεκριμένα, μετά την πειραματική παρέμβαση οι φοιτητές παρουσίασαν

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

βελτιωμένη κατανόηση για τις έννοιες της Θέσης, της Ταχύτητας, την αλγεβρική αναπαράσταση της ταχύτητας στα πλαίσια μιας γραφικής παράστασης (αρνητική ταχύτητα), καθώς και για το ρόλο του Συστήματος Αναφοράς στην μορφή των γραφικών παραστάσεων που αφορούν την κίνηση. Θετικά αλλά και αρνητικά αποτελέσματα αποκάλυψε η ανάλυση των συνεντεύξεων μετά την πειραματική παρέμβαση για τη σχέση μεταξύ Θέσης και Ταχύτητας που έχουν οι φοιτητές, καθώς και για την κατανόηση τους για τον Χρόνο ως δυναμική και ανεξάρτητη μεταβλητή. Καμία μεταβολή δε σημειώθηκε στην κατανόηση των φοιτητών για τους όρους Σύστημα Αξόνων, Συντεταγμένων και Αναφοράς.

Οι παραπάνω επί μέρους επιβεβαιώσεις και απορρίψεις της 4ης ερευνητικής μας υπόθεσης οδηγούν στο εξής συμπέρασμα της μελέτης μας:

> *«Ο ερευνητικός μας πληθυσμός, όταν ασκηθεί στην ανάλυση κίνησης που περιέχεται σε ψηφιακό βίντεο μέσα σε ένα VBL περιβάλλον και μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες, επιδεικνύει σημαντικά βελτιωμένη κατανόηση για τις εξής έννοιες που προέρχονται από τα Μαθηματικά και από την Φυσική: Η θέση ενός κινητού, Η ταχύτητα ενός κινητού, Γραφικές παραστάσεις ταχύτητας-χρόνου – Η έννοια της αρνητικής ταχύτητας, Ο ρόλος του Συστήματος Αναφοράς στη μορφή των γραφικών παραστάσεων. Αντίθετα, για τις παρακάτω διεπιστημονικές έννοιες ο ερευνητικός μας πληθυσμός δεν επιδεικνύει σημαντικά βελτιωμένη κατανόηση: Η σχέση μεταξύ θέσης και ταχύτητας, Συστήματα συντεταγμένων – συστήματα αναφοράς, Ο χρόνος ως δυναμική και ανεξάρτητη μεταβλητή».*

7.4. Σύγκριση με Αποτελέσματα Παρόμοιων Ερευνών

Μελετώντας τους σκοπούς και τη μεθοδολογία παρελθόντων ερευνών, όπως παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν στο τρίτο κεφάλαιο (ενότητα 3.4.4.), διακρίνουμε εκείνες που πλησιάζουν περισσότερο στους σκοπούς και τη μεθοδολογία της δικής μας έρευνας (Beichner, 1990, Beichner, 1994, Zollman & Brungardt, 1995, Escalada et. al. 1996, Escalada & Zollman, 1997, Hein & Zollman, 1997 και 2000) και επιχειρούμε σε αυτό το σημείο να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα τους με αυτά της δικής μας έρευνας. Ένα κοινό εύρημα των παραπάνω ερευνών και της δικής μας αφορά τη στάση των υποκειμένων της έρευνας απέναντι στην τεχνολογία των VBL.

Αν και στις περισσότερες από τις προσναφερθείσες έρευνας, όπως και στη δική μας, δεν χρησιμοποιήθηκε κάποιο ερωτηματολόγιο στάσεων, η συνολική εικόνα που απορρέει από την έρευνα μας είναι θετική όσον αφορά τη στάση των φοιτητών που πήραν μέρος σε αυτήν απέναντι στην τεχνολογία των VBL ειδικά, αλλά και απέναντι στην χρήση Η/Υ για τη διευκόλυνση της μάθησης και της διδασκαλίας γενικότερα. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από τις σημειώσεις και τις παρατηρήσεις του ερευνητή κατά την εκτέλεση της έρευνας, αλλά και από επί μέρους σχετικά σχόλια των φοιτητών κατά τις συνεντεύξεις που διεξήγαμε μαζί τους. Το ίδιο αποτέλεσμα σημειώθηκε και σε όλες τις έρευνες που αναφέρθηκαν προηγουμένως, και έτσι εδώ η δική μας μελέτη αν και δεν είχε σκοπό την εις βάθος διερεύνηση αυτής της πτυχής στη χρήση VBL για τη διδασκαλία και μάθηση, έρχεται να επιβεβαιώσει τα αποτελέσματα παρελθόντων ερευνών.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα που σχετίζονται με την κατανόηση γραφικών παραστάσεων και εννοιών της κινηματικής, υπάρχουν και κοινά αλλά και αντίθετα ευρήματα συγκριτικά με τις άλλες μελέτες. Όπως και στη μελέτη των Escalada et. al., 1996, έτσι και στη δική μας ένα από τα ευρήματα ήταν πως η ανάλυση κίνησης στα VBL ενισχύει την κατανόηση του ρόλου του συστήματος αναφοράς στην μελέτη των κινήσεων. Αναφορικά όμως με την κατανόηση γραφικών παραστάσεων και εννοιών της κινηματικής η δική μας μελέτη φαίνεται να συμφωνεί με τα αποτελέσματα των ερευνών των Beichner (1994) και εν μέρει με των Zollman και Brungardt (1995) ενώ συγκρούεται εν μέρει με τα αποτελέσματα των ερευνών των Beichner (1990), Zollman και Brungardt (1995) και Hein και Zollman (1997 και 2000).

Πρέπει στο σημείο αυτό να σημειώσουμε πως οι προαναφερόμενες έρευνες δεν είχαν ακριβώς κοινούς στόχους και αντικείμενο με τη δική μας έρευνα, αλλά ούτε και μεταξύ τους. Σε γενικές γραμμές η σύγκριση που επιχειρούμε σε αυτή την ενότητα αφορά την επιτυχία της χρήσης VBL στη διδασκαλία και μάθηση Φυσικής και Μαθηματικών όσον αφορά τους στόχους που είχαν τεθεί για τα επιμέρους παρόμοια μεταξύ τους γνωστικά αντικείμενα. Ανατρέχοντας πάντως και στην παρουσίαση των συγκεκριμένων ερευνών στο τρίτο κεφάλαιο (ενότητα 3.4.4.) παρατηρούμε ότι οι έρευνες τα αποτελέσματα των οποίων συμφωνούν με τα δικά μας, είναι αυτές που είχαν σχεδιασθεί με την προσεκτικότερη μεθοδολογία και συνήθως δεν αποτελούσαν πρώτες απόπειρες μελέτης των συγκεκριμένων θεμάτων, αλλά πιο ολοκληρωμένες διερευνήσεις που λάμβαναν υπόψη αποτελέσματα και παρατηρήσεις προηγούμενων ερευνών. Αντίθετα, οι έρευνες τα αποτελέσματα των οποίων έρχονται σε κάποια

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

σύγκρουση με τα αποτελέσματα της δικής μας έρευνας, είναι με εξαίρεση την έρευνα των Hein και Zollman (1997 και 2000), έρευνες που κατά την συζήτηση των αποτελεσμάτων τους απέδιδαν την διάψευση των ερευνητικών τους υποθέσεων σε πιθανά προβλήματα της συγκεκριμένης μεθοδολογίας και του ερευνητικού σχεδιασμού που είχαν υιοθετήσει.

7.5. Γενικότερα Συμπεράσματα και Προτάσεις Αξιοποίησης των Αποτελεσμάτων

Η επαλήθευση των τριών πρώτων ερευνητικών υποθέσεων και η μερική επαλήθευση της τέταρτης ερευνητικής υπόθεσης που είχαμε διατυπώσει, αποδεικνύουν πως δραστηριότητες ανάλυσης κίνησης μέσα σε ένα VBL περιβάλλον μπορούν να βελτιώσουν την κατανόηση των φοιτητών γύρω από τις γραφικές παραστάσεις και κάποιες από τις βασικές έννοιες της κινήματικής. Το συμπέρασμα αυτό είναι σημαντικής αξίας καθώς για πρώτη φορά υπάρχει ένα σίγουρο αποτέλεσμα για την επίδραση των VBL στη μάθηση, και μάλιστα όσον αφορά την κατανόηση των γραφικών παραστάσεων γενικά και όχι εξειδικευμένα στα στενά πλαίσια κάποιου τομέα της επιστήμης. Τα VBL στα πλαίσια της δικής μας έρευνας λειτούργησαν ως ένα περιβάλλον που παρέχει πολλαπλές, δυναμικές και ισχυρές αναπαραστάσεις για τα φαινόμενα της κίνησης και αποδείχθηκε ότι η μελέτη της κίνησης μέσα από αυτά έχει θετικά αποτελέσματα σε ένα τομέα χαρακτηριστικό της εννοιολογικής κατανόησης, αυτόν της κατανόησης των γραφικών παραστάσεων. Ο διεπιστημονικός χαρακτήρας των δραστηριοτήτων, τον στόχων και των μεθόδων αξιολόγησης της έρευνας μας λειτούργησε με επιτυχία και χωρίς προβλήματα, επιβεβαιώνοντας τις υποθέσεις μας και αυτές της σχετικής βιβλιογραφίας όσον αφορά την ωφελιμότητα του στη μάθηση. Συνδέθηκε με αυτόν τον τρόπο ο ρόλος των κατάλληλων αναπαραστάσεων στην εννοιολογική μάθηση στα Μαθηματικά και τη Φυσική, αποδεικνύοντας τον επιτυχή ρόλο που μπορούν να έχουν νέα τεχνολογικά μέσα που αξιοποιούν τις κατάλληλες αναπαραστάσεις, όπως είναι τα εργαστήρια βασισμένα στο βίντεο (VBL).

Δεν πρέπει μάλιστα να παραβλέπουμε τις δυνατότητες επιτυχίας των VBL για την ενίσχυση της διδασκαλίας και της μάθησης που τονίζονται από τον ερευνητικό πληθυσμό που χρησιμοποιήσαμε. Οι φοιτητές που αποτέλεσαν το δείγμα μας, ήταν

φοιτητές ενός πανεπιστημιακού παιδαγωγικού τμήματος, χωρίς πρότερο ιδιαίτερο ενδιαφέρον ή ιδιαίτερη εκπαίδευση στις θετικές επιστήμες. Η βελτίωση της κατανόησης τέτοιων υποκειμένων γύρω από τις γραφικές παραστάσεις και διεπιστημονικές έννοιες από τα Μαθηματικά και τη Φυσική είναι κατά τη γνώμη μας χαρακτηριστική των δυνατοτήτων των VBL σε συνδυασμό με τις κατάλληλες δραστηριότητες για την ενίσχυση της εννοιολογικής μάθησης.

Έχοντας αποδείξει τα θετικά αποτελέσματα των δραστηριοτήτων ανάλυσης κίνησης μέσα από VBL περιβάλλοντα στην εννοιολογική κατανόηση των φοιτητών για ένα τομέα τόσο δύσκολο και σύνθετο όσο οι γραφικές παραστάσεις, είναι εύλογο να προτείνουμε αυτή η μέθοδος να εισαχθεί στην εκπαιδευτική πράξη. Αν και μένει να αποδειχθεί, είναι εύλογο να θεωρούμε πως για ειδικότερους μαθησιακούς στόχους είτε στα Μαθηματικά, είτε περισσότερο στη Φυσική, είτε και για μια διεπιστημονική προσέγγιση, τα αποτελέσματα θα είναι το ίδιο ή και περισσότερο επιτυχή για την βελτίωση της κατανόησης στα σχετικά γνωστικά αντικείμενα. Η δυνατότητα μάλιστα εστίασης της εκάστοτε δραστηριότητας σε έννοιες και ικανότητες που ποικίλουν από τις πλέον βασικές, όπως ήταν για παράδειγμα στις δικές μας δραστηριότητες οι πράξεις με συντεταγμένες, ως αυτές που χαρακτηρίζονται ανωτέρου επιπέδου (για παράδειγμα μοντελοποίηση της κίνησης ή διαφορικός και ολοκληρωτικός λογισμός), προσφέρουν τη δυνατότητα χρήσης της μεθόδου μας τόσο στη δευτεροβάθμια όσο και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση.

Πραγματικά, στην εποχή της Κοινωνίας της Πληροφορίας (ΚτΠ) και την εισαγωγή των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας (Τ.Π.Ε.) στα σχολεία είναι ίσως η καταλληλότερη στιγμή για να εκμεταλλευθούμε τις υπάρχουσες υποδομές που υπάρχουν στα σχολεία και τα πανεπιστήμια για την εισαγωγή νέων μεθόδων, όπως είναι τα VBL περιβάλλοντα, για την υποστήριξη της διδασκαλίας και της μάθησης. Οι τεχνικές υποδομές πλέον υπάρχουν στη χώρα μας τόσο στη δευτεροβάθμια όσο και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, ενώ επιπλέον υπάρχουν μαθήματα τεχνολογίας και πληροφορικής τα οποία έχουν εξοικειώσει τους μαθητές με τις Νέες Τεχνολογίες. Τα παραπάνω γεγονότα καθιστούν εύκολη και απροβλημάτιστη την εισαγωγή των VBL (ανάμεσα και σε άλλες Τ.Π.Ε.) ως μαθησιακά βοηθητικά περιβάλλοντα για τους μαθητές. Η εξοικείωση και των καθηγητών με τις Νέες Τεχνολογίες μέσω των εκπαιδευτικών προγραμμάτων της ΚτΠ, βοηθά επίσης σε μία τέτοια κατεύθυνση, αν και ο ρόλος των εκπαιδευτικών για

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

τη χρησιμοποίηση Τ.Π.Ε. όπως είναι τα VBL στις σχολικές αίθουσες θα πρέπει να υποστηριχθεί και ενισχυθεί επαρκώς προκειμένου να μπορούν οι εκπαιδευτικοί να αξιοποιήσουν τεχνολογίες όπως τα VBL στη διδασκαλία τους.

7.6. Μελλοντική Έρευνα

Η επαλήθευση των ερευνητικών μας υποθέσεων οδήγησε στη διατύπωση συμπερασμάτων που αναφέρθηκαν στις δύο προηγούμενες ενότητες και αφορούν τη χρήση των VBL περιβαλλόντων σε συνδυασμό με κατάλληλες δραστηριότητες για την ενίσχυση της εννοιολογικής κατανόησης στα Μαθηματικά και τη Φυσική. Τα συμπεράσματα όμως αυτά συνοδεύονται και από ερωτήματα και ζητήματα που αποτελούν αντικείμενα μελλοντικής μελέτης.

Το πιο σημαντικό ζήτημα που χρήζει μελλοντικής έρευνας είναι η σύγκριση των VBL περιβαλλόντων με τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας και με τις μεθόδους που υιοθετούν διαφορετικά τεχνολογικά μέσα για τους ίδιους σκοπούς. Στην παραπάνω πρόταση στον όρο «*παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας*» εννοούμε τόσο τη διδασκαλία με μορφή διαλέξεων στο περιβάλλον μιας σχολικής αίθουσας, όσο και τη διδασκαλία που χρησιμοποιεί εργαστήρια και δραστηριότητες σε αυτά για τους μαθητές. Οι έννοιες γύρω από τις οποίες ήταν σχεδιασμένες οι δραστηριότητες της έρευνας μας, θα μπορούσαν να διδαχθούν με τέτοιες παραδοσιακές μεθόδους και να σημειωθούν επίσης θετικά αποτελέσματα. Το ίδιο ισχύει και για τη χρήση μεθόδων που αξιοποιούν την τεχνολογία και μάλιστα μπορούν να συγκριθούν πιο άμεσα με τα VBL, μέσα όπως είναι τα εργαστήρια βασισμένα στους υπολογιστές (MBL) και τα λογισμικά προσομοιώσεων, με τη χρήση που περιγράφηκε για αυτά στη συζήτηση που έγινε στο κεφάλαιο 3 αυτής της διατριβής. Καθώς η χρησιμότητα και η αξία των δραστηριοτήτων ανάλυσης κίνησης αποδείχθηκε από την παρούσα μελέτη, είναι πλέον ώριμο να γίνει έρευνα που θα συγκρίνει τα αποτελέσματα αυτού του τρόπου μάθησης και διδασκαλίας με αυτούς της παραδοσιακής διδασκαλίας, της διδασκαλίας με MBL και της διδασκαλίας με λογισμικά προσομοιώσεων που μελετούν κινήσεις.

Ένα δεύτερο σημαντικό ερώτημα που προκύπτει και αν απαντηθεί θετικά θα ενισχύσει την αξιοπιστία των συμπερασμάτων της δικής μας μελέτης είναι αυτό της επίδρασης των VBL σε διαφορετικό ερευνητικό πληθυσμό. Η επαλήθευση ή μη των αποτελεσμάτων της δικής μας μελέτης σε διαφορετικό ερευνητικό πληθυσμό θα

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ενισχύσει ή αποδυναμώσει αντίστοιχα τα αποτελέσματα της έρευνας μας. Επιπλέον, η έρευνα των ίδιων δραστηριοτήτων σε διαφορετικούς ερευνητικούς πληθυσμούς θα αποκαλύψει πιθανόν παραμέτρους που είναι σημαντικές για τον κάθε πληθυσμό, φέρνοντας στο φως σημαντικές παραμέτρους που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον σχεδιασμό των σχετικών δραστηριοτήτων για κάθε πληθυσμό.

Τέλος, ένα ακόμη ζήτημα που αποτελεί αντικείμενο μελλοντικής έρευνας είναι η χρήση διαφορετικών ειδών και μορφών κίνησης που αναλύονται στα VBL περιβάλλοντα. Η θεωρία για την αξία των VBL περιβαλλόντων στην εκπαιδευτική πράξη υποστηρίζει πως σημαντική παράμετρος που συμβάλλει στην επιτυχία τους είναι η δυνατότητα να αναλύουν βίντεο από πραγματικές, καθημερινές σκηνές[32]. Αν και είναι λογικό οι πραγματικές και καθημερινές σκηνές να δίνουν περισσότερα κίνητρα για μελέτη και ανάλυση στους μαθητές, θα πρέπει να ερευνηθεί τι είδους κινήσεις και καταστάσεις έχουν την θετικότερη επίδραση αναλόγως φυσικά και με τον ερευνητικό πληθυσμό. Για παράδειγμα, ίσως σκηνές μη πραγματικές, όπως είναι αυτές των κινουμένων σχεδίων, να παρουσιάζουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον για μικρότερες ηλικίες ή σκηνές με κινήσεις κινηματογραφημένες σε εργαστήριο να παρουσιάζουν αυξημένο ενδιαφέρον για φοιτητές πανεπιστημίων. Τόσο δηλαδή η μορφή της κίνησης στο βίντεο (πραγματική ή τεχνητή – animation), όσο και το περιεχόμενο της κίνησης πρέπει να ερευνηθούν πως και πόσο πιθανώς επηρεάζουν τα μαθησιακά αποτελέσματα.

7.7. Περίληψη

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκε μια ανακεφαλαίωση της μελέτης μας και τα αποτελέσματα της σε συνοπτική, συγκεντρωτική μορφή. Έγινε ο έλεγχος των ερευνητικών υποθέσεων που είχαν τεθεί και διατυπώθηκαν τα αντίστοιχα συμπεράσματα στα οποία καταλήξαμε. Στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου παρουσιάστηκε μια σύγκριση των αποτελεσμάτων της μελέτης μας με αυτά παρόμοιων μελετών και έπειτα διατυπώθηκαν γενικότερα συμπεράσματα γύρω από τη μελέτη μας, ενώ προτάθηκαν και τρόποι αξιοποίησης των αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων μας στην εκπαιδευτική πράξη. Τέλος, διατυπώθηκαν προτάσεις για μελλοντική έρευνα, όπως αυτές προκύπτουν από τη δική μας μελέτη.

[32] Όπως αναλύσαμε στο κεφάλαιο 3, ενότητα 3.4.2.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Βιβλιογραφία

Ainsworth, S. E., Ribby, P. A., & Wood, D. J. (1997). Information Technology and Multiple Representations: new opportunities – new problems. *Journal of Information Technology for Teacher Education*. 6(1), 93-105.

Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*. 33, 131-152.

Arnold, V.I.(1997).On Teaching Mathematics. *Address at the Discussion on Teching of Mathemaics in Palis de Decouverte*. Paris, March 7, 1997.

Barclay, W. L. (1985). *Graphing Misconceptions and Possible Remedies Using Microcomputer-Based Labs*. (Technical Report Number TERC-TR-85-5). Cambridge, MA: Technical Education Research Center.

Behr, M. J., Wachsmuth, I., Post, T. R., Lesh, R. (1984). Order and equivalenve of rational numbers: A clinical teaching experiment. *Journal for Research in Mathematics Education*. 15(5), 323-341.

Behr, M. J., Harel, G., Post, T. (1992). Rational number, ratio and proportion. In *D. A. Grows, Handbook of teaching and learning in mathematics*. pp. 296-333. New York: Macmillan.

Beichner, R., J. (1989). Applications Of Macintosh Microcomputers In Introductory Physics. *The Physics Teacher*, 27, p.348.

Beichner, R. J. (1990). The Effect Of Simultaneous Motion Presentation And Graph Generation In A Kinematics Lab. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(8), p.803-815.

Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*. 62, 750-762.

Beichner, R. (1994b). *VideoGraph* and *VideoGrab* are available from Physics Academic Software, 800-955-8275.

Beichner, R. J. (1996). The Impact Of Video Motion Analysis On Kinematics Graph Interpretation Skills. *American Journal of Physics*, 64, p.1272.

Beichner, R. J., Abbot, D., S. (1999). Video-Based Labs For Introductory Physics Courses. *Journal of College Science Teaching*, 29(2), p.101-104.

Bell, A., Janvier, C. (1981). The Interpretation of Graphs Representing Situations. *For the Learning of Mathematics*. 2(1), 34-42.

Benenson, W., & Bauer, W. (1993). Frame Grabbing Techniques In Undergraduate Physics Education. *American Journal of Physics*, 61(9), p.848.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Bennett, E. M. (1990). Kaput's Multiple Linked Representations and Constructivism. *The Mathematics Educator*. 1(1).

Berkowitz, S. (1997). Analyzing Qualitative Data. In *User-Friendly Handbook for Mixed Method Evaluations*, Frechtling, J., Sharp, L. (eds), Directorate for Education and Human Resources, NFS, Division of Research, Evaluation and Communication National Science Foundation.

Bernhard, J. (2000). Teaching Engineering mechanics courses using active engagement methods. *Proceedings of PTEE2000 "Physics Teaching in Engineering Education"*, Budapest 13 - 17 June 2000.

Bolton-Lewis, G. M. (1998) Children's Strategy Use and Interpretations of Mathematical Representations. *Journal of Mathematical Behavior*. 17(2), 219-237.

Bosco, J. (1984). Interactive video: Educational tool or toy? *Educational Technology*, 24(3), 13–19.

Bowden, J., Dall' Alba, G., Martin, E., Laurillard, D., Masters, G., Ramsden, P., Stephanoy, A., Walsh, E. (1992). Displacement, velocity, and frames of reference: phenomenographic studies of students' understanding and some implications for teaching and assessment. *American Journal of Physics*, 60(3), 262-269.

Bowen, G. M., Roth, W. M. (2002). Why Students May not Learn to Interpret Scientific Inscriptions. *Research in Science Education*. 32, 303-327.

Bowers, J., Doerr, H. M. (2001). An analysis of prospective teachers' dual roles in understanding the mathematics of change: Eliciting growth with technology. *Journal of Mathematics Teacher Education*, vol. 4, p. 115-137.

Boyd, A., Rubin, A. (1996) Interactive Video: A bridge between motion and math. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*. 1, 57-93.

Bracht, G. H. and Glass, G. V. (1968). The external validity of experiments, *American Educational Research Journal*, 4(5), p. 437-474

Bradley, E., Capps, D., Rubin, A. (1999). Can Computers learn to dance? Published in *Proceedings International Dance and Technology (IDAT-99)*, Tempe, AZ, February, 1999.

Brasell, H. (1987). The effect of real-time laboratory graphing on learnging graphing representations of distance and velocity. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, p. 385-395.

Bresnahan, S., Ducas, T., Rubin, A. (1994). Cartwheeling in CamMotion. *Hands on!*, 17(2).

Brungardt, J., & Zollman, D. (1995). The Influence Of Interactive Videodisc Instruction Using Simultaneous-Time Analysis On Kinematics Graphing

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Skills Oh High School Physics Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(8), p.855-869.

Cadmus, R. R. (1989). A video technique to facilitate the visualization of physical phenomena. *American Journal of Physics*, 58(4).

Campbell, D. T. and Stanley, J. C. (1963). Experimental and quasi-experimental designs for research on teaching, in N. L. Gage (ed), *Handbook of Research on Teaching* (Rand McNally, Chicago)

Cappo, M., Darling, K. (1996). Measurement in Motion. Software, *Communications of the ACM*. 39(8), 91-93.

Carini, J. P. (1999). Why Use Digital Video Motion Analysis in teaching physics? *Internet, http://carini.physics.indiana.edu/dvma.html.*

Carlson, R. A. (1994). *World in Motion*, software, *http://members.aol.com/raacc/wim.html.*

Champagne, A. B., Klopfer, L. E., & Anderson, J. H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 1074-1079.

Cheng, Peter, C.-H.. (1999). Unlocking Conceptual Learning in Mathematics and Science with Effective Representational Systems, *Computers and Education*, 33, p.109-130.

Clement, J. (1985). Misconceptions in Graphing. *Proceeding of the 9th International Conference for the Psychology of Mathematics Education*. Vol 1, 369-375.

Cohen, L., Manion, L. (1994). Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας, εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα.

Crowley, L. R. (2001). Cognitive Structures in College Algebra. *PhD Dissertation*, University of Warwick, Coventry, UK.

Davis, D. (1990). http://webphysics.nhctc.edu/vidshell/vidshell.html, *Internet.*

Dickson, W.P. (1985). Thought-provoking software: Juxtaposing symbol systems. *Educational Researcher*. 14(5), 30-38.

diSessa, A., Hammer, D., Sherin, B, and Kolpakowski, T. (1991). Inventing graphing: Meta-representational expertise in children. *Journal of Mathematical Behavior*. 10, 117-160.

Doorman, M. (2001). How to guide students? A reinvention course on modeling movement. *Paper presented at 'The Netherlands and Taiwan conference on common sense in mathematics education'*, Taipei, Taiwan.

Douglas, J. (1976). *Investigative social research: Individual and team field research.* Beverly Hills, CA: Sage.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Douglas, J. (1985). *Creative interviewing*. Beverly Hills, CA: Sage.

Duit, R., Confey, J. (1996). Reorganising the curriculum and teaching to improve learning in science and mathematics. *In D. F. Treagust, R. Duit & B. J. Fraser (Eds). Improving teaching and learning in science and mathematics.* pp 79-93. New York and London. TeachersCollege Press.

Δαπόντες, Ν., Γεράγγελος, Θ., Τσοβόλας, Σ., Αντωνίου, Α., Σωτηρίου, Σ., Καλογερόπουλος Ν., Μαστρογιάννης, Ι. (2002). Το «εικονικό εργαστήριο» για τη μελέτη των νόμων του Νεύτωνα σε τρία διαφορετικά περιβάλλοντα: Modellus, Interactive Physics, Microworlds Pro. *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή*. Ρόδος, 26 – 29 Σεπτεμβρίου 2002

Δημητρακοπούλου, Α. (1999). Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδακτική των φυσικών επιστημών: Τι προσφέρουν και πως τις αξιοποιούμε; Εδικό Αφιέρωμα στη Πληροφορική και Εκπαίδευση, ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ, 3η Περίοδος, Vol. Η', Νο 30, Άνοιξη 1999, σελ.48-58.

Δήμου, Γ. Η. (2003). Εκπαιδευτική Ψυχολογία, Θεωρίες Μάθησης. *GUTENBERG*, Αθήνα 2003.

Edwards, L. D. (1998). Embodying Mathematics and Science: Microworlds as Representations. *Journal of Mathematical Behavior*. 17(1), 53-78.

Elliot, B., Oty, K., McArthur, J., Clark, B. (2001). The effect of an interdisciplinary algebra/science course on students' problem solving skills, critical thinking skills and attitudes towards mathematics. *Inernational Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 32(6), 811-816.

Escalada, L., T., Grabhorn, R., Zollman, D., A. (1996). Applications Of Interactive Digital Video In A Physics Classroom. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 5(1), p.73-97.

Escalada, L., T., Zollman, D. A. (1997). An Investigation on the Effects of Using Interactive Digital Video in a Physics Classroom on Student Learning and Attitudes. *Journal of Research in Science Teaching*. 34(5), 467-489.

Even, R. (1998). Factors Involved in Linking Representations of Funcation. *Journal of Mathematical Behavior*. 17(1), 105-121.

Feynman, R. P., Leighton, R. P., Sands, M. (1964). The Feynman Lectures on Physics - Volume 1. *Addison – Wesley Publishing Company Inc.*

Φανίδης, Χ., Πύρζα, Θ. (2000). Διδασκαλία της Φυσικής με χρήση Η/Υ στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: Η χρονοφωτογραφία στη διδασκαλία της Μηχανικής. *Εισήγηση στο 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση, Πάτρα 13-15/10/2000.*

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Gamboa, F., Perez, J. L., Lara-Rosano, F., Miranda, A., Caviedes, F. (2000). Specification and development of a physics video based laboratory. *Instrumentation and Development*. 4(5), 45-50.

Gamboa Rodriguez, F., Perez Silva, J. L., Lara Rosano, F., Caviedes Contreras, F., Miranda Vitela, A. I. (2001). A student centered methodology for the development of a physics video based laboratory. *Interacting with Computers*. 13, 527-548.

George, E.A., Broadstock, M.J., Vázquez-Abad, J. (2000a). Learning energy, momentum, and conservation concepts with computer support in an undergraduate physics laboratory. in *B. Fishman & S. O'Connor-Divelbiss (Eds.), Proceedings of the Fourth International Conference of the Learning Sciences* (pp. 2-3). Mahwah, NJ: Erlbaum (2000).

George, E. A., Broadstock, M.J., Vázquez-Abad, J. (2000b). Student learning in motion detector- and video-based collision laboratories. *Summer AAPT meeting*, Guelph, Ontario, August 2000.

Glasser, B. G., & Strauss, A. S. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. New York: Aldine De Gruyter.

Gonzalez-Lopez, M. J. (2001). Using Dynamic Geometry Software to Simulate Physical Motion. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*. 6, 127-142.

Graham E. and Sharp J., 1999, An Investigation into Able Students' Understanding of Motion Graphs. *Journal of Teaching Mathematics & its Applications*, Vol. 18 No 3, pp 128-135.

Greczylo, T., Debowska, E. (2002). Using a digital video camera to examine coupled oscillations. *European Journal of Physics*, 23, 441-447.

Greeno, J. G. (1983). Conceptual entities, in *D. Gentner & A. L. Stevens (Eds) Mental Models*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.

Gross, M. (1998). Analysis of Human Movement Using Digital Video. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*. 7(4), p. 375-395.

Hadjiedemetriou, C. (2002). Graphs: Pupils' Understanding and Teachers' Pedagogical Content Knowledge, Phd Thesis, Faculty of Education, University of Manchester, UK.

Hannafin, M. J. (1984): "Options for authoring instructional interactive video". *Journal of Computer Based Instruction*. 11(3), 98-100.

Hannafin, M. J., & Hughes, C.W. (1986) A framework for incorporating orienting activities in computer-based interactive video. *Instructional Science*, 15, 239-255.

Hiebert, J. (1984). Children's mathematical learning: The struggle to link form and understanding. *The elementary school journal*. 84(5), 497-510.

Hiebert, J. (Ed.) (1986). Conceptual and Procedural Knowledge: The Case of Mathematics. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Hiebert, J., Carpenter, T. P. (1992). Learning and teaching with understanding. In D. A. Grouws, *Handbook of Research on mathematics teaching and learning*. pp. 65-97, New York: Macmillan.

Hoyles, C., Noss, R., Adamson, R. (2000). Rethinking mathematical learning with digital technologies. In: *Proceedings of the International Conference on Technology in Mathematics Education (Keynote address)*. pp. 2-20. Lebanese American University, Beirut, 2000.

Hein, T., L., Zollman, D., A. (1997). Integrating Interactive Digital Video Techniques In An Introductory Physics Course For Non-Science Majors. *ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference.*

Hein, T., L., Zollman, D., A. (2000). Digital Video, Learning Styles and Student Understanding of Kinematics Graphs. *Journal of SMET Education: Innovations and Research.* 1(2), 17-30.

Hoepfl, M. C. (1997). Choosing Qualitative Research: A Primer for Technology Education Researchers. *Journal of Technology Education*, 9(1).

Hoffer, T., Radke, J., & Lord, R. (1992). Qualitative/quantitative study of the effectiveness of computer-assisted interactive video instruction. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 11, 3–12.

Hoffmaster, S. (1991). Using Video Equipment As A Physics Laboratory Tool. *American Journal of Physics*, 59(4), p.375.

Hudson, H. T. & McIntire, W. R. (1977). Correlation between mathematical skills and success in physics. *American Journal of Physics*, 45, 4-27.

Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: A case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36(2),183-204.

Jonassen, D. & Reeves, T. (1996). Learning with technology: using computers as cognitive tools. *In D. Jonassen (Ed.). Handbook of research on educational communications and technology.* (pp 693-719). New York: Simon & Shuster Macillan.

Kaput, James, J. (1994) The Representational Roles of Technology in Connecting Mathematics with Authentic Experience. In R. Bieler, R. W. Scholz, R. Strasser, & B. Winkelman (Eds.) *Mathematics didactics as a scientific discipline*, Kluwer.

Kaput, J. J., (1995). SimCalc YR2 Annual Report to the National Science Foundation. Available from the author on the WWW SimCalc site.

Kaput, J. J. (1996). The Role of Physical and Cybernetic Phenomena in Building Intimacy with Mathematical Representations. In Technology in

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Mathematics Education: Proceedings of the 19th Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australia (MERGA), P. Clarkson (Ed.), pp.20-29, Melbourne, Australia: Deakin University Press.

Kaput, J., Noss, R., Hoyles, C. (2001). Developing New Notation for a Learnable Mathematics in the Computational Era. In *L. D. English (Ed.), The handbook of international research in mathematics*, pp. 51-72, London: Kluwer.

Kearney, M., Treagust, D. F. (2001). Constructivism as a Referent in the Design and Development of a Computer Program Using Interactive Digital Video to Enhance Learning in Physics. Australian Journal of Educational Technology, 17(1), p. 64-79.

Kearney, M. (2002). Classroom Use of multimedia-supported predict-observe-explain tasks to elicit and promote discussion about students' physics conceptions. *Unpublished PhD dissertation*, Perth: Curtin University of Technology.

Kearney, M., Schuck, S. (2003). Focus on pedagogy: The use of digital video and iMovie in K-12 schools. *Apple University Consortium Conference*, Adelaide, Australia, Sep. 2003.

Kirkpatrick, L. D. and Kirkpatrick D. S. (1985). The Physics Teacher and the Videodisc. The Physics Teacher. October, 1985.

Kirtley, C., Smith, R. (2001). Application of Multimedia to the Study of Human Movement. *Multimedia Tools and Applications*, 14, 259-268.

Kozma, R.B. (1991). Learning with media. *Review of Educational Research*. 61(2), 179-211.

Lapp, D. A., Cyrus, V. F. (2000). Using Data-Collection Devices to Enhance Students' Understanding. *Mathematics Teacher*, 93(6), 504-510.

Laurillard, D. (1993). *Rethinking university teaching. A framework for the effective use of educational technology*. London and New York: Routledge.

Laws, P., Pfister, H. (1998). Using Digital Video Analysis in Introductory Mechanics Projects. *The Physics Teacher*. 36, 282-287.

Laws, P and Hastings, N. B (2002). Reforming Science and Mathematics Teaching, *Change* v 34 no5 Sept/Oct 2002.p. 29-35.

Lenox Softwors. (1997). VideoPoint™. Software.

Liao, Y. C. (1998). Effects of hypermedia versus traditional instruction on students' achievement: A meta-analysis. *Journal of Research on Computing in Education*, 30(4), 341-359.

Lin, Pao-Ping; Hsieh, Che-Jen. (1993) Parameter Effects and Solving Linear Equations in Dynamic, Linked, Multiple Representation Environments. *Mathematics Educator*. 4(1), p25-33.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Beverly Hills, CA: Sage.

Linn, M. C., Layman, J. W., & Nachmias, R. (1987). Cognitive consequences of microcomputer-based laboratories: Graphing skills development. *Contemporary Educational Psychology*. 12, 244-253.

Marrongelle, K. (2001). Physics experiences and calculus: How students use physics to construct meaningful conceptualizations of calculus concepts in an interdisciplinary calculus/physics course. *Unpublished doctoral disseratation*, University of New Hampshire, Durham.

Marrongelle, K. (2002). The Role Of Physics In Students' Conceptualizations Of Calculus Concepts: Implications Of Research On Teaching Practice. *Proceedings of the 2nd International Conference on the Teaching of Mathematics (at the undergraduate level)*, University of Crete, 1 – 6 July 2002, Hersonissos, Crete,Greece.

McCullough, L.E. (2000). *The effect of introducing computers into an introductory physics problem-solving laboratory*. PhD thesis, University of Minnesota.

McDermott, L. C., Redish, E. F. (1999). Resource Letter: PER-1: Physics Education Research. *American Journal of Physics*, 67(9), 755-767.

McDermott, L. C., Rosenquist, M. L., van Zee, E. H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*. 55(6), 503-513.

McNeil, B., Nelson, K. (1991). Meta-analysis of interactive video instruction: A 10 year review of achievement effects. *Journal of Computer-Based Instruction*. 18, p. 1-6.

Meltzer, D. E. The relationship between mathematics preparation and conceptual learning gains in physics: A possible "hidden variable" in diagnostic pretest scores. *American Journal of Physics*. 70(12), 1259-1268.

Miles, M.B., and Huberman, A.M. (1984). *Qualitative Data Analysis*, 16. Newbury Park, CA: Sage.

Mokros, J. R. (1985). *The Impact of Microcomputer-Based Science Labs on ChildrenÕs Graphing Skills*. (Technical Report Number TERC-TR-85-3). Cambridge, MA: Technical Education Research Center.

Mokros, J. R., Tinker, R. F. (1987). The impact of microcomputer-based lavs on childrens' ability to interpret graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(4), 369-383.

Monaghan, J. M. (1999). Use of a computer simulation to develop mental simulations for understanding relative motion concepts. *International Journal of Science Education*. 21(9), 921-944.

Μικρόπουλος, Τ. Α. (2000). Εκπαιδευτικό Λογισμικό. Θέματα σχεδίασης και αξιολόγησης λογισμικού υπερμέσων. *ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ*.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Nakhleh, M. B. (1994). A review of microcomputer-based labs: How have they affected science learning? *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 13(4), 368-381.

Noble, T., Nemirovsky, R., Wright, T., Tierney, C. (2001). Experiencing Change: The Mathematics of Change in Multiple Environments. *Journal for Research in Mathematics Education*. 32(1), 85-108.

Papert, S. (1980). Mindstorms. *Harvester Press, Brighton*.

Papert, S. (1991). Situating Constructionism. In I. Harel & S. Papert (eds) *Constructionism*. New Jerseyt: Ablex Publisshing Corporation. 1-12.

Pappas, J., Koleza, E., Rizos, J., Skordoulis, C. (2001). Integrating Mathematics, Physics and Interactive Digital Video. In Borovcnik, M and Kautschutsch, H. (Eds.): *Technology in Mathematics Teaching*. Proceeding of the ICTMT5 in Klagenfurt, 89-92.

Pappas, J., Koleza, E., Rizos, J., Skordoulis, C. (2002). Using Interactive Digital Video and Motion Analysis to bridge Abstract Mathematical Notions with Concrete Evereyday Experiences. *Presented at the 2nd International Conference on the Teaching of Mathematics (at the undergraduate level)*, 1-6 July, 2002, Hersonissos, Crete, Greece.

Patton, M. Q. (1990). Qualitative evaluation and research methods (2nd ed.). Newbury Park, CA: Sage Publications.

Pea, R. D. (1993a). Learning scientific concepts through material and social activities: Conversational analysis meets conceptual change. *Educational Psychologist*. 28(3), 265-277.

Pea, R. D. (1993b). Practices of distributed intelligences and designs in education, in *G. Salomon (Ed.) Distributed Cognitions: psychological and educational considerations*. Cambridge: Cambridge Uniersity Press.

Pearce, J. M., Livett, M. K., Rodrigues, S. (1998). Development and use of an on-line Philips, R. J. (1989). Information technology opens up possibilities for more graphical ways to think mathematically. In *Malone, J., Burkhardt, H. & Keitel, C. (Eds.) The Mathematics Curriculum: Towards the Year 2000.* pp. 297-301. Curtin University of Technology, Western Australia.

Pena, C. M., Alessi, S. M. (1999). Promoting a Qualitative Understanding of Physics. *The Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*. 18(4), p. 439-57.

Philips, R. J. (1997). Can Juniors Read Graphs? A Review and Analysis of Some Computer-Based Activities. *Journal of Information Technology for Teacher Education*. 6(1), 49-58.

Popham, W. J. (1967). Educational Statistics. Use and Interpretation. Harper & Row Publishers, New York – Evanston – London.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Παρασκευόπουλος, Ι. Ν. (1993). Μεθοδολογία Επιστημονικής Έρευνας, Αθήνα.

Redish, E. F., Steinberg, R. N., Saul, J. M. (1996). Student difficulties with math in physics: Giving meaning to symbols. *Presented 9 August, 1996 at the College Park meeting of the AAPT.*

Redish, E. F., Saul, J. M., Steinberg, R. N. (1997). On the effectiveness of active-engagement microcomputer-based laboratories. *American Journal of Physics*, 65, 45-54.

Reusser, K. (1993). Tutoring systems and pedagogical theory: Representational tools for understanding, planning and reflection in problem solving. In *S. P. Lajoie & S. J. Derry (Eds) Computers as Cognitive Tools*. Hillsdale: Laurence Erlbaum.

Roschelle, J., Kaput, J. J., Stroup, W. (2000) Simcalc: Accelerating Students' Engagement with the Mathematics of Change. In *Innovations in science and mathematics education: Advanced designs for technologies of learning.* pp. 47-75. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Roth, W. M., Bowen, G. M. (2001). Professionals Read Graphs: A Semiotic Analysis. *Journal for Research in Mathematics Education.* 32(2), 159-194.

Rubin, A. (1993). Video laboratories: tools for scientific investigation, Communication of the Association for Computing Machinery 36(5), p. 64.

Rubin, H. J., & Rubin, I. S. (1995). *Qualitative Interviewing: The art of hearing.* Thousand Oaks, CA: Sage.

Rubin A., Bresnahan S. & Ducas T. (1996) Cartwheeling through CamMotion. *Communications of the ACM* 39 (8) 84–85.

Rubin, A. (1999). Technology Meets Math Education: Envisioning a Practical Future. *Whitepaper*, Forum on Technology in Education: Envisioning the Future.

Russell, S. J., Mokros J., Tierney, C. and others (1994-1996). Investigations in Number, Data and Space. A K-5 Mathematics Curriculum. Palo Alto: Dale Seymour Publications.

Salomon, G., Perkins, D., & Globerson, T. (1991). Partners in cognition: Extending human intelligence with intelligent technologies. *Educational Researcher*, 20(3), 2–9.

Saul, J. M. (1998). Beyond problem solving: Evaluating introductory physics courses through the hidden curriculum. *PhD Dissertation.*

Seidman, I. E. (1998). Interviewing as Qualitative Research: A guide for researchers in education and the social sciences. Teachers College Press, New York.

Serway, R. A. (1990). Physics for scientists and enginners – Τόμος Ι Μηχανική, Third Edition. Απόδοση στα ελληνικά Λ. Κ. Ρεσβάνη.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Sfard, A. (1991). On the Dual Nature of Mathematical Conceptions: Reflections on Processes and Objects as Different Sides of the Same Coin. *Educational Studies in Mathematics*. 22, 1-36.

Sfard, A. (1992). Operational Origins of the Mathematical Objects and the Quandary of Reification – The Case of Function. In *G. Harel and E. Dubinsky (Eds.) The Concept of Function, Aspects of Epistimology and Pedagogy*. USA: Mathematical Association of America.

Shama, Gilli, Layman, John. (1997). The Role of Representations in Learning an Interdisciplinary Mathematics and Physics University Course. Paper presented at the *Research Conference in Collegiate Mathematics Education*, Central Michigan University, Mt. Pleasant, Michigan, September 4-7.

Simonson, M. R., Thompson, A. (1994). Educational computing foundations (2nd ed.) New York: Merrill.

Squires, D. (1999). Educational Software and Learning: Subversive Use and Volatile Design. *Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences*.

Steinberg, R. N. (2000). Computers in teaching science: To simulate or not to simulate? *American Journal of Physics*. 68(7), S37-S41.

Steinberg, R. N., Saul, J. M., Wittmann, M. C., Redish, E. F. (1996). Student difficulties understanding the role of mathematics in introductory physics. *APS/AAPT meeting*, Indianapolis, May, 1996.

Steinberg, R. N., Saul, J. M., Wittmann, M. C., Redish, E. F. (1996b). Student difficulties with math in physics: Why can't students apply what they learn in math class? *Presented at AAPT meeting, College Park, August, 1996.*

Steiner, H. G. (1990). Relations Between Research in Mathematics Education and Research in Science Education – A Theme of ICME-6. Topic Area 15: Theory of Mathematics Education. *Zentralblatt fur Didaktik der Mathematik (ZDM)*. 22(6).

Strauss, A.L., & Corbin, J. (1990). Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques. Newbury Park, CA: Sage.

Sutherland, R., Balacheff, N. (1999). Didactical Complexity of Computational Environments for the Learning of Mathematics. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*. 4, 1-26.

Svec, M. T. (1995). Effect of Microcomputer-Based Laboratory on Graphing Interpretation Skills and Understanding of Motion. Paper presented at the *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. San Francisco, CA.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Tao, P. K., & Gunstone, R. F. (1999). The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 859-882.

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

Thornton, R. K. (1985). *Tools for scientific thinking: Microcomputer-based laboratories for the naive science learner.* (Technical Report Number TERC-TR-85-6). Cambridge, MA: Technical Education Research Center.

Thornton, R. K. (1987). Tools for scientific thinking – microcomputer-based laboratories for physics teaching. *Physics Education*, 22, p. 230-238.

Thornton, R. K., Sokoloff, D. R. (1990). Learning motion concepts using real-timemicrocomputer-based laboratory tools. *American Journal of Physics*, 58(9), p. 858-867.

Tinker, R. (1999). Using new technologies to increase learning in mathematics and science. *AERA Symposium on Overcoming the Underdevelopment of Learning*, Montreal, Canada, April 19-23, 1999.

Trochim, W. M. (2002). The t-test, Research Methods Knowledge Base. *http://www.socialresearchmethods.net/kb/index.htm.*

Trowbridge, D. E., McDermott, L. C. (1980). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension, *American Journal of Physics*, 48, 1020-1028.

Trowbridge, D. E., McDermott, L. C. (1981). Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension. *American Journal of Physics*, 49, 242-253.

Tzanakis, C., Thomaidis, Y. (2000). Integrating the Close Historial Development of Mathematics and Physics in Mathematics Education: Some Methodological and Epistemological Remarks. *For the Learning of Mathematics*. 20(1), 44-55.

Τζιμογιάννης, Α., Μικρόπουλος, Τ. Α. (2000a). Η συμβολή των προσομοιώσεων στη διδασκαλία της έννοιας της ταχύτητας: Μία μελέτη περίπτωσης. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 111 120-131.

Τζιμογιάννης, Α., Μικρόπουλος, Τ. Α. (2000b). Η χρήση των προσομοιώσεων πειραμάτων στη διδασκαλία της έννοιας της επιτάχυνσης. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 112 127-134.

Underwood, J. (1997). Editorial. If a Picture Is Worth a Thousand Words, What is the Value Of Two? *Journal of Information Technology for Teacher Education.* 6(1).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

UNESCO, Cairo Office (2003). Integrating Technology in Teaching Secondary Science and Mathematics. Effectiveness, Models of Integration, and Illustrative Examples. *UNESCO Cairo Office, CI/INF & ED, http://www.unesco-cairo.org/.*

VIEW, (1995). http://projects.terc.edu/cam/cam_homepage.html, *Internet.*

Vinner, Shlomo. (1983). Concept Definition, concept image and the notion of function, *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, vol. 14, no. 3, 293-305.

Βαμβακούσης, Χ., Μακρυωνίτης, Γ. (2003) Σύστημα συγχρονικής λήψης και απεικόνισης. Ένας χρόνος παρουσίας στα εργαστήρια Φ.Ε. των Ενιαίων Λυκείων. *Εισήγηση στο 2ο Συνέδριο Σύρου, 9-11 Μαίου 2003.*

Wehrbein, W. M. (2001). Using video analysis to investigate intermediate concepts in classical mechanics. (2001). *American Journal of Physics*. 69(7). 818-820.

Weller, H. (1996). Assessing the impact of computer-based learning in science. *Journal of Research on Computing in Education*. 28(4), 461-485.

White, B. (1993). ThinkerTools: Causal models, conceptual change, and science education. *Cognition and instruction*, 10(1), 1-100.

Wickley, R. C., Schell, J. W. (1995). Case Studeis of Multidisciplinary Approaches to Integrating Mathematics, Science and Technology Education. *Journal of Technology Education*. 6(2), 59-76.

Winters, L., M. (1993). Does The Tip Of A Snapped Towel Travel Faster Than Sound? *The Physics Teacher*, 31, p.376.

Wood, D. (1999). Representing, learning and understanding. *Computers & Education*. 33, 83-90.

Wright, T. (2001). Karen in Motion. The role of physical enactment in developing an understanding of distance, time and speed, *Journal of Mathematical Behaviour*, 20, p. 145-162.

Wu, H. (1999). Basic Skills Versus Conceptual Understanding. A Bogus Dichotomy in Mathematics Education. *American Educator*. 23(3), 14-19 & 50-52.

Wyberg, T. (1999). Technology in the Mathematics Classroom: Helping Students Make Connections. *Research/Practice*. 7(1).

Zacharia, Z., Anderson, O. R. (2003). The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on studets' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, 71(6), 618-629.

Zollman, D. (1987). Modeling the Motion of an Athlete: An Interactive Video for Teaching Physics. *Journal of Educational Technology Systems*, 15, p. 249-258.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Zollman, D. (1993). Interactive Video Activities for Elementary Education Students. In *101 Success Stories of Information Technology in Higher Education: The Joe Wyatt Challenge, J. V. Boettcher, ed.* McGraw-Hill.

Zollman, D. (1994). Digital Video Interactive – A Case Study In Physics. *Physics Education Research Group*, Progress Report.

Zollman, D., Chaudhury, R. (1994). Visual Space Time Diagrams – New Applications Of Image Processing Techniques In Digital Video Interactive. *Physics Education Research Group*, Progress Report, Appendix B.

Zollman, D., Fuller R. G. (1994). Teaching And Learning Physics With Interactive Video. *Physics Today*, April 1994.

Zollman, D. (2001). Modelling Real World Events and Video Data Collection. *Workshop, New Zealand Institute of Physics, July 2001.*

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.1
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗΣ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Όνομα: .....

Επώνυμο: .....

Έτος γέννησης: .....

Φύλο: ☐ Αγόρι ☐ Κορίτσι

Έτος Σπουδών: ☐ 3ο ☐ 4ο ☐ Πτυχίο

Μαθήματα που έχω παρακολουθήσει:
☐ Εισαγωγή στη Στατιστική
☐ Εισαγωγή στην Άλγεβρα
☐ Στοιχεία Ανάλυσης
☐ Υπολογιστικά Μαθηματικά
☐ Γεωμετρία

Δεξιότητες στους Η/Υ: (Επιλέξτε μόνο ένα από τα παρακάτω)
☐ Δεν είχα ως τώρα καμία επαφή με Η/Υ
☐ Γνωρίζω να χειρίζομαι το ποντίκι
☐ Χειρίζομαι σε βασικό επίπεδο κάποιες εφαρμογές
☐ Χειρίζομαι Η/Υ σε αρκετά καλό ή ανώτερο επίπεδο

Επίπεδο γνώσεων Αγγλικών: (Επιλέξτε μόνο ένα από τα παρακάτω)
☐ Δεν γνωρίζω καθόλου αγγλικά
☐ Χαμηλό
☐ Μέτριο
☐ Υψηλό

Α. Για αποφοίτους Λυκείων Ελλάδας:

Έχω απολυτήριο Ενιαίου Λυκείου
☐ Θετικής ☐ Θεωρητικής ☐ Τεχνολογικής Κατεύθυνσης

Έχω απολυτήριο Γενικού Λυκείου
☐ Α ☐ Β ☐ Γ ☐ Δ Δέσμης.

Βαθμός στα Μαθηματικά στην τελευταία τάξη : .....

Β. Για αποφοίτους Λυκείων Κύπρου:

Γράψτε τον κλάδο που είχατε επιλέξει:
☐Κλασικό ☐Πρακτικό ☐Οικονομικό

Βαθμός στα Μαθηματικά στην τελευταία τάξη : .....

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.2
ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ VIDEOPOINT ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΑΠΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΒΙΝΤΕΟ

Επίδειξη Λειτουργίας VideoPoint και Ανάλυσης Κίνησης από Ψηφιακό Βίντεο

Βασικές Ενέργειες

- Άνοιγμα VideoPoint (από μενού και από επιφάνεια εργασίας)
- Αρχική οθόνη
- Επιλογή αρχικής ενέργειας (Open Movie, Open Saved Data, Exit Startup, Quit VideoPoint)
- Άνοιγμα ταινίας (επιλογή αρχείου)
- Επιλογή VideoPoints (παίξιμο ταινίας συνεχόμενο και καρέ-καρέ, από δρομέα, επιλογή σημείων που θα παρακολουθήσουμε)

Περιβάλλον εργασίας

- Έννοια παραθύρων (ταινίας, συστημάτων αναφοράς, πίνακα, γραφικών παραστάσεων)
- Μεταχείριση παραθύρων (μετακίνηση, αλλαγή μεγέθους, τακτοποίηση)
- Παράθυρο ταινίας (Origin, cursor, καρέ που βλέπουμε, χρόνος, παίξιμο ταινίας)
- Παράθυρο συστήματος αναφοράς (Τρόπος απεικόνισης, Μετονομασία σειρών VideoPoint)
- Παράθυρο πίνακα

Συλλογή VideoPoint

- Διαδικασία συλλογής VideoPoints για video με ένα ή περισσότερα σώματα (επιλογή σταθερών σημείων)
- Ταυτόχρονες παρατηρήσεις:
  - Συντεταγμένες στο παράθυρο της ταινίας
  - Πέρασμα τιμών στον πίνακα
  - Auto-advance στα frames
- Διόρθωση επιλεγμένων σημείων σε οποιοδήποτε frame

Ορισμός Κλίμακας

- Αναγκαιότητα ορισμού κλίμακας
- Διαδικασία ορισμού κλίμακας
- Παρατήρηση αλλαγών στο παράθυρο του πίνακα

Δημιουργία και Επεξεργασία Γραφικών Παραστάσεων

- Κουμπί δημιουργίας γραφικών παραστάσεων
- Επιλογή μεγεθών για τους δύο άξονες (εξήγηση των ονομασιών στα μενού)
- Δημιουργίας γραφικής παράστασης για μια ή περισσότερες μεταβλητές για ένα ή περισσότερα σώματα
- Χειρισμός παραθύρου γραφικής παράστασης (επιλογή, μετακίνηση, αλλαγή μεγέθους, τιμές συντεταγμένων όταν έχω τον cursor μέσα, μπλε κύκλος, legend)
- Επεξεργασία γραφικής παράστασης (συμβόλων, show line, αξόνων, ζουμ)
- Δυναμική σύνδεση σημείων στη γραφική παράσταση με τα άλλα παράθυρα (επιλογή σημείων γραφικής παράστασης, παίξιμο ταινίας, διπλό κλικ στον πίνακα)

Σύστημα Αναφοράς

- Επιλογή, μεταφορά, στροφή (κίτρινη βούλα σημαδεύει τον x άξονα)
- Δυναμική σύνδεση Συστήματος Αναφοράς με υπόλοιπα παράθυρα (συντεταγμένες στην ταινία, πίνακας, γραφικές παραστάσεις)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.3
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΕΚΜΑΘΗΣΗΣ VIDEOPOINT

Δραστηριότητα 1η
Μαθαίνοντας το VideoPoint

Περιγραφή της δραστηριότητας
Στην δραστηριότητα αυτή ο χρήστης θα χρησιμοποιήσει το VideoPoint για να αναλύσει την κίνηση ενός αντικειμένου σε μια απλή ταινία. Η ταινία που επιλέχθηκε δείχνει ένα παιχνίδι φορτηγό να κινείται σε ένα κεκλιμένο επίπεδο υπό την επίδραση της βαρύτητας.

➤ **Βήμα 1°** *(Πως ανοίγουμε μια ταινία)*
- Ανοίγουμε το VideoPoint.
- Το πρώτο παράθυρο που εμφανίζεται αφορά πληροφορίες για την έκδοση του VideoPoint που χρησιμοποιούμε κ.τ.λ. Κλείνουμε το παράθυρο αυτό.
- Στο παράθυρο "Startup" επιλέγουμε "Open Movie" και έπειτα την ταινία TRUCK-1.MOV
- Στο επόμενο παράθυρο που εμφανίζεται, το "Number of Points", επιλέγουμε τον αριθμό των σημείων της ταινίας των οποίων η κίνηση μας ενδιαφέρει. Στη δική μας περίπτωση ενδιαφερόμαστε μόνο για την κίνηση ενός αντικειμένου (του φορτηγού) και για αυτό επιλέγουμε 1 και OK.

➤ **Βήμα 2°** *(Πως βλέπουμε μια ταινία στο VideoPoint)*
- Το παράθυρο που εμφανίζεται τώρα περιέχει την ταινία που μας ενδιαφέρει και αρχικά απεικονίζει το πρώτο καρέ αυτής. Στο επάνω δεξιά μέρος του παραθύρου βλέπουμε σε κίτρινο φόντο τον αριθμό του καρέ που προβάλλεται αυτή τη στιγμή και τον συνολικό αριθμό καρέ από τα οποία αποτελείται η ταινία αυτή.
- Στο κάτω μέρος του παραθύρου υπάρχει μια μπάρα της οποίας το μήκος συμβολίζει τη συνολική διάρκεια της ταινίας και ο δρομέας που βρίσκεται σε αυτήν μας δείχνει ποιο σημείο (καρέ) της ταινίας βλέπουμε αυτή τη στιγμή. Αριστερά από την μπάρα αυτή βλέπουμε τον χρόνο t που αντιστοιχεί στο καρέ το οποίο βλέπουμε κάθε στιγμή.
- Στην αρχή αυτής της μπάρας βρίσκεται και το κουμπί *PLAY* που όπως και στα οικιακά βίντεο το χρησιμοποιούμε για να «παίξει» η ταινία. Πατήστε το *PLAY* και δείτε την ταινία με το φορτηγό που κατεβαίνει το κεκλιμένο επίπεδο.
- Για να γυρίσετε την ταινία στην αρχή κάντε κλικ στον δρομέα (που τώρα βρίσκεται στο τέλος της μπάρας) και σύρετε τον πάλι στην αρχή της μπάρας.
- Για να κινηθείτε καρέ-καρέ προς τα μπροστά ή προς τα πίσω στην ταινία χρησιμοποιείστε τα δύο κουμπιά που βρίσκονται στο δεξί άκρο της μπάρας.

➤ **Βήμα 3°** *(Συλλογή "Video Points")*
- Επόμενο βήμα είναι η συλλογή των δεδομένων με τη μορφή "Video Points". Η κίνηση που μας ενδιαφέρει είναι η κίνηση του φορτηγού. Αυτό σημαίνει ότι μας αρκεί να ξέρουμε που βρίσκεται ένα σημείο του φορτηγού σε κάθε καρέ (αλλά κάθε φορά το ίδιο σημείο). Διαλέγουμε, για παράδειγμα την μπροστινή του ρόδα.
- Με την ταινία γυρισμένη στην αρχή, τοποθετούμε τον δείκτη του ποντικιού πάνω από την μπροστινή ρόδα και κάνουμε κλικ. Έτσι καταχωρήθηκε το πρώτο μας δεδομένο που είναι οι συντεταγμένες της μπροστινής ρόδας του φορτηγού στο πρώτο καρέ της ταινίας. Με την ενέργειά μας αυτή το VideoPoint προχώρησε την ταινία ένα καρέ ώστε να πάρουμε το δεύτερο μας "Video Point" που και πάλι θα είναι η ρόδα του φορτηγού, αυτή τη φορά στο δεύτερο καρέ.
- Συνεχίζουμε με υπομονή και προσοχή την διαδικασία συλλογής "Video Points" μέχρι το καρέ νούμερο 45, που είναι το τελευταίο καρέ της ταινίας αυτής.

➤ **Βήμα 4°** *(Χειρισμός των παραθύρων του VideoPoint)*
- Η ταινία που επεξεργαζόμαστε καταλαμβάνει μεγάλο χώρο στην οθόνη μας. Για το λόγο αυτό δεν είναι ορατά τα υπόλοιπα ανοικτά παράθυρα του προγράμματος. Μπορούμε να αλλάξουμε μέγεθος σε όλα τα παράθυρα του VideoPoint (εκτός από τα παράθυρα διαλόγου) ή/και να τα μετακινήσουμε.
- Μετακινήστε και αλλάξτε μέγεθος στα παράθυρα του VideoPoint ώστε να δημιουργήσετε το περιβάλλον εργασίας που σας εξυπηρετεί καλύτερα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.3
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΕΚΜΑΘΗΣΗΣ VIDEOPOINT

➤ **Βήμα 5°** *(Ορισμός κλίμακας μεγέθους)*

- Για να έχουν οι αρχικές μετρήσεις μας (σε pixels) φυσικό νόημα πρέπει να ορίσουμε για το VideoPoint ένα σταθερό μήκος της ταινίας και να του δώσουμε τιμή σε κάποια από τις συνηθισμένες μονάδες μήκους.
- Διαλέγουμε για το σκοπό μας την μεταλλική ράβδο που βρίσκεται κάτω από το κεκλιμένο επίπεδο ακουμπισμένη στο τραπέζι και έχει γνωστό μήκος 1 μέτρο.
- Κάνουμε κλικ στο κατάλληλο κουμπί στην αριστερή στήλη για να εμφανιστεί το παράθυρο ορισμού κλίμακας. Οι προεπιλεγμένες επιλογές ταιριάζουν στην κλίμακα που θέλουμε να ορίσουμε και έτσι τις αφήνουμε ως έχουν και κάνουμε κλικ στο "Continue".

➤ **Βήμα 6°** *(Δημιουργία γραφικών παραστάσεων)*

- Κάνουμε κλικ στο κουμπί της αριστερής στήλης για τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων.
- Η πρώτη γραφική παράσταση που θα δημιουργήσουμε θα είναι η τροχιά του φορτηγού, δηλαδή η εξίσωση $y = y(x)$. Επιλέγουμε λοιπόν για το φυσικό μέγεθος που θα παριστάνεται στον οριζόντιο άξονα το σημείο 1 (Point S1), x τετμημένη και "Position", και για τον κατακόρυφο άξονα αντίστοιχα το σημείο 1 (Point S1), y τεταγμένη και "Position". Τέλος, κάνουμε κλικ στο OK και δημιουργείται η γραφική παράσταση που θέλουμε.
- Θα δημιουργήσουμε ακόμη μια γραφική παράσταση για εξάσκηση. Την x συνιστώσα της ταχύτητας συναρτήσει του χρόνου $\upsilon_x = \upsilon_x(t)$. Ακολουθούμε την προηγούμενη διαδικασία αλλά αυτή τη φορά επιλέγουμε τον χρόνο t να παριστάνεται στον οριζόντιο άξονα της γραφικής παράστασης και Point S1, "x " και "Velocity" για τον κατακόρυφο άξονα.

➤ **Βήμα 7°** *(Τροποποίηση γραφικών παραστάσεων)*

- Θα δούμε τώρα κάποιους τρόπους να τροποποιήσουμε τις γραφικές παραστάσεις που δημιουργήσαμε. Κατ' αρχήν μπορούμε να αλλάξουμε το μέγεθος του παράθυρου που περιέχει μια γραφική παράσταση. Κάντε το και παρατηρήστε ότι έτσι το εύρος των τιμών που παριστάνονται στους άξονες παραμένει το ίδιο, αλλάζει όμως η απόσταση μεταξύ των υποδιαιρέσεων των τιμών, προκειμένου να ταιριάζει το μήκος του κάθε άξονα με το μήκος του παράθυρου. Αυτός επομένως είναι ο τρόπος να αλλάξουμε την «λεπτομέρεια» που βλέπουμε σε μια γραφική παράσταση, διατηρώντας, όμως, το ίδιο πεδίο τιμών για τους άξονες.
- Αν θέλουμε να μεταβάλλουμε το πεδίο τιμών των αξόνων, κάνουμε διπλό κλικ σε οποιαδήποτε από τις ακραίες τιμές του και θέτουμε στη θέση της την τιμή που θέλουμε εμείς.
- Εκτός από τις τιμές, μπορούμε να αλλάξουμε και το σύμβολο που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση των δεδομένων. Για να γίνει αυτό, κάνουμε διπλό κλικ σε ένα από τα σύμβολα που υπάρχουν στη γραφική παράσταση και ανοίγει το αντίστοιχο παράθυρο διαλόγου. Εδώ μας δίνεται η δυνατότητα να αλλάξουμε το είδος, το χρώμα και το μέγεθος του συμβόλου που θα χρησιμοποιείται. Επίσης με την επιλογή "Show Line" ορίζουμε αν θέλουμε μια ευθεία γραμμή να ενώνει τα διαδοχικά σημεία της γραφικής παράστασης.

➤ **Βήμα 8°** *(Συστήματα αναφοράς)*

- Όλα τα δεδομένα που έχουμε συλλέξει ως στιγμής αφορούν συντεταγμένες σε σχέση με το σύστημα αναφοράς Origin 1, που είναι το προεπιλεγμένο σύστημα αναφοράς του VideoPoint και αρχικά βρίσκεται πάντα στο κάτω αριστερό άκρο της ταινίας που επεξεργαζόμαστε.
- Παράλληλη μεταφορά είναι η μετακίνηση της αρχής του συστήματος συντεταγμένων σε κάποιο άλλο σημείο, ενώ οι άξονες δεν περιστρέφονται. Για να κάνετε παράλληλη μεταφορά στο Origin 1 κάντε κλικ στην αρχή του και θα εμφανιστεί ένας κύκλος γύρω από αυτήν. Στη συνέχεια κάντε κλικ και πάλι στην αρχή του συστήματος και σύρετε το σημείο αυτό όπου θέλετε.
- Περιστροφή του συστήματος αξόνων σημαίνει την περιστροφή του x και του y άξονα του συστήματος αναφοράς, χωρίς μετακίνηση του σημείου της αρχής και με την γωνία μεταξύ των δύο αξόνων να παραμένει πάντα 90 μοίρες. Για να κάνετε περιστροφή των αξόνων του συστήματος αναφοράς, κάντε κλικ στην αρχή του και θα εμφανιστεί και πάλι ο κίτρινος κύκλος. Προσέξτε τώρα το σημείο που βρίσκεται πάνω σε αυτόν τον κύκλο και στον οριζόντιο άξονα. Κάντε κλικ σε αυτό και σύρετε ώστε να εκτελέσετε την περιστροφή.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.4
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «Η ΚΑΡΕΚΛΑ»

Η καρέκλα

Επώνυμο: _____

Όνομα: _____

Ημερομηνία: _____

Άνοιγμα Ταινίας και Συλλογή Videopoints

1. Από το VideoPoint ανοίξτε την ταινία CHAIR.AVI.
2. Δηλώστε στο πρόγραμμα ότι θα παρακολουθείτε την κίνηση για 1 σώμα.
3. Παίξτε την ταινία όσες φορές θέλετε και παρατηρήστε την κίνηση της καρέκλας. Γράψτε παρακάτω την περιγραφή που θα δίνατε για την κίνηση που παρατηρείτε σε κάποιον ο οποίος δεν βλέπει την ταινία.

_____

_____

_____

4. Στο παράθυρο του συστήματος αναφοράς μετονομάστε το «*Point S1*» σε «*Καρέκλα*»
5. Προχωρήστε στην συλλογή των Videopoints επιλέγοντας ένα σταθερό σημείο στην καρέκλα που θα σημαδεύετε σε κάθε καρέ της ταινίας. Όταν τελειώσετε την συλλογή των videopoints γυρίστε την ταινία στην αρχή και παίξτε την καρέ-καρέ για να βεβαιωθείτε ότι δεν έχετε κάνει λάθος κατά την συλλογή των σημείων σας. Για όποια καρέ νομίζετε ότι χρειάζεται, προχωρήστε σε διορθώσεις.
6. Ορίστε μια κλίμακα για την ταινία. Για σταθερό μήκος, χρησιμοποιήστε το μήκος της καρέκλας και υποθέστε ότι είναι 0.5 μέτρα.
7. Ποιο σημείο διαλέξατε να παρακολουθείτε στην καρέκλα; Ποιες είναι οι συντεταγμένες του σημείου που παρακολουθείτε στην καρέκλα στην αρχή και στο τέλος της κίνησης της;

_____

_____

_____

8. Ποια είναι η διαφορά της αρχικής από την τελική θέση σε μέτρα; Πως το βρήκατε;

_____

_____

Γραφικές Παραστάσεις

Επειδή η καρέκλα κινείται προς τα αριστερά και δεν κινείται καθόλου πάνω ή κάτω, θα θεωρήσουμε την κίνηση της μονοδιάστατη. Το σύστημα αναφοράς Origin 1 έχει ήδη τον x άξονα του παράλληλο με την κίνηση της καρέκλας, οπότε μας βολεύει η αρχική του θέση και δεν χρειάζεται να κάνουμε αλλαγές σε αυτό. Συνεπώς η μελέτη που θα κάνουμε στις γραφικές παραστάσεις αφορά μόνο την x-συνιστώσα της κίνησης της.

1. Παίξτε την ταινία ξανά μερικές φορές και προσπαθήστε να φανταστείτε πως θα μεταβάλλεται (θα αυξάνεται; θα μειώνεται; αργά; γρήγορα;) η συντεταγμένη x της καρέκλας στο Origin 1, καθώς αυτή κινείται. Γράψτε παρακάτω πως φαντάζεστε ότι θα μεταβάλλεται η x συντεταγμένη (δηλαδή η θέση) της καρέκλας συναρτήσει του χρόνου και δικαιολογήστε την απάντηση σας.

_____

_____

_____

2. Φτιάξτε την γραφική παράσταση αυτής της μεταβολής. Για τον οριζόντιο άξονα πρέπει να επιλέξετε τον χρόνο και για τον κατακόρυφο Καρέκλα→x→Position.
3. Η περιγραφή που δώσατε παρακάνω για την μεταβολή της θέσης της καρέκλας είναι σύμφωνη με την γραφική παράσταση; Ναι ή όχι; Αν όχι, τότε γράψτε την περιγραφή όπως την αντιλαμβάνεστε τώρα.

_____

_____

_____

4. Γιατί η γραφική παράσταση τέμνει τον κατακόρυφο άξονα; Ποιες είναι οι συντεταγμένες του σημείου τομής και τι εκφράζουν;

_____

_____

_____

5. Πόσο μετακινήθηκε η καρέκλα από το 0.4sec μέχρι το 0.8sec; Πως το βρήκατε;

_____

_____

_____

6. Παίξτε την ταινία με πολλούς τρόπους (συνεχόμενα, καρέ-καρέ, με τον δρομέα) και δείτε πως εξελίσσεται η γραφική παράσταση από τον μπλε κύκλο που σας δείχνει ποιο σημείο της παράστασης αντιστοιχεί στο καρέ που βλέπετε εκείνη τη στιγμή.
7. Τι παρατηρείτε στην γραφική παράσταση για τα παρακάτω χρονικά διαστήματα και πως δικαιολογείτε την παρατήρηση σας;

0 - 0.3sec

_____

_____

_____

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.4
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «Η ΚΑΡΕΚΛΑ»

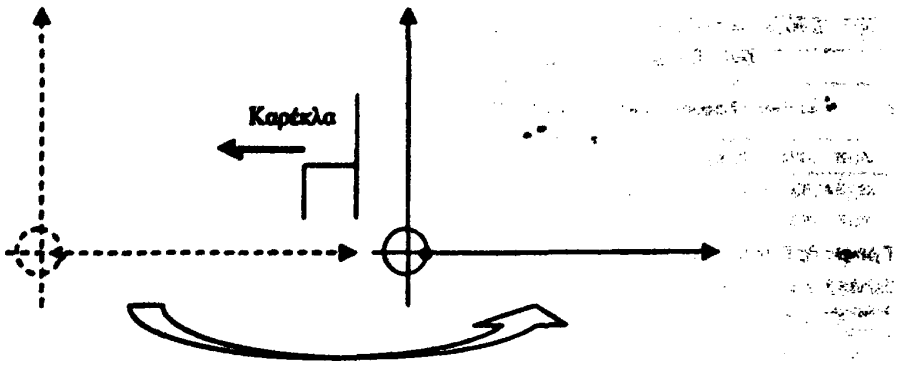
0.3sec - 1.1sec

1.1sec - 1.4sec

8. Βάλτε με σειρά τα παραπάνω χρονικά διαστήματα από αυτό στο οποίο η x(t) έχει την μικρότερη κλίση προς αυτό στο οποίο η x(t) έχει την μεγαλύτερη κλίση
   - Α 0 - 0.3sec
   - Β 0.3sec – 1.1sec
   - Γ 1.1sec – 1.4 sec

9. Τι πιστεύεται ότι εκφράζει η κλίση της x(t) για την κίνηση της καρέκλας.

10. Μετακινήστε το σύστημα αναφοράς Origin 1 όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα



11. Στο νέο σύστημα αναφοράς, ποιες είναι οι συντεταγμένες του σημείου που παρακολουθάτε στην καρέκλα στην αρχή και στο τέλος της κίνησης της.

12. Στο νέο σύστημα αναφοράς, ποια είναι η διαφορά της αρχικής από την τελική θέση σε μέτρα; Πως το βρήκατε;

13. Άλλαξε κάτι στην γραφική παράσταση; Δικαιολογήστε την απάντηση σας

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.5
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «ΑΡΣΗ ΒΑΡΩΝ»

Άρση Βαρών

Επώνυμο: _____

Όνομα: _____ _____

Ημερομηνία: _____

Άνοιγμα Ταινίας και Συλλογή Videopoints

1. Από το VideoPoint ανοίξτε την ταινία REISSEN.AVI.
2. Δηλώστε στο πρόγραμμα ότι θα παρακολουθείτε την κίνηση για 1 σώμα.
3. Παίξτε την ταινία όσες φορές θέλετε και παρατηρήστε την κίνηση της μπάρας με τα βάρη. Γράψτε παρακάτω την περιγραφή που θα δίνατε για την κίνηση που παρατηρείτε σε κάποιον ο οποίος δεν βλέπει την ταινία:

_____

_____

_____

_____

4. Στο παράθυρο του συστήματος αναφοράς μετονομάστε το «Point S1» σε «Μπάρα»
5. Προχωρήστε στην συλλογή των Videopoints επιλέγοντας ένα σταθερό σημείο στην μπάρα που θα σημαδεύετε σε κάθε καρέ της ταινίας. Όταν τελειώσετε την συλλογή των videopoints γυρίστε την ταινία στην αρχή και παίξτε την καρέ-καρέ για να βεβαιωθείτε ότι δεν έχετε κάνει λάθος κατά την συλλογή των σημείων σας. Για όποια καρέ νομίζετε ότι χρειάζεται, προχωρήστε σε διορθώσεις.
6. Ορίστε μια κλίμακα για την ταινία. Για σταθερό μήκος, χρησιμοποιήστε το ύψος του αθλητή και υποθέστε ότι είναι 1.70 μέτρα.
7. Ποιο σημείο της μπάρας διαλέξατε να παρακολουθείτε; Ποιες είναι οι συντεταγμένες του σημείου που παρακολουθείτε στην μπάρα στην αρχή και στο τέλος της κίνησης της;

_____

_____

_____

8. Πόσο είναι το μεγαλύτερο και πόσο το μικρότερο ύψος στο οποίο φτάνει η μπάρα; Πόσο απέχουν αυτά μεταξύ τους; Πως το βρήκατε;

_____

_____

_____

Γραφικές Παραστάσεις

Επειδή η μπάρα κινείται μόνο προς τα πάνω και προς τα κάτω και δεν κινείται καθόλου αριστερά ή δεξιά, θα θεωρήσουμε την κίνηση της μονοδιάστατη. Το σύστημα αναφοράς Origin 1 έχει ήδη τον y άξονα του παράλληλο με την κίνηση της μπάρας, οπότε μας βολεύει η αρχική του θέση και δεν χρειάζεται να κάνουμε αλλαγές σε αυτό.

Γραφική παράσταση x(t)

1. Παίξτε την ταινία ξανά μερικές φορές και προσπαθήστε να φανταστείτε πως θα μεταβάλλεται (θα αυξάνεται; θα μειώνεται; αργά; γρήγορα;) η συντεταγμένη x της μπάρας στο Origin 1, καθώς αυτή κινείται. Γράψτε παρακάτω πως φαντάζεστε ότι θα μεταβάλλεται η x συντεταγμένη (δηλαδή η οριζόντια συνιστώσα της θέσης) της μπάρας συναρτήσει του χρόνου και δικαιολογήστε την απάντηση σας.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.5
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «ΑΡΣΗ ΒΑΡΩΝ»

2. Φτιάξτε την γραφική παράσταση της μεταβολής της οριζόντιας θέσης της μπάρας συναρτήσει του χρόνου (x(t)). Για τον οριζόντιο άξονα πρέπει να επιλέξετε τον χρόνο και για τον κατακόρυφο Μπάρα→x→Position.
3. Θέστε την ελάχιστη τιμή του κατακόρυφου άξονα σε 0.
4. Η περιγραφή που δώσατε παραπάνω για την μεταβολή της οριζόντιας θέσης της μπάρας είναι σύμφωνη με την γραφική παράσταση; Ναι ή όχι; Αν όχι, τότε γράψτε την περιγραφή όπως την αντιλαμβάνεστε τώρα.

5. Γιατί η γραφική παράσταση τέμνει τον κατακόρυφο άξονα; Ποιες είναι οι συντεταγμένες του σημείου τομής και τι εκφράζουν;

Κλείστε ή ελαχιστοποιήστε το παράθυρο της γραφικής παράστασης x(t)

Γραφική παράσταση y(t)

1. Παίξτε την ταινία ξανά μερικές φορές και προσπαθήστε να φανταστείτε πως θα μεταβάλλεται (θα αυξάνεται; θα μειώνεται; αργά; γρήγορα;) η συντεταγμένη y της μπάρας στο Origin 1, καθώς αυτή κινείται. Γράψτε παρακάτω πως φαντάζεστε ότι θα μεταβάλλεται η y συντεταγμένη (δηλαδή η κατακόρυφη συνιστώσα της θέσης) της μπάρας συναρτήσει του χρόνου και δικαιολογήστε την απάντηση σας.

2. Φτιάξτε την γραφική παράσταση της μεταβολής της κατακόρυφης θέσης της μπάρας συναρτήσει του χρόνου (y(t)). Για τον οριζόντιο άξονα πρέπει να επιλέξετε τον χρόνο και για τον κατακόρυφο Μπάρα→y→Position.
3. Θέστε την ελάχιστη τιμή του κατακόρυφου άξονα σε 0.
4. Η περιγραφή που δώσατε παραπάνω για την μεταβολή της κατακόρυφης θέσης της μπάρας είναι σύμφωνη με την γραφική παράσταση; Ναι ή όχι; Αν όχι, τότε γράψτε την περιγραφή όπως την αντιλαμβάνεστε τώρα.

5. Γιατί η γραφική παράσταση τέμνει τον κατακόρυφο άξονα; Ποιες είναι οι συντεταγμένες του σημείου τομής και τι εκφράζουν;

6. Πόσο κατάφερε να υψώσει τη μπάρα ο αθλητής από το 0.5sec μέχρι το 0.9sec; Πως το βρήκατε;

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.5
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «ΑΡΣΗ ΒΑΡΩΝ»

7. Παίξτε την ταινία με πολλούς τρόπους (συνεχόμενα, καρέ-καρέ, με τον δρομέα) και δείτε πως εξελίσσεται η γραφική παράσταση από τον μπλε κύκλο που σας δείχνει ποιο σημείο της παράστασης αντιστοιχεί στο καρέ που βλέπετε εκείνη τη στιγμή.
8. Τι παρατηρείτε στην γραφική παράσταση για τα παρακάτω χρονικά διαστήματα και πως δικαιολογείτε την παρατήρηση σας;

0 - 1sec

1sec - 1.3sec

1.3sec - 2.1sec

2.1sec - 2.7sec

2.7sec – 3.0sec

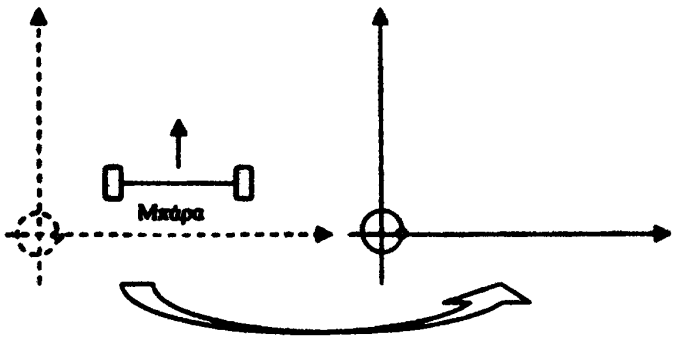
9. Βάλτε με σειρά τα παραπάνω χρονικά διαστήματα από αυτό στο οποίο η y(t) έχει την μικρότερη κλίση προς αυτό στο οποίο η y(t) έχει την μεγαλύτερη κλίση
   - Α 0 - 1sec
   - Β 1.3sec – 2.1 sec
   - Γ 2.1sec – 2.7sec

10. Τι πιστεύεται ότι εκφράζει η κλίση της y(t) για την κίνηση της μπάρας;

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.5
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «ΑΡΣΗ ΒΑΡΩΝ»

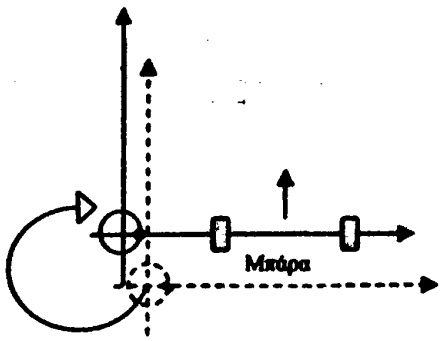
11. Μετακινήστε το σύστημα αναφοράς Origin 1 όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα



12. Στο νέο σύστημα αναφοράς, ποιες είναι οι συντεταγμένες του σημείου που παρακολουθείτε στην μπάρα στην αρχή και στο τέλος της κίνησης της;

13. Άλλαξε κάτι στην γραφική παράσταση; Δικαιολογήστε την απάντηση σας.

14. Μετακινήστε το σύστημα αναφοράς Origin 1 όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα



Άλλαξε κάτι στην γραφική παράσταση; Δικαιολογήστε την απάντηση σας.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.6
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ ΠΟΥ ΣΤΑΜΑΤΑ»

Αυτοκίνητο που σταματά

Επώνυμο: _____

Όνομα: _____

Ημερομηνία: _____

Άνοιγμα Ταινίας και Συλλογή Videopoints

1. Από το VideoPoint ανοίξτε την ταινία AUTOBRM.AVI.
2. Δηλώστε στο πρόγραμμα ότι θα παρακολουθείτε την κίνηση για 1 σώμα.
3. Παίξτε την ταινία όσες φορές θέλετε και παρατηρήστε την κίνηση του αυτοκινήτου. Γράψτε παρακάτω την περιγραφή που θα δίνατε για την κίνηση που παρατηρείτε σε κάποιον ο οποίος δεν βλέπει την ταινία:

_____

_____

_____

_____

4. Στο παράθυρο του συστήματος αναφοράς μετονομάστε το «Point S1» σε «Αυτοκίνητο»
5. Προχωρήστε στην συλλογή των Videopoints επιλέγοντας ένα σταθερό σημείο στο αυτοκίνητο που θα σημαδεύετε σε κάθε καρέ της ταινίας. Όταν τελειώσετε την συλλογή των videopoints γυρίστε την ταινία στην αρχή και παίξτε την καρέ-καρέ για να βεβαιωθείτε ότι δεν έχετε κάνει λάθος κατά την συλλογή των σημείων σας. Για όποια καρέ νομίζετε ότι χρειάζεται, προχωρήστε σε διορθώσεις.
6. Ορίστε μια κλίμακα για την ταινία. Για σταθερό μήκος, χρησιμοποιήστε το μήκος του αυτοκινήτου που έχει σημειωθεί για διευκόλυνση σας στο πρώτο καρέ της ταινίας.
7. Ποιο σημείο του αυτοκινήτου διαλέξατε να παρακολουθείτε; Ποιες είναι οι συντεταγμένες του σημείου που παρακολουθείτε στο αυτοκίνητο στην αρχή και στο τέλος της κίνησης του;

_____

_____

_____

_____

8. Πόση απόσταση κάλυψε το αυτοκίνητο κατά την κίνηση του; Πως το βρήκατε;

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Γραφικές Παραστάσεις

Επειδή το αυτοκίνητο κινείται μόνο προς τα δεξιά θα θεωρήσουμε την κίνηση του μονοδιάστατη. Το σύστημα αναφοράς Origin 1 έχει ήδη τον x άξονα του παράλληλο με την κίνηση του αυτοκινήτου, οπότε μας βολεύει η αρχική του θέση και δεν χρειάζεται να κάνουμε αλλαγές σε αυτό.

Γραφική παράσταση x(t)

1. Παίξτε την ταινία ξανά μερικές φορές και προσπαθήστε να φανταστείτε πως θα μεταβάλλεται (θα αυξάνεται; θα μειώνεται; αργά; γρήγορα;) η συντεταγμένη x του αυτοκινήτου στο Origin 1, καθώς αυτό κινείται. Γράψτε παρακάτω πως φαντάζεστε ότι θα μεταβάλλεται η x συντεταγμένη (δηλαδή η οριζόντια συνιστώσα της θέσης) του αυτοκινήτου συναρτήσει του χρόνου και δικαιολογήστε την απάντηση σας.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.6
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ ΠΟΥ ΣΤΑΜΑΤΑ»

2. Φτιάξτε την γραφική παράσταση της μεταβολής της οριζόντιας θέσης του αυτοκινήτου συναρτήσει του χρόνου (x(t)). Για τον οριζόντιο άξονα πρέπει να επιλέξετε τον χρόνο και για τον κατακόρυφο Αυτοκίνητο→x→Position.
3. Θέστε την ελάχιστη τιμή του κατακόρυφου άξονα σε 0.
4. Η περιγραφή που δώσατε παραπάνω για την μεταβολή της οριζόντιας θέσης του αυτοκινήτου είναι σύμφωνη με την γραφική παράσταση; Ναι ή όχι; Αν όχι, τότε γράψτε την περιγραφή όπως την αντιλαμβάνεστε τώρα.

5. Γιατί η γραφική παράσταση τέμνει τον κατακόρυφο άξονα; Ποιες είναι οι συντεταγμένες του σημείου τομής και τι εκφράζουν;

6. Έχει την ίδια κλίση σε όλα τα σημεία της η γραφική παράσταση για την x θέση του αυτοκινήτου; Δικαιολογήστε την απάντηση σας.

7. Τι πιστεύεται ότι εκφράζει η κλίση της x(t) για την κίνηση του αυτοκινήτου;

Γραφική παράσταση $υ_x(t)$

1. Παίξτε την ταινία ξανά μερικές φορές και προσπαθήστε να φανταστείτε πως θα μεταβάλλεται (θα αυξάνεται; θα μειώνεται; αργά; γρήγορα;) η ταχύτητα του αυτοκινήτου στην οριζόντια διεύθυνση στο Origin 1, καθώς αυτό κινείται. Γράψτε παρακάτω πως φαντάζεστε ότι θα μεταβάλλεται η x συνιστώσα της ταχύτητας του αυτοκινήτου συναρτήσει του χρόνου και δικαιολογήστε την απάντηση σας.

2. Φτιάξτε την γραφική παράσταση της μεταβολής της οριζόντιας ταχύτητας του αυτοκινήτου συναρτήσει του χρόνου ($υ_x(t)$). Για τον οριζόντιο άξονα πρέπει να επιλέξετε τον χρόνο και για τον κατακόρυφο Αυτοκίνητο→x→Velocity.
3. Η περιγραφή που δώσατε παραπάνω για την μεταβολή της οριζόντιας ταχύτητας του αυτοκινήτου είναι σύμφωνη με την γραφική παράσταση; Ναι ή όχι; Αν όχι, τότε γράψτε την περιγραφή όπως την αντιλαμβάνεστε τώρα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.6
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ ΠΟΥ ΣΤΑΜΑΤΑ»

4. Γιατί η γραφική παράσταση τέμνει τον κατακόρυφο άξονα; Ποιες είναι οι συντεταγμένες του σημείου τομής και τι εκφράζουν;

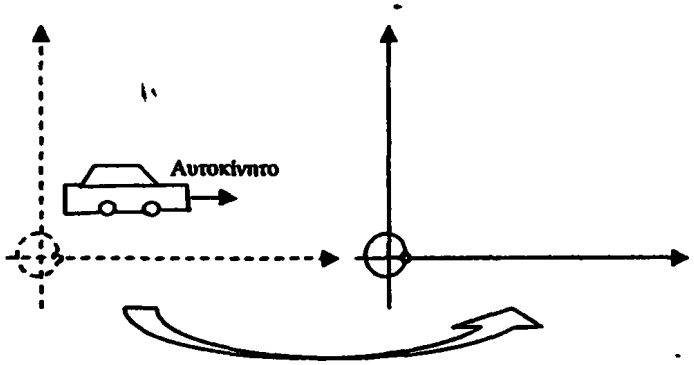
5. Υπολογίστε στην κλίση της $\upsilon_x(t)$.

6. Ποια πιστεύετε είναι η σχέση μεταξύ των δύο γραφικών παραστάσεων που φτιάξατε;

Συστήματα αναφοράς

1. Κάντε κλικ στον *y* άξονα της γραφικής παράστασης της x(t) και στο παράθυρο που θα ανοίξει κάντε κλικ στο Autoscale. Τώρα οι ακραίες τιμές που θα βλέπετε στην γραφική παράσταση θα καθορίζονται αυτόματα.

2. Μετακινήστε το σύστημα αναφοράς Origin 1 όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα



3. Στο νέο σύστημα αναφοράς, ποιες είναι οι συντεταγμένες του σημείου που παρακολουθείτε στο αυτοκίνητο στην αρχή και στο τέλος της κίνησης του;

4. Στο νέο σύστημα αναφοράς, πόση απόσταση κάλυψε το αυτοκίνητο κατά την κίνηση του; Πως το βρήκατε;

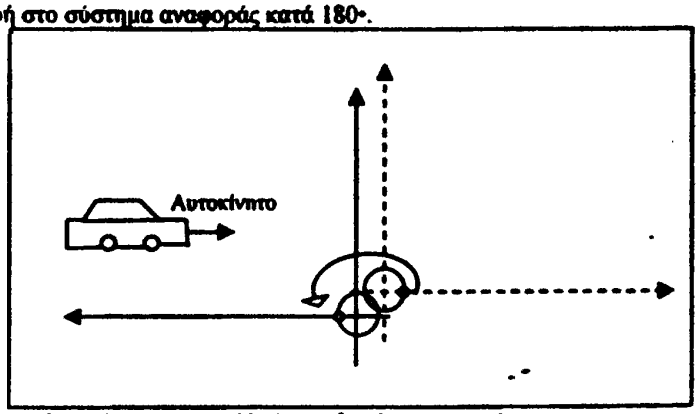
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.6
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ ΠΟΥ ΣΤΑΜΑΤΑ»

5. Άλλαξε κάτι στην γραφική παράσταση της x(t); Δικαιολογήστε την απάντηση σας.

6. Άλλαξε κάτι στην γραφική παράσταση της $υ_x(t)$; Δικαιολογήστε την απάντηση σας.

7. Εκτελέστε περιστροφή στο σύστημα αναφοράς κατά 180°.



8. Άλλαξε κάτι στην γραφική παράσταση της x(t); Δικαιολογήστε την απάντηση σας.

9. Άλλαξε κάτι στην γραφική παράσταση της $υ_x(t)$; Δικαιολογήστε την απάντηση σας.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.7
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «ΤΑ ΑΣΑΝΣΕΡ»

Τα ασανσέρ

Επώνυμο: _____

Όνομα: _____

Ημερομηνία: _____

Άνοιγμα Ταινίας και Συλλογή Videopoints

1. Από το VideoPoint ανοίξτε την ταινία E-2AB.MOV.
2. Δηλώστε στο πρόγραμμα ότι θα παρακολουθείτε την κίνηση για 2 σώματα.
3. Παίξτε την ταινία όσες φορές θέλετε και παρατηρήστε την κίνηση των δύο ασανσέρ. Γράψτε παρακάτω την περιγραφή που θα δίνατε για την κίνηση που παρατηρείτε σε κάποιον ο οποίος δεν βλέπει την ταινία:

_____

_____

_____

_____

4. Στο παράθυρο του συστήματος αναφοράς μετονομάστε το «Point S1» σε «Δεξί» και το «Point S2» σε «Αριστερό».
5. Προχωρήστε στην συλλογή των Videopoints (από το 2ο καρέ και μετά – το 1ο είναι μόνο για να μας δώσει πληροφορίες για την ταινία) επιλέγοντας ένα σταθερό σημείο στο κάθε ασανσέρ που θα σημαδεύετε σε κάθε καρέ της ταινίας. Επιλέξτε προσεχτικά ώστε να μπορείτε να βλέπετε αυτά τα σημεία σε όσο το δυνατόν περισσότερα καρέ της ταινίας. Δεν είναι απαραίτητο να συλλέξετε τα videopoints από όλα τα καρέ της ταινίας, καθώς μετά από κάποιο καρέ το δεξί ασανσέρ δεν φαίνεται πλέον. Όταν τελειώσετε την συλλογή των videopoints γυρίστε την ταινία στην αρχή και παίξτε την καρέ-καρέ για να βεβαιωθείτε ότι δεν έχετε κάνει λάθος κατά την συλλογή των σημείων σας. Για όποια καρέ νομίζετε ότι χρειάζεται, προχωρήστε σε διορθώσεις.
6. Ορίστε μια κλίμακα για την ταινία. Στο πρώτο καρέ έχει σημειωθεί το ύψος των ασανσέρ για διευκόλυνσή σας.
7. Ποιο σημείο διαλέξατε να παρακολουθείτε στο κάθε ασανσέρ; Ποιες είναι οι συντεταγμένες των σημείων που παρακολουθείτε στα δύο ασανσέρ στην αρχή της κίνησῆς τους;

_____

_____

_____

_____

8. Πόσα μέτρα απέχουν τα δύο ασανσέρ στην αρχή της κίνησης τους; Πως το βρήκατε;

_____

_____

_____

_____

Γραφικές Παραστάσεις

Επειδή τα δύο ασανσέρ κινούνται μόνο πάνω και κάτω και καθόλου προς τα αριστερά και δεξιά, θα θεωρήσουμε την κίνηση τους μονοδιάστατη. Το σύστημα αναφοράς Origin 1 έχει ήδη τον y άξονα του παράλληλο με την κίνηση των ασανσέρ, οπότε μας βολεύει η αρχική του θέση και δεν χρειάζεται να κάνουμε αλλαγές σε αυτό.

Γραφική παράσταση y(t)

1. Παίξτε την ταινία ξανά μερικές φορές και προσπαθήστε να φανταστείτε πως θα μεταβάλλεται (θα αυξάνεται; θα μειώνεται; αργά; γρήγορα;) η συντεταγμένη y του αριστερού ασανσέρ στο Origin 1, καθώς αυτό κινείται. Γράψτε παρακάτω πως φαντάζεστε ότι θα μεταβάλλεται η y συντεταγμένη (δηλαδή η κατακόρυφη συνιστώσα της θέσης) του αριστερού ασανσέρ συναρτήσει του χρόνου και δικαιολογήστε την απάντηση σας.

_____

_____

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.7
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «ΤΑ ΑΣΑΝΣΕΡ»

2. Παίξτε την ταινία ξανά μερικές φορές και προσπαθήστε να φανταστείτε πως θα μεταβάλλεται (θα αυξάνεται; θα μειώνεται; αργά; γρήγορα;) η συντεταγμένη y του δεξιού ασανσέρ στο Origin 1, καθώς αυτό κινείται. Γράψτε παρακάτω πως φαντάζεστε ότι θα μεταβάλλεται η y συντεταγμένη (δηλαδή η κατακόρυφη συνιστώσα της θέσης) του δεξιού ασανσέρ συναρτήσει του χρόνου και δικαιολογήστε την απάντηση σας.

3. Φτιάξτε μία γραφική παράσταση για τη μεταβολής της κατακόρυφης θέσης και των δύο ασανσέρ συναρτήσει του χρόνου (y(t)). Για τον οριζόντιο άξονα πρέπει να επιλέξετε τον χρόνο και για τον κατακόρυφο Αριστερό→y→Position→Add και μετά Δεξί→y→Position→OK.
4. Θέστε την ελάχιστη τιμή του κατακόρυφου άξονα σε 0.
5. Η περιγραφή που δώσατε παραπάνω για την μεταβολή της κατακόρυφης θέσης των δύο ασανσέρ είναι σύμφωνη με την γραφική παράσταση; Ναι ή όχι; Αν όχι, τότε γράψτε την περιγραφή όπως την αντιλαμβάνεστε τώρα.

6. Γιατί οι γραφικές παραστάσεις τέμνουν τον κατακόρυφο άξονα; Ποιες είναι οι συντεταγμένες των σημείων τομής του κατακόρυφου άξονα και τι εκφράζουν;

7. Αυξάνεται ή μειώνεται η y θέση για τα δύο ασανσέρ στην γραφική παράσταση; Πως το δικαιολογείτε;

8. Έχει την ίδια κλίση σε όλα τα σημεία της η γραφική παράσταση για την y θέση του αριστερού ασανσέρ; Δικαιολογήστε την απάντηση σας.

9. Έχει την ίδια κλίση σε όλα τα σημεία της η γραφική παράσταση για την y θέση του δεξιού ασανσέρ; Δικαιολογήστε την απάντηση σας.

10. Σε ποιο σημείο τέμνονται οι γραφικές παραστάσεις; Χρησιμοποιήστε τις γνώσεις σας στον χειρισμό των γραφικών παραστάσεων στο VideoPoint ώστε να βρείτε με μεγάλη ακρίβεια το σημείο τομής. Τι συμβαίνει εκεί όσον αφορά την κίνηση των δύο ασανσέρ;

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΗ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.7
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «ΤΑ ΑΣΑΝΣΕΡ»

11. Το χρονικό διάστημα 0 – 0.5sec ποια από τις δύο καμπύλες έχει το μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολής; Τι εκφράζει αυτός για την κίνηση των ασανσέρ;

12. Τη χρονική στιγμή t=4sec ποια από τις δύο καμπύλες έχει το μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολής; Τι εκφράζει αυτός για την κίνηση των ασανσέρ;

13. Τι πιστεύεται ότι εκφράζει η κλίση της y(t) για την κίνηση των δύο ασανσέρ;

14. Υπολογίστε την κλίση της y(t) για το δεξί ασανσέρ στο χρονικό διάστημα 2 – 4sec.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.8
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «ΑΝΤΙΘΕΤΑ ΚΙΝΟΥΜΕΝΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ»

Αντίθετα κινούμενα αυτοκίνητα

Επώνυμο: _____

Όνομα: _____

Ημερομηνία: _____

Άνοιγμα Ταινίας και Συλλογή Videopoints

1. Από το VideoPoint ανοίξτε την ταινία AUTOAN.AVI.
2. Δηλώστε στο πρόγραμμα ότι θα παρακολουθείτε την κίνηση για 2 σώματα.
3. Παίξτε την ταινία όσες φορές θέλετε και παρατηρήστε την κίνηση των δύο αυτοκινήτων. Γράψτε παρακάτω την περιγραφή που θα δίνατε για την κίνηση που παρατηρείτε σε κάποιον ο οποίος δεν βλέπει την ταινία:

_____

_____

_____

_____

4. Στο παράθυρο του συστήματος αναφοράς μετονομάστε το «Point S1» σε «Άσπρο» και το «Point S2» σε «Μαύρο».
5. Προχωρήστε στην συλλογή των Videopoints επιλέγοντας ένα σταθερό σημείο στο κάθε αυτοκίνητο που θα σημαδεύετε σε κάθε καρέ της ταινίας. Επιλέξτε προσεχτικά γιατί όταν τα δύο αυτοκίνητα συναντιούνται δεν είναι ορατά όλα τα σημεία του άσπρου αυτοκινήτου. Δεν είναι απαραίτητο να συλλέξετε τα videopoints από όλα τα καρέ της ταινίας, καθώς μετά από κάποιο καρέ το άσπρο αυτοκίνητο δεν φαίνεται πλέον. Όταν τελειώσετε την συλλογή των videopoints γυρίστε την ταινία στην αρχή και παίξτε την καρέ-καρέ για να βεβαιωθείτε ότι δεν έχετε κάνει λάθος κατά την συλλογή των σημείων σας. Για όποια καρέ νομίζετε ότι χρειάζεται, προχωρήστε σε διορθώσεις.
6. Ορίστε μια κλίμακα για την ταινία. Στο πρώτο καρέ έχει σημειωθεί το μήκος του μαύρου αυτοκινήτου για διευκόλυνσή σας.
7. Ποιο σημείο διαλέξατε να παρακολουθείτε στο κάθε αυτοκίνητο; Ποιες είναι οι συντεταγμένες των σημείων που παρακολουθείτε στα δύο αυτοκίνητα στην αρχή της κίνησης τους;

_____

_____

_____

_____

8. Πόσα μέτρα απέχουν τα δύο αυτοκίνητα στην αρχή της κίνησης τους; Πως το βρήκατε;

_____

_____

_____

Γραφικές Παραστάσεις

Επειδή τα δύο αυτοκίνητα κινούνται μόνο αριστερά και δεξιά και καθόλου προς τα πάνω και προς τα κάτω, θα θεωρήσουμε την κίνηση τους μονοδιάστατη. Το σύστημα αναφοράς Origin 1 έχει ήδη τον x άξονα του παράλληλο με την κίνηση των αυτοκινήτων, οπότε μας βολεύει η αρχική του θέση και δεν χρειάζεται να κάνουμε αλλαγές σε αυτό.

Γραφική παράσταση x(t)

1. Παίξτε την ταινία ξανά μερικές φορές και προσπαθήστε να φανταστείτε πως θα μεταβάλλεται (θα αυξάνεται; θα μειώνεται; αργά; γρήγορα;) η συντεταγμένη x του άσπρου αυτοκινήτου στο Origin 1, καθώς αυτό κινείται. Γράψτε παρακάτω πως φαντάζεστε ότι θα μεταβάλλεται η x συντεταγμένη (δηλαδή η οριζόντια συνιστώσα της θέσης) του άσπρου αυτοκινήτου συναρτήσει του χρόνου και δικαιολογήστε την απάντηση σας.

_____

_____

_____

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.8
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «ΑΝΤΙΘΕΤΑ ΚΙΝΟΥΜΕΝΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ»

2. Παίξτε την ταινία ξανά μερικές φορές και προσπαθήστε να φανταστείτε πως θα μεταβάλλεται (θα αυξάνεται; θα μειώνεται; αργά; γρήγορα;) η συντεταγμένη x του μαύρου αυτοκινήτου στο Origin 1, καθώς αυτό κινείται. Γράψτε παρακάτω πως φαντάζεστε ότι θα μεταβάλλεται η x συντεταγμένη (δηλαδή η οριζόντια συνιστώσα της θέσης) του μαύρου αυτοκινήτου συναρτήσει του χρόνου και δικαιολογήστε την απάντηση σας.

3. Φτιάξτε μία γραφική παράσταση για τη μεταβολής της οριζόντιας θέσης και των δύο αυτοκινήτων συναρτήσει του χρόνου (x(t)). Για τον οριζόντιο άξονα πρέπει να επιλέξετε τον χρόνο και για τον κατακόρυφο Άσπρο→x→Position→Add και μετά Μαύρο→x→Position→OK.
4. Θέστε την ελάχιστη τιμή του κατακόρυφου άξονα σε 0.
5. Η περιγραφή που δώσατε παραπάνω για την μεταβολή της οριζόντιας θέσης των δύο αυτοκινήτων είναι σύμφωνη με την γραφική παράσταση; Ναι ή όχι; Αν όχι, τότε γράψτε την περιγραφή όπως την αντιλαμβάνεστε τώρα.

6. Γιατί οι γραφικές παραστάσεις τέμνουν τον κατακόρυφο άξονα; Ποιες είναι οι συντεταγμένες των σημείων τομής του κατακόρυφου άξονα και τι εκφράζουν;

7. Αυξάνεται ή μειώνεται η x θέση για τα δύο αυτοκίνητα στην γραφική παράσταση; Πως το δικαιολογείτε;

8. Έχει την ίδια κλίση σε όλα τα σημεία της η γραφική παράσταση για την x θέση του άσπρου αυτοκινήτου; Δικαιολογήστε την απάντηση σας.

9. Έχει την ίδια κλίση σε όλα τα σημεία της η γραφική παράσταση για την x θέση του μαύρου αυτοκινήτου; Δικαιολογήστε την απάντηση σας.

10. Τι συμβαίνει την χρονική στιγμή t=1.45sec στην γραφική παράσταση; Τι βλέπετε να συμβαίνει στην ταινία εκείνη την χρονική στιγμή;

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.8
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «ΑΝΤΙΘΕΤΑ ΚΙΝΟΥΜΕΝΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ»

11. Το χρονικό διάστημα 0 – 1sec ποια από τις δύο καμπύλες έχει το μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολής; Τι εκφράζει αυτός για την κίνηση των αυτοκινήτων;

12. Τη χρονική στιγμή t=1.2sec ποια από τις δύο καμπύλες έχει το μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολής; Τι εκφράζει αυτός για την κίνηση των αυτοκινήτων;

13. Τι πιστεύεται ότι εκφράζει η κλίση της x(t) για την κίνηση των δύο αυτοκινήτων;

14. Υπολογίστε την κλίση της x(t) για το άσπρο αυτοκίνητο

15. Μελετώντας την γραφική παράσταση ποια πιστεύεται θα είναι η θέση του άσπρου και ποια του μαύρου αυτοκινήτου την χρονική στιγμή t=3sec; Πως το βρήκατε;

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.9
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «ΤΡΕΝΑΚΙΑ»

Τρενάκια

Επώνυμο: _____

Όνομα: _____

Ημερομηνία: _____

Άνοιγμα Ταινίας και Συλλογή Videopoints

1. Από το VideoPoint ανοίξτε την ταινία PASCO051.MOV.
2. Δηλώστε στο πρόγραμμα ότι θα παρακολουθείτε την κίνηση για 2 σώματα. Θα αναλύσουμε την κίνηση του πάνω και του κάτω τρένου και όχι του μεσαίου.
3. Παίξτε την ταινία όσες φορές θέλετε και παρατηρήστε την κίνηση των δύο τρένων. Γράψτε παρακάτω την περιγραφή που θα δίνατε για την κίνηση που παρατηρείτε σε κάποιον ο οποίος δεν βλέπει την ταινία:

_____

_____

_____

_____

_____

4. Στο παράθυρο του συστήματος αναφοράς μετονομάστε το «Point S1» σε «Πάνω» και το «Point S2» σε «Κάτω».
5. Προχωρήστε στην συλλογή των Videopoints επιλέγοντας ένα σταθερό σημείο στο κάθε τρενάκι που θα σημαδεύετε σε κάθε καρέ της ταινίας. Όταν τελειώσετε την συλλογή των videopoints γυρίστε την ταινία στην αρχή και παίξτε την καρέ-καρέ για να βεβαιωθείτε ότι δεν έχετε κάνει λάθος κατά την συλλογή των σημείων σας. Για όποια καρέ χρειάζεται, προχωρήστε σε διορθώσεις.
6. Ορίστε μια κλίμακα για την ταινία. Για διευκόλυνσή σας υπάρχει μια μετροταινία του ενός μέτρου στερεωμένη στις ράγες του κάτω τρένου.
7. Πόση απόσταση κάλυψε το κάτω τρενάκι από την αρχή μέχρι το τέλος της κίνησης του; Πως το βρήκατε;

_____

_____

_____

_____

Γραφικές Παραστάσεις

Το κάτω τρενάκι εκτελεί μονοδιάστατη κίνηση στην x διεύθυνση. Το πάνω όμως εκτελεί κίνηση και στην y διεύθυνση. Εμείς θα μελετήσουμε μόνο τον τρόπο που κινούνται και τα δύο στη x διεύθυνση αγνοώντας την κίνηση του πάνω ως προς την y συντεταγμένη του.

Γραφική παράσταση x(t)

1. Παίξτε την ταινία ξανά μερικές φορές και προσπαθήστε να φανταστείτε πως θα μεταβάλλεται (θα αυξάνεται; θα μειώνεται; αργά; γρήγορα;) η συντεταγμένη x του πάνω τρένου στο Origin 1, καθώς αυτό κινείται. Γράψτε παρακάτω πως φαντάζεστε ότι θα μεταβάλλεται η x συντεταγμένη (δηλαδή η οριζόντια συνιστώσα της θέσης) του πάνω τρένου συναρτήσει του χρόνου και δικαιολογήστε την απάντηση σας.

_____

_____

_____

_____

2. Παίξτε την ταινία ξανά μερικές φορές και προσπαθήστε να φανταστείτε πως θα μεταβάλλεται (θα αυξάνεται; θα μειώνεται; αργά; γρήγορα;) η συντεταγμένη x του κάτω τρένου στο Origin 1, καθώς αυτό κινείται. Γράψτε παρακάτω πως φαντάζεστε ότι θα μεταβάλλεται η x συντεταγμένη (δηλαδή η οριζόντια συνιστώσα της θέσης) του κάτω τρένου συναρτήσει του χρόνου και δικαιολογήστε την απάντηση σας.

_____

_____

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.9
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «ΤΡΕΝΑΚΙΑ»

3. Φτιάξτε μία γραφική παράσταση για τη μεταβολής της οριζόντιας θέσης και των για τα 2 τρενάκια συναρτήσει του χρόνου (x(t)). Για τον οριζόντιο άξονα πρέπει να επιλέξετε τον χρόνο και για τον κατακόρυφο Πάνω→x→Position→Add και μετά Κάτω→x→Position→OK.
4. Η περιγραφή που δώσατε παραπάνω για την μεταβολή της οριζόντιας θέσης για τα 2 τρενάκια είναι σύμφωνη με την γραφική παράσταση; Ναι ή όχι; Αν όχι, τότε γράψτε την περιγραφή όπως την αντιλαμβάνεστε τώρα.

5. Γιατί οι γραφικές παραστάσεις τέμνουν τον κατακόρυφο άξονα; Ποιες είναι οι συντεταγμένες των σημείων τομής του κατακόρυφου άξονα και τι εκφράζουν;

6. Αυξάνεται ή μειώνεται η x θέση για τα δύο τρενάκια στην γραφική παράσταση; Πως το δικαιολογείτε;

7. Έχει την ίδια κλίση σε όλα τα σημεία της η γραφική παράσταση για την x θέση του πάνω τρένου; Δικαιολογήστε την απάντηση σας.

8. Έχει την ίδια κλίση σε όλα τα σημεία της η γραφική παράσταση για την x θέση του κάτω τρένου; Δικαιολογήστε την απάντηση σας.

9. Υπολογίστε την κλίση της x(t) για το δεξί και το αριστερό τρενάκι στο χρονικό διάστημα 0 – 0.3sec.

10. Υπολογίστε την κλίση της x(t) για το δεξί και το αριστερό τρενάκι στο χρονικό διάστημα 0.3 – 1.5sec.

11. Υπολογίστε την κλίση της x(t) για το δεξί και το αριστερό τρενάκι στο χρονικό διάστημα 1.5 – 2.4sec.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.9
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «ΤΡΕΝΑΚΙΑ»

12. Τι πιστεύεται ότι εκφράζει η κλίση της x(t) για την κίνηση των δύο τρένων;

13. Σε ποιο σημείο τέμνονται οι γραφικές παραστάσεις; Χρησιμοποιήστε τις γνώσεις σας στον χειρισμό των γραφικών παραστάσεων στο VideoPoint ώστε να βρείτε με μεγάλη ακρίβεια το σημείο τομής. Τι συμβαίνει εκεί όσον αφορά την κίνηση των δύο τρένων;

14. Τη χρονική στιγμή t=2.3sec ποια από τις δύο καμπύλες έχει το μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολής; Τι εκφράζει αυτός για την κίνηση των 2 τρένων;

15. Μελετώντας την γραφική παράσταση ποια πιστεύεται θα είναι η θέση του πάνω και του κάτω τρένου την χρονική στιγμή t=3sec; Πως το βρήκατε;

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ ΑΝΑ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΗ ΕΝΝΟΙΑ

Έννοιες και Ικαντότητες	Desks 1	Desks 2	Mary	Transport 1	Transport 2	Cardiff 1	Cardiff 2	Story 1	Story 2	Story 3	Charity 1	Charity 2	Weight 1	Weight 2	Multiples 1	Multiples 2	Multiples 3	Multiples 4	Squares 1	Squares 2	Squares 3	Changes 1	Changes 2	Changes 3	Changes 4	Constant Rate	Greatest	Intervals 1	Intervals 2
Εύρεση συντεταγμένων	x	x											x		x	x	x		x	x									
Εύρεση της κλίμακας των αξόνων														x	x			x	x	x									
Εύρεση συντεταγμένων και πράξεις με αυτές		x											x					x											
Εύρεση συντεταγμένων σε ασυνήθιστα συστήματα συντεταγμένων	x	x																											
Συντεταγμένες και αλγεβρικός κανόνας		x																x											
Ερμηνεία συντεταγμένων σε πλαίσιο						x					x		x																
Επέκταση (extrapolation) γραφικής παράστασης																x													
Παρεμβολή (interpolation) γραφικής παράστασης																	x			x									
Σωστή ερμηνεία του y άξονα γραφικής παράστασης					x							x												x					
Υπολογισμός κλίσης ευθείας γραμμής																		x											
Ερμηνεία κλίσης γραφικής παράστασης που αναφέρεται σε συγκεκριμένο πλαίσιο			x	x			x	x		x		x		x															
Ερμηνεία κλίσης γραφικής παράστασης που αναφέρεται σε αφηρημένο πλαίσιο																						x	x	x	x				
Ερμηνεία παράλληλων γραμμών ως ίδιας κλίσης			x																								x		
Ερμηνεία ίδιας κλίσης ως ίδια ταχύτητα			x																										
Εύρεση διαστήματος μεγαλύτερης κλίσης							x							x													x	x	x
Ερμηνεία της «ιστορίας» μιας γραφικής παράστασης								x	x	x												x	x	x	x				
Σχεδιασμός γραφικής παράστασης για «ιστορία»			x		x					x		x																	
Σχεδιασμός γραφικής παράστασης με αρνητική κλίση					x							x																	
Σχεδιασμός γραφικής παράστασης για ιστορία ιδίας έμπνευσης										x																			
Ερμηνεία ασυνέχειας									x																				
Εύρεση σταθερού ρυθμού μεταβολής σε γραφική παράσταση																										x			
Σύγκριση ρυθμού μεταβολής δύο καμπύλων σε ένα διάστημα																												x	
Σύγκριση ρυθμού μεταβολής δύο καμπύλων σε ένα σημείο																													x
Εργασία με περισσότερες της μίας καμπύλης στην ίδια γραφική παράσταση			x	x		x	x						x	x													x	x	x

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.11
E-MAILS ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ C. HADJIDEMETRIOU

14/11/2002
Xairete! Eivai poly euxaristo va lambaveis email apo researchers eidika pou ergazovte sto idio field (kai eivai kai sumpatriotes)! Polu euxaristos va sas steilo to test pou xrisnmopoinsa!
Eixa tnv evtyposn pos to eixa sto website alla pragmati dev eivai!
Euxaristo pou mou to eipate gia va to balo online!.
Sas to stelvo os attachment. Elpizo va eivai bonthitiko!
Steilte mou email av de mporeite va to avoiksete. Eivai Word document!
Kaln epityxia stnv ereuva sas. Akougete poly evdiaferousa.

Constantia

21/1/2003
Giavvn, geia sou. Kai bebaia se thimamai! Na doseis pollous xairetismous stnv Eugenia, gvoristikame stn Ollavdia kai perasame poly wraia.
Dev fero kamia avtirisn va xrnsnmopoinseis to test mou. Meta xaras. Tha to typoso kai tha to diabaso apopse. Mesa stn bdomada tha sou steilo merika praktika problnmata pou avtimetopisa sto diko mou test. Tha mporousa episns va sou steilo kai to marking scheme to opoio mporeis va allakseis avaloga.

Kaln epityxia stn doulia sou!
kai tha sou steilo tis evtuposeis mou oso pio grngora givete.

Constantia Hadjidemetriou

29/1/2003
Eriksa mia matia sto erwtnmatologia kai se gevikes grammes eivai poly kalo. Merika sxolia (avaforika me ta problnmata pou eixa):
1. Meros proto (asknsn 4: Cardiff):
O aksovas y mporei va ovomastei 'apostasn apo spiti' alla auto eivai geviko. H asknsn de orizei pos to spiti tov duo autokivntov eivai to idio. Tha mporouse va eivai diaforetiko. Ektos eav orisei n asknsn pos eivai duo adelfia kai to spiti eivai to spiti tous, eivai koivo.
2: Asknsn 5: Story...
Oi mathites brnkav autn tnv asknsn gevika dyskoln. Evas logos mporei va ntav to paradeigma pou edosa.
To prediction mou eivai pos oi mathites tha prospathisouv va apavtnsouv se ola ta mern os eksns:
'oso megalntern eivai n apostasn apo to spiti, toso poio megalos o peripatos tou Petrou...'
'Oso poio megalo to tnlefovnma, toso poio akribo'
'Osos poio megalos o avthropos toso poio psylos ktl...'

Ego auta dev tha bathmologisa os evtelos ortha. Basika akolouthouv to grammatiko format 'oso poio ...toso poio...' tou paradeigmatos.
Episns to paradeigma pou edosa isos va mnv eivai to kalutero giati eivai mia graphikn parastasn pou o xrovos dev eivai elapsed xrovos...dnladn dev eivai xrovos pou perva kai katagrafoume. Autn n graphikn parastasn upovoei oti eva aeroplavo xrovometrithike gia diafores taxntntes kai grapsame kato to xrovo pou pairvei kathe fora...Opote upovoei apeira

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.11
E-MAILS ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟ ΤΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ C. HADJIDEMETRIOU

peiramata... (dev eivai opos to xrovo sto peripato tou petrou). Exo tnv evtyposn pos oi mathites dev to katalabaivouv auto kai isos va mnv eivai to kalutero paradeigma).
Akoma kati. Poly liga paidia mou dosav leptomeries gia autes tis 3 asknseis...isos va prepei va diamorfothouv gia va pareis poio polla dedomeva.
H teleutaia omos (ypsos evos avthropou) ntav poly evdiaferousa kai isos va mnv tnv allaza.
3. Asknsn 6:
i) 'osoi perissoteroi **theates** erthouv...'
'Eksngnse giati stn **sygkekrimmevn** periptosn...'
ii) 'osoi perissoteroi **avthropoi** bonthisouv...'
Auta ta prosthesa giati oi x variables pavo stn grafikn parastasn grafouv 'arithmos theatov' kai 'arithmos avthropov'...
4. asknsn 7 (Weight)
sto a meros pou rotas 'poia n diafora barous' tha ebaza 'poia n diafora barous **se kila**' giati polla paidia apavtnsav: ta koritsia eivai poio baria' xoris va divouv tnv apavtns p.x. 5 kila. Fusika ntav kai autn merikos swstn apavtnsn kai kala eivai va eimaste poio safns.
5. H asknsn 3 (meros B: changes) ntav arketa diskolo va bathmolognthei...elpizo oi katngories pou tha breis esy va eivai oi idies.
6. Asknsn 2 (squares):
'Exei n parapavo grafikn parastasn tnv idia klisn **se ola ta** snmeia tns?'

7. Asknsn 5 (Greatest Change):
meta apo to D tha ebaza '**arxizontas** apo autn me tn mikrotern...'

Elpizo auta va bonthisouv...
Sou stelvo kai to Marking Scheme pou uposxethika...mazi me 2 alla tables pou tha se bonthisouv pisteuo...

Kaln epityxia

Constantia

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.12
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Ερωτηματολόγιο Μαθητών CA ☐

Γραφικές Παραστάσεις

Επίθετο _____

Όνομα _____

Τμήμα _____

Εξάμηνο _____

Ημερομηνία _____

Αυτό δεν είναι διαγώνισμα και δεν θα βαθμολογηθείτε.

Διαβάστε προσεκτικά και λύστε τις παρακάτω ασκήσεις.

Παρακαλείσθε να γράφετε τι σκέφτεστε ενώ απαντάτε στις ερωτήσεις.

Αν δεν αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας (όπου απαιτείται) η απάντηση σας θα θεωρηθεί ημιτελής και θα αγνοηθεί.

Όταν τελειώσετε, να κυκλώσετε πιο μέρος βρήκατε ευκολότερο:

Πρώτο Μέρος Δεύτερο Μέρος Και τα δύο Κανένα

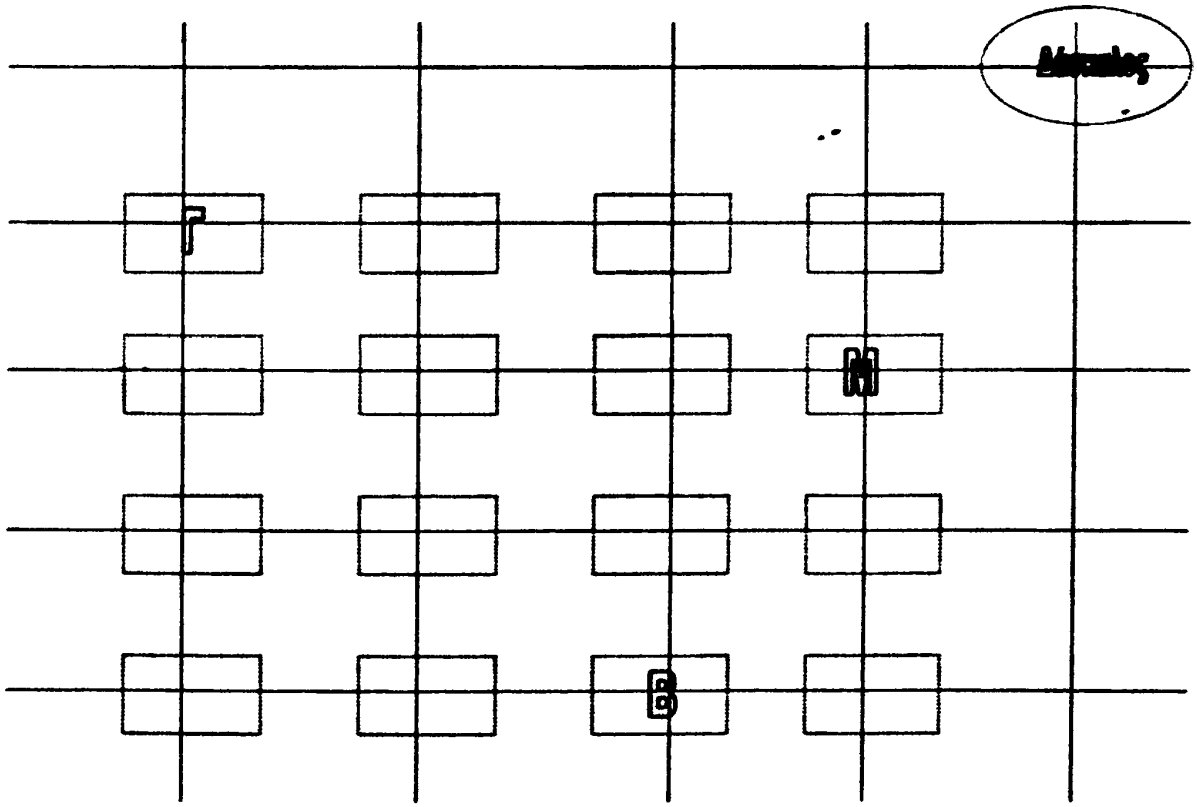
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.12
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Πρώτο Μέρος.

1. Ένας δάσκαλος έχει δώσει συντεταγμένες για κάθε θρανίο που βρίσκεται στην τάξη του. Το θρανίο που κάθεται η Μαρία έχει σημειωθεί με ένα 'Μ' στο παρακάτω διάγραμμα. Το θρανίο της έχει συντεταγμένες (1,2). Το θρανίο που κάθεται ο Γιάννης έχει σημειωθεί με ένα 'Γ' και οι συντεταγμένες του είναι (4,1).

Το θρανίο που κάθεται ο Βασίλης έχει σημειωθεί με ένα 'Β'.
(i) Γράψε τις συντεταγμένες του θρανίου του Βασίλη: (,)



(ii)Σκίασε όλα τα θρανία που το άθροισμα των συντεταγμένων τους είναι 4.

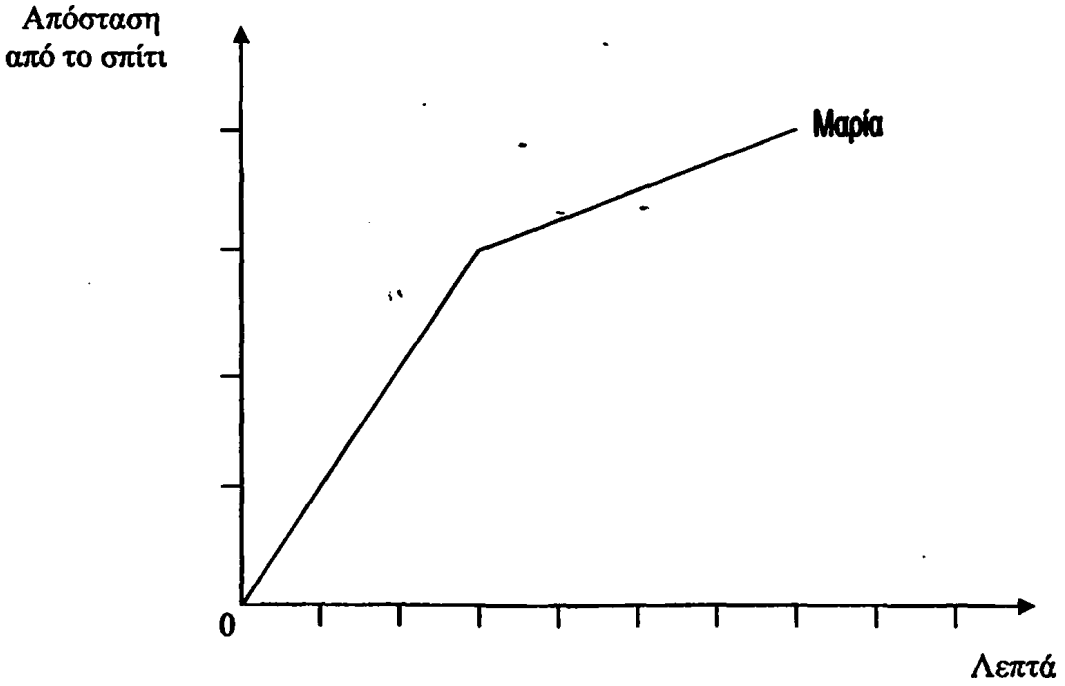
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.12
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

2. Ο Γιάννης και η αδερφή του η Μαρία κάνουν 35 λεπτά για να πάνε στο σινεμά.
Η Μαρία τρέχει για 15 λεπτά και μετά περπατάει για 20 λεπτά.
Ο Γιάννης περπατάει για τα πρώτα 20 λεπτά και μετά τρέχει για 15 λεπτά.
Η Μαρία τρέχει το ίδιο γρήγορα με τον Γιάννη.
Η Μαρία περπατάει το ίδιο γρήγορα με τον Γιάννη.

Σχεδίασε την γραφική παράσταση της διαδρομής του Γιάννη στους παρακάτω άξονες.

Η διαδρομή της Μαρίας και του Γιάννη προς το σινεμά

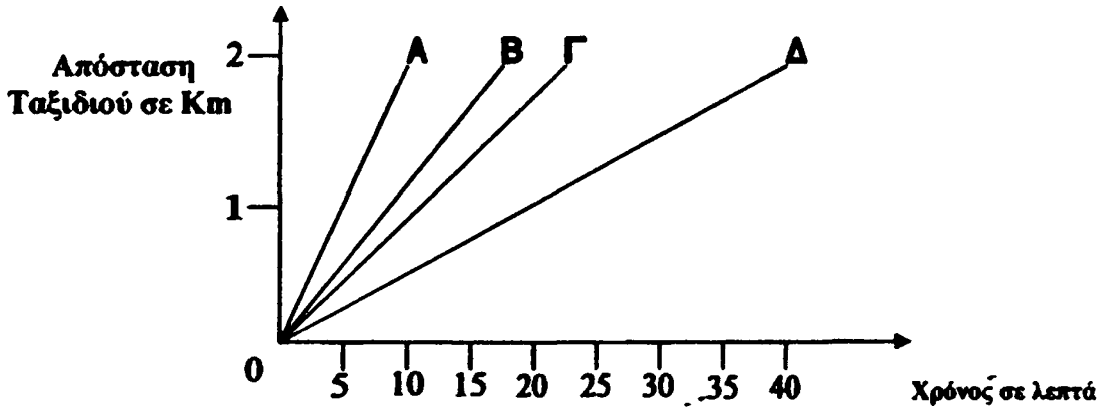


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.12
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

3. Η γραφική παράσταση δείχνει το ταξίδι από το σπίτι ως το σχολείο, μια διαδρομή δύο χιλιομέτρων με τέσσερα διαφορετικά μεταφορικά μέσα: Λεωφορείο, Αυτοκίνητο, Με τα πόδια, Ποδήλατο.

Απόσταση που καλύφθηκε από το σπίτι

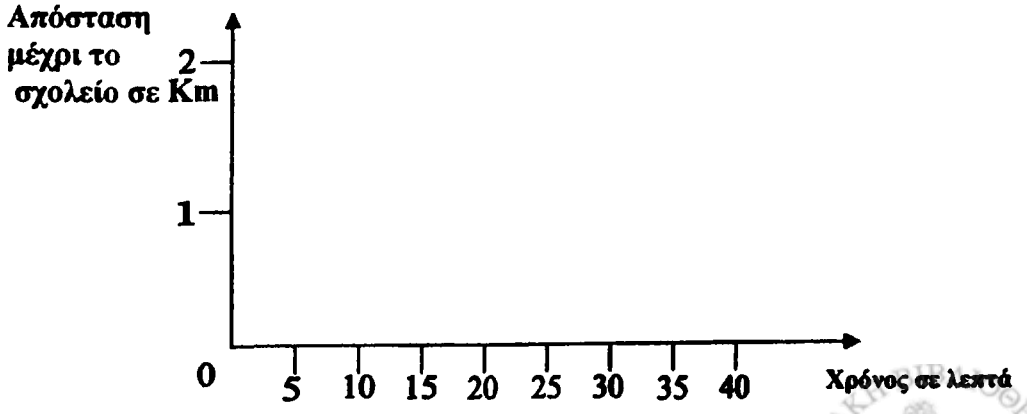


(i) Ταίριαξε τις παραπάνω γραμμές με το κατάλληλο μεταφορικό μέσο. Μια έχει γίνει ήδη για σένα.

Α	Λεωφορείο
Β	Αυτοκίνητο
Γ	Με τα πόδια
Δ	Ποδήλατο

(ii) Πηγαίνεις από το σπίτι στο σχολείο με ποδήλατο (γραμμή C). Σχεδίασε παρακάτω μια γραφική παράσταση που να δείχνει πόσο μακριά είσαι ακόμα από το σχολείο συναρτήσει του χρόνου.

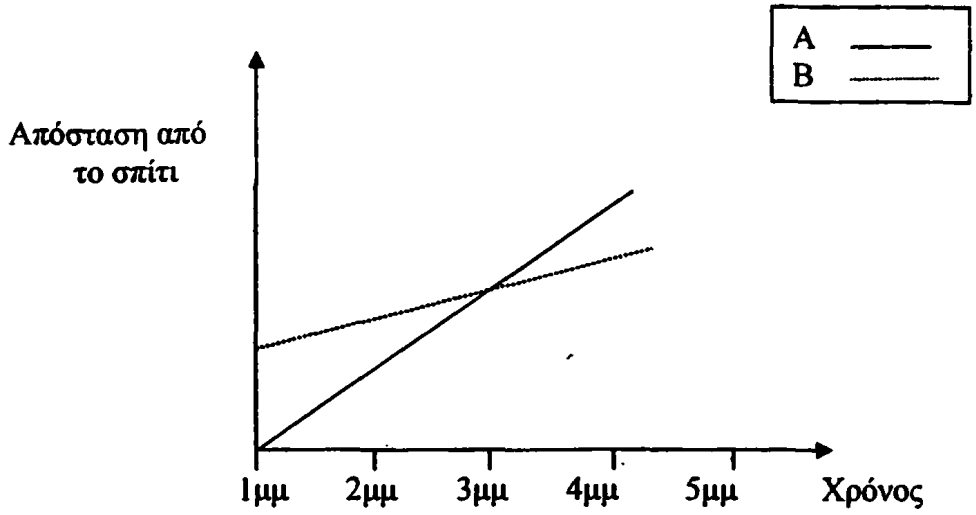
Απόσταση μέχρι το σχολείο



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.12
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

4. Δίνεται η παρακάτω γραφική παράσταση.
Η Απόσταση των αυτοκινήτων Α και Β από το σπίτι.



(i) Τι συμβαίνει στα δύο αυτοκίνητα στις 3 η ώρα;_____

_____ ☐

_____

Η Ελένη κοιτάει τη γραφική παράσταση και λέει, 'Στις 2μμ, η ταχύτητα του αυτοκινήτου Β είναι μεγαλύτερη από αυτή του Α.

(ii) Συμφωνείς με την Ελένη; Κύκλωσε ΝΑΙ ή ΟΧΙ.

Δικαιολόγησε την απάντησή σου

_____ ☐

_____

_____

_____

_____

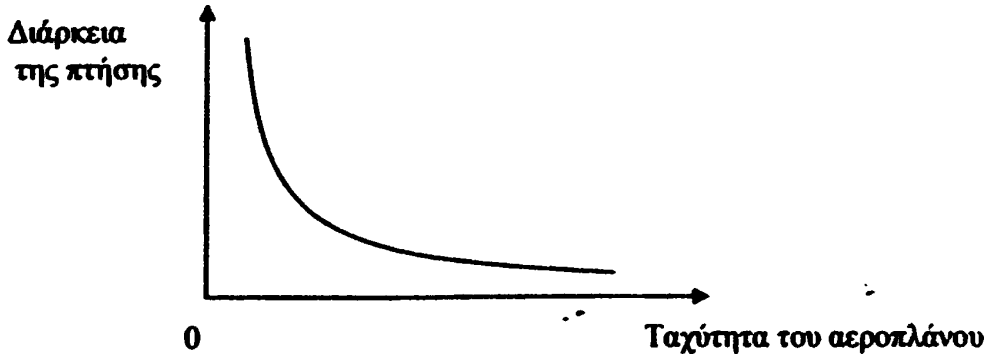
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.12
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

5. Για κάθε γραφική παράσταση:
Γράψε σε μία ή δύο προτάσεις την ερμηνεία όσων λέει η γραφική παράσταση. Σχεδίασε την τελευταία γραφική παράσταση μόνος σου και εξήγησε την.

Σου δίνεται το παρακάτω παράδειγμα.

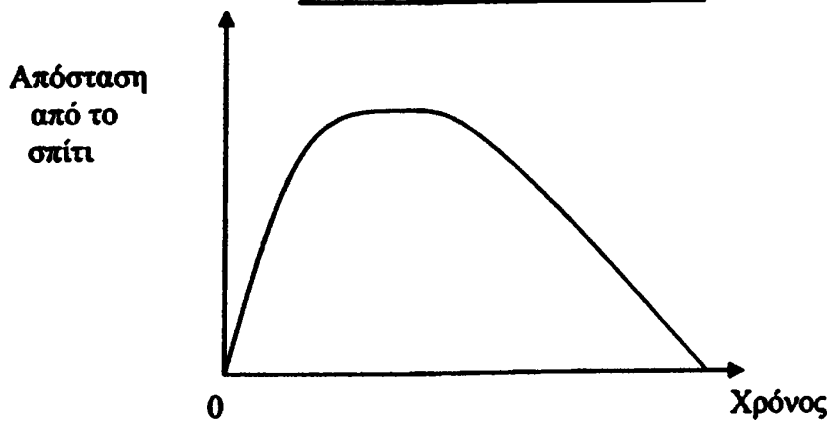
Μια πτήση στη Γαλλία



Όσο πιο μεγάλη είναι η ταχύτητα του αεροπλάνου, τόσο πιο σύντομη θα είναι η πτήση. Αν η ταχύτητα του αεροπλάνου είναι μικρή τότε η πτήση θα διαρκέσει περισσότερο.

(i)

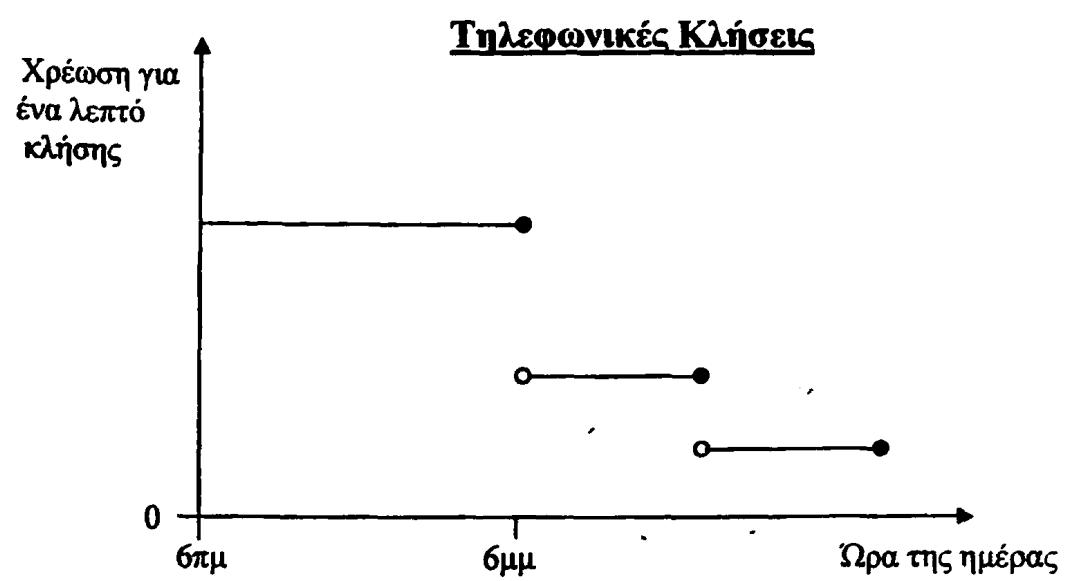
Ο περίπατος του Πέτρου



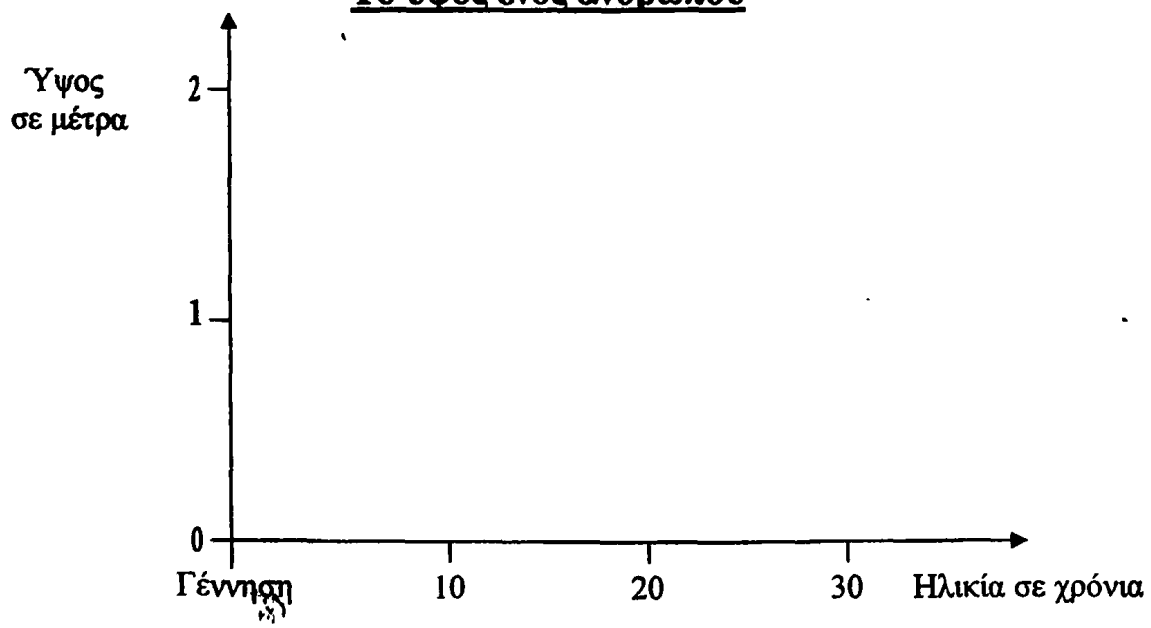
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.12
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

(ii)



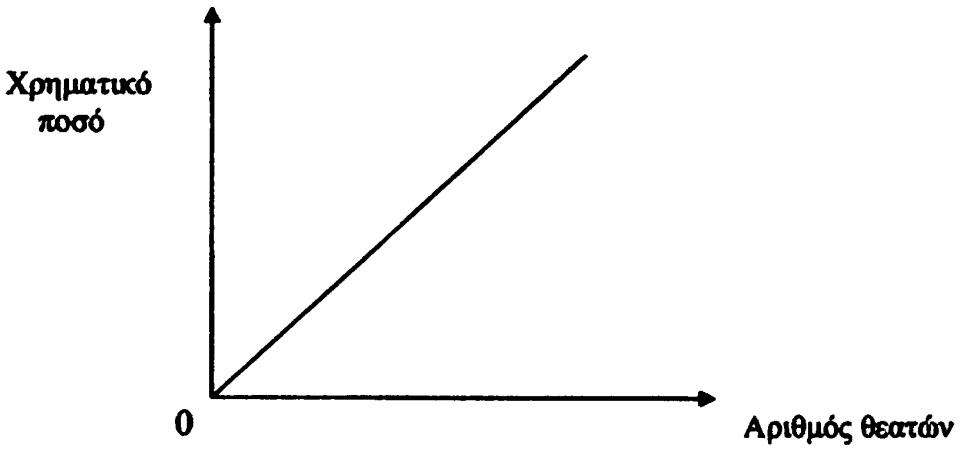
(iii) Σχεδίασε αυτή την γραφική παράσταση μόνος σου και μετά γράψε σε μία ή δύο προτάσεις την εξήγηση όσων λέει.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.12
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

6. Σε μία φιλανθρωπική συναυλία ο κάθε θεατής πληρώνει εισιτήριο εισόδου.
(i) Κάποιος λέει, 'Όσο περισσότεροι έρθουν, τόσο πιο πολλά χρήματα θα συγκεντρωθούν'.

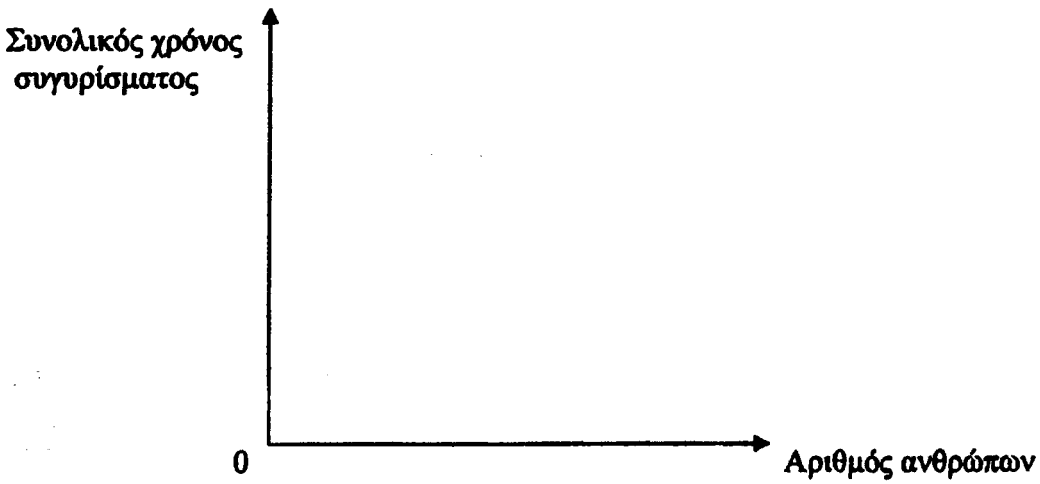


Εξήγησε γιατί σε αυτή την περίσταση η γραφική παράσταση περνάει από την αρχή των αξόνων _____

_____

_____

(ii) Κάποιος άλλος λέει, 'Όσο περισσότεροι βοηθήσουν, τόσο πιο σύντομα θα συμμαζέψουμε μετά'.
Σχεδίασε μια γραμμή που να το δείχνει αυτό.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

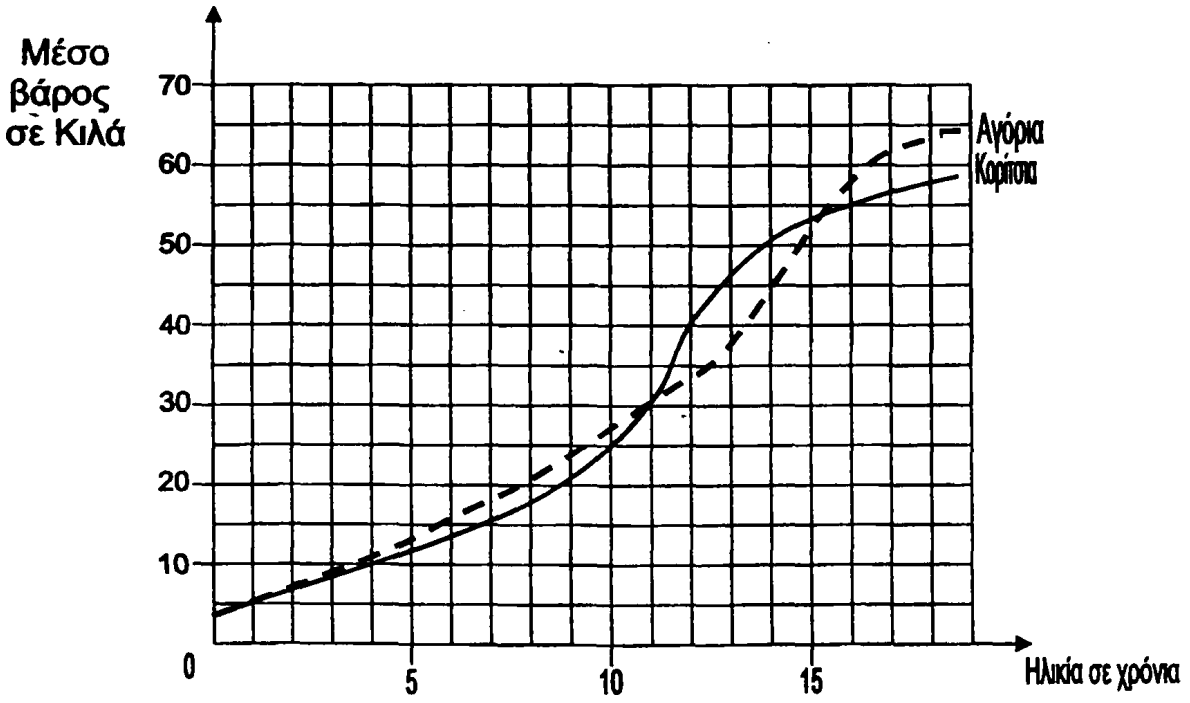
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.12
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

7. Δίνεται η παρακάτω γραφική παράσταση. Δείχνει το μέσο βάρος αγοριών και κοριτσιών καθώς μεγαλώνουν.

(i) Ποια είναι η διαφορά βάρους μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στην ηλικία των 14;

_____

Μέσο βάρος Αγοριών και Κοριτσιών



(ii) Τα αγόρια ή τα κορίτσια μεγαλώνουν γρηγορότερα στην ηλικία των 14; _____

Δικαιολογήστε την απάντησή σας_____

_____

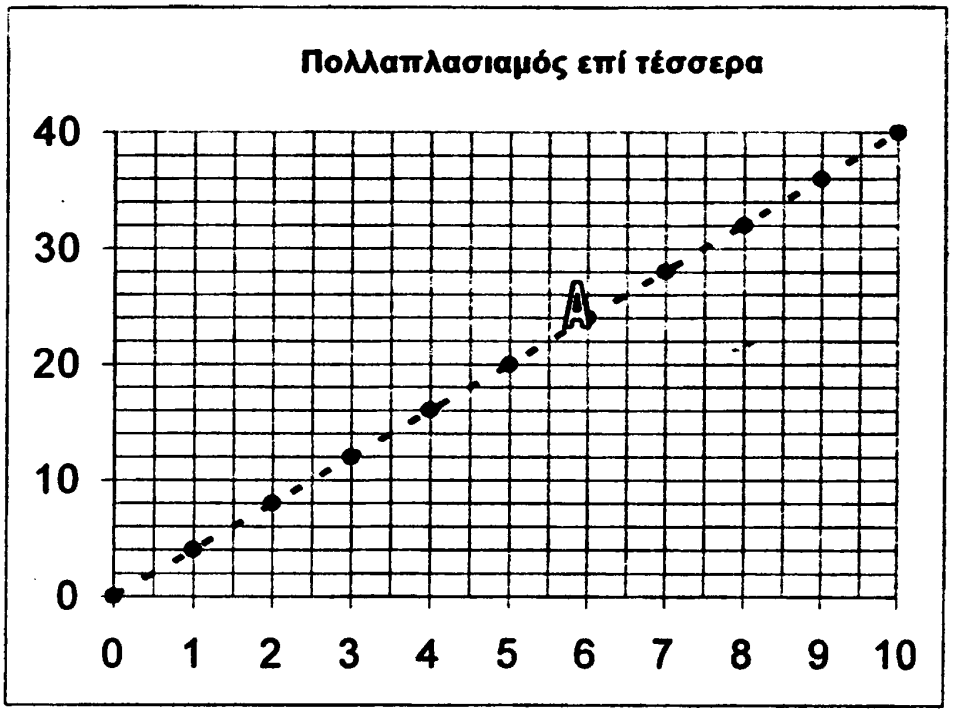
_____

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.12
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Μέρος Δεύτερο.

1. Ο Γιάννης έχει σχεδιάσει τα πολλαπλάσια του 4.
Το πρώτο πολλαπλάσιο του τέσσερα είναι 4, οπότε σχεδιάζει το (1,4).
Το δεύτερο πολλαπλάσιο του τέσσερα είναι το 8, οπότε σχεδιάζει το (2,8).



(i) Γράψε τις συντεταγμένες του σημείου Α (___,___).

(ii) Συμπλήρωσε τις συντεταγμένες που λείπουν: (20,___) και (___,100)

(iii) Ποια είναι η εφαπτομένη (κλίση) της παραπάνω γραμμής; ☐

Πως το βρήκες;_____

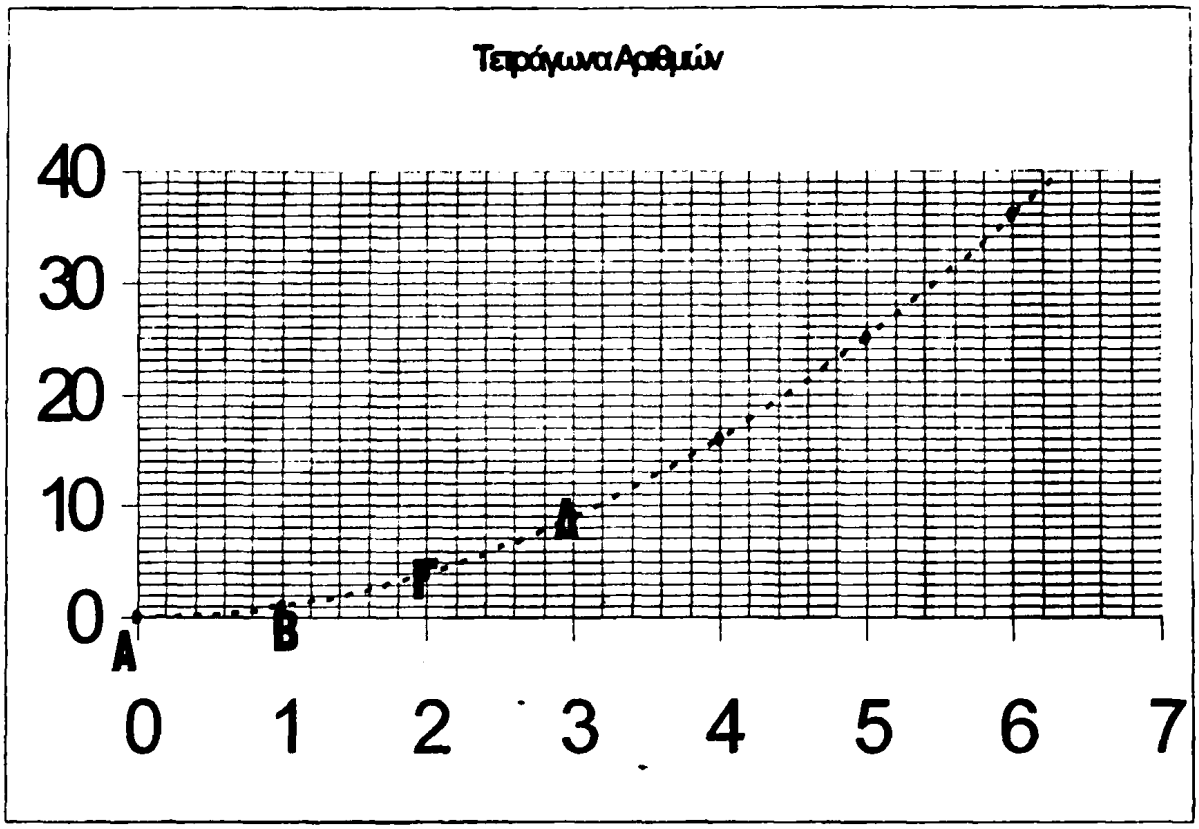
_____

_____

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.12
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

2. Η γραφική παράσταση δείχνει τα τετράγωνα των αριθμών.
A(0,0), B(1,1), Γ(2,4), Δ(3,9)



Από την γραφική παράσταση βρες προσεγγιστικά

(i) το τετράγωνο του 2.6 ☐ ☐

(ii)την τετραγωνική ρίζα του 6 ☐ ☐

Έχει η παραπάνω γραφική παράσταση την ίδια κλίση σε κάποια σημεία της;

Κύκλωσε ΝΑΙ ή ΟΧΙ ☐ ☐

Δικαιολόγησε την απάντηση σου_____

_____

_____

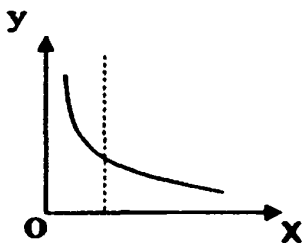
_____

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

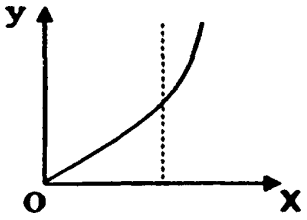
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.12
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

3. Περιέγραψε με λεπτομέρεια τις γραφικές παραστάσεις πριν και μετά την διακεκομμένη γραμμή.
Σου δίνεται ένα παράδειγμα.

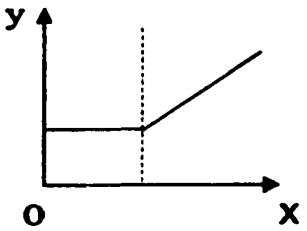
Παράδειγμα:



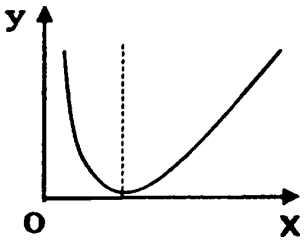
Πριν την διακεκομμένη γραμμή:
Καθώς αυξάνεται το x, το y μειώνεται γρήγορα.
Μετά την διακεκομμένη γραμμή:
Καθώς αυξάνεται το x, το y συνεχίζει να μειώνεται αλλά αργά.



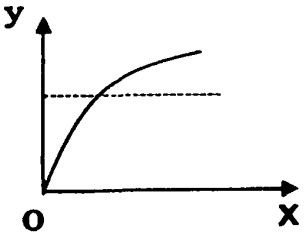
Πριν την διακεκομμένη γραμμή:
Καθώς αυξάνεται το x, το y _____
Μετά την διακεκομμένη γραμμή:
Καθώς αυξάνεται το x, το y _____



Πριν την διακεκομμένη γραμμή:
Καθώς αυξάνεται το x, το y _____
Μετά την διακεκομμένη γραμμή:
Καθώς αυξάνεται το x, το y _____



Πριν την διακεκομμένη γραμμή:
Καθώς αυξάνεται το x, το y _____
Μετά την διακεκομμένη γραμμή:
Καθώς αυξάνεται το x, το y _____



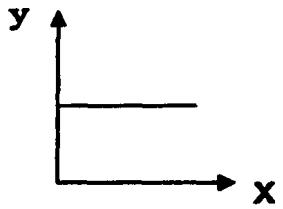
ΠΡΟΣΕΞΕ, ΤΟ ΕΠΟΜΕΝΟ ΑΝΑΦΕΡΕΤΑΙ ΣΤΗΝ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ X

Πριν την διακεκομμένη γραμμή:
Καθώς αυξάνεται το y, το x _____
Μετά την διακεκομμένη γραμμή:
Καθώς αυξάνεται το y, το x _____

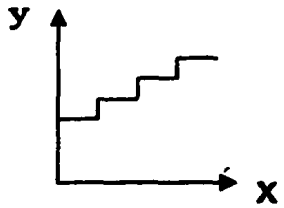
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.12
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

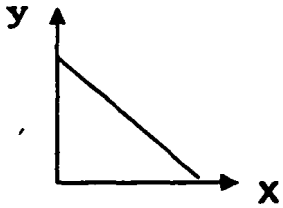
4. Σε ποιες από τις παρακάτω γραφικές παραστάσεις το y μεταβάλλεται με σταθερό ρυθμό; Κύκλωσε την ή τις απαντήσεις σου.



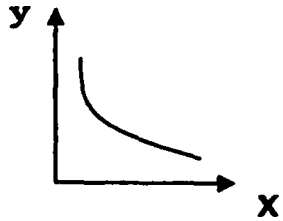
Α



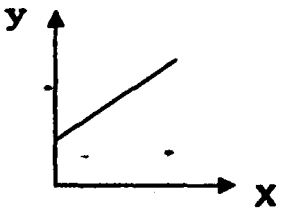
Β



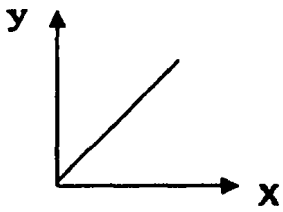
Γ



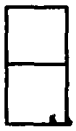
Δ



Ε



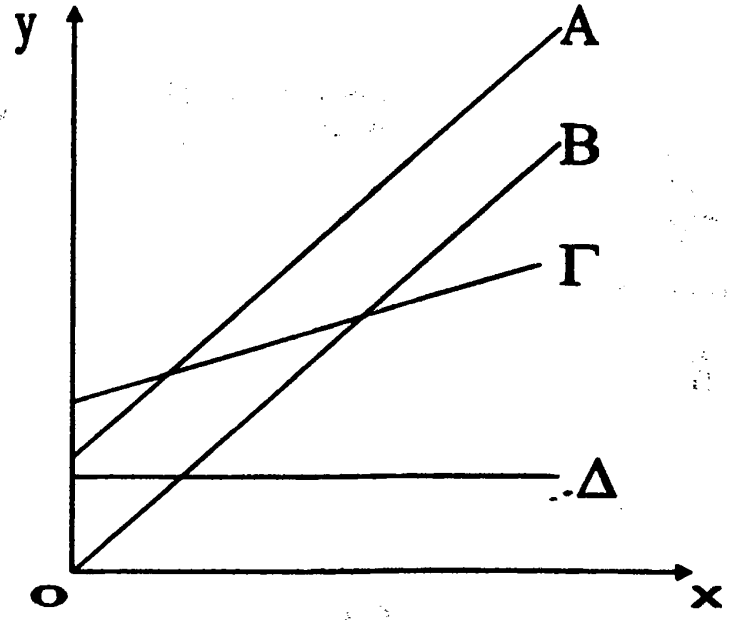
ΣΤ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.12
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

5. Βάλε σε σειρά τις ευθείες Α, Β, Γ και Δ από αυτή με την μικρότερη κλίση προς αυτή με την μεγαλύτερη κλίση.
Οι γραμμές Α και Β είναι παράλληλες.



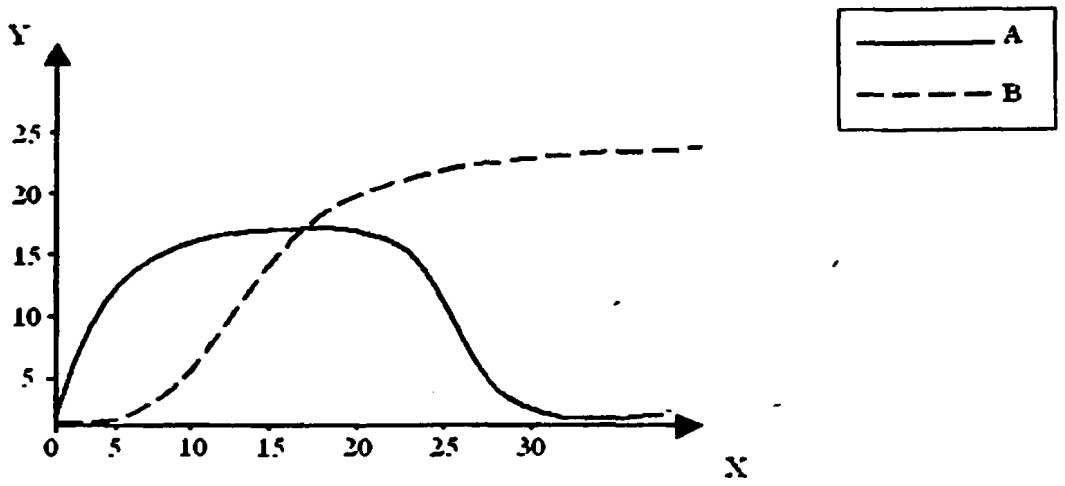
Βάλε τα γράμματα στη σειρά: _____

Δικαιολόγησε την απάντηση σου _____
_____
_____
_____
_____

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.12
ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

6. Δίνεται η παρακάτω γραφική παράσταση.



(i) Ποια από τις δύο καμπύλες έχει τον μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολής στο σκιασμένο διάστημα; Κύκλωσε την απάντηση σου.

A B

Δικαιολόγησε την απάντηση σου

(ii) Στο x=25, ποια από τις δύο καμπύλες έχει τον μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολής;
Κύκλωσε την απάντηση σου.

A B

Δικαιολόγησε την απάντησή σου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.13
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

Κωδικός 1 and Κωδικός 11 (για ερωτήσεις που βαθμολογούνται με έναν ή δύο βαθμούς αντίστοιχα) αντιστοιχούν στη σωστή απάντηση.
Κωδικός 2-6 and Κωδικός 92-96 (για ερωτήσεις που βαθμολογούνται με έναν ή δύο βαθμούς αντιστοιχούν σε λάθος απάντηση.
Κωδικός 7 and Κωδικός 77 (για ερωτήσεις που βαθμολογούνται με έναν ή δύο βαθμούς αντίστοιχα) αντιστοιχούν σε κενές απαντήσεις.
Κωδικός 9 and Κωδικός 99 (για ερωτήσεις που βαθμολογούνται με έναν ή δύο βαθμούς αντίστοιχα) αντιστοιχούν σε απαντήσεις που δεν εντάσσονται στους κωδικούς 2 ως 6.

Κωδικοποίηση Διόρθωσης Ερωτηματολογίου*

Ερώτημα	Υποερώτημα	Βαθμοί	Κωδικοποίηση και οδηγίες
First Part: 25 Marks Points			
Desks	Desks1	2	Κωδικός 11: Η σωστή απάντηση (2,4), βλ. σχήμα 1 (τέλος παραρτήματος.) Κωδικός 12: Η μία από της δύο συντεταγμένες σωστά π.χ. (2,0) Κωδικός 13: Αντίστροφες συντεταγμένες Κωδικός 94: (1,3) Ή (3,1) βλ. σχήμα 2 (τέλος παραρτήματος)
	Desks2	2	Κωδικός 11: Για (1,3) (2,2) και (3,1) σκιασμένα,βλ. σχήμα 1 (τέλος παραρτήματος) Κωδικός 12:Για δύο σωστά σκιασμένα και ένα λάθος Κωδικός 13: Σκίαση των θρανίων (1,1), (2,2), (3,3), (4,4) (βάση του δικού του/της σωστού προσανατολισμού, βλ. σχήμα 3 στο τέλος του παραρτήματος) Κωδικός 14: Για δύο μόνο σκιασμένα και σωστά. Κωδικός 94: Σκιασμένα τα (2,4) (3,3) (4,2) βλ. σχήμα 2 (τέλος παραρτήματος)
Mary	Mary	2	Κωδικός 11 Κωδικός 12 βλ. σχήματα 5 and 6 (end of A6.) Κωδικός 13 Κωδικός 23 Κωδικός 92: Ευθεία που ξεκινά από την αρχή των αξόνων, τέμνει τη γραμμή της Μ στο t=20 και μετά συνεχίζει πάνω σε αυτή Κωδικός 93: Ξεκινά από την αρχή των αξόνων, φτάνει κάτω από τη γραμμή της Μ στο t=20 και μετά συνεχίζει παράλληλα Κωδικός 94: Επάνω από της Μ (ακριβώς η ίδια)
Transport	Transport1	1	Κωδικός 1: Αυτοκίνητο (Α) Λεωφορείο (Β) Ποδήλατο (C) Με τα πόδια(D) Κωδικός 2: Με τα πόδια να αντιστοιχεί στο (Α)
	Transport2	2	Κωδικός 11: Ξεκινάει από 2km και τελειώνει στα 20min, γραμμική, με αρνητική κλίση. Κωδικός 12: Αρνητική ευθεία, αλλά όχι για το ποδήλατο. Κωδικός 93: Ίδια με την (C) από το Transport 1
Cardiff	Cardiff1	1	Κωδικός 1: «Τα αυτοκίνητα απέχουν το ίδιο από το σπίτι» ή «Το Β αυτοκίνητο έχει ταξιδέψει λιγότερη απόσταση» Ή «Το Α αυτοκίνητο πηγαίνει γρηγορότερα» Κωδικός 2: «Τα αυτοκίνητα βρίσκονται στο ίδιο σημείο» Ή «παίρνουν άλλους δρόμους» Ή |συναντιούνται». Κωδικός 3: «Τα αυτοκίνητα συγκρούονται». Κωδικός 4: «Το ένα περνάει το άλλο». Κωδικός 5: «Τα αυτοκίνητα έχουν την ίδια ταχύτητα». Κωδικός 6: «Τα αυτοκίνητα έχουν ταξιδέψει ίση απόσταση».

* Με μπλε χρώμα φαίνονται οι κωδικοί που προστέθηκαν στην αρχική κωδικοποίηση της Hadjidemetriou

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.13
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

	Cardiff2	2	Κωδικός 11: Κυκλώνει ΟΧΙ, συκγρίνοντας κλίση/εφαπτομένη για τις δύο ευθείες Ή αναφέροντας πως το Α έχει ταξιδέψει περισσότερο από το Β στο ίδιο χρονικό διάστημα. Κωδικός 12: Κυκλώνει ΟΧΙ, συγκρίνοντας τις αποστάσεις χωρίς να αναφέρει χρόνο. Κωδικός 19: Κυκλώνει ΟΧΙ, χωρίς αιτιολογία. Κωδικός 92: Κυκλώνει ΟΧΙ, με λάθος αιτιολογία. Κωδικός 93: Κυκλώνει ΝΑΙ, αναφέροντας πως η γραμμή είναι πάνω πιο ψηλά Ή πως το Β αυτοκίνητο είναι πιο μακριά από το σπίτι. Κωδικός 94: Κυκλώνει ΝΑΙ, αλλά δίνει σωστή αιτιολογία.
Story	Story1	2	Κωδικός 11: «Ο Πέτρος απομακρύνεται από το σπίτι, σταματά κάπου και επιστρέφει με πιο αργό ρυθμό» (και τα τρία μέρη περιγράφονται). Κωδικός 12: Έναν βαθμό αν δοθούν λιγότερες από όλες τις πληροφορίες π.χ. «Ο Πέτρος απομακρύνεται από το σπίτι και επιστρέφει με πιο αργό ρυθμό» (δεν αναφέρεται η στάση) Ή όταν δεν περιγράφεται η ταχύτητα κατά την επιστροφή. Κωδικός93: «Ο Πέτρος κινείται σε ένα λόφο» Ή παρόμοιο (η picture-as graph εναλλακτική αντίληψη) Κωδικός 94: Στην αρχή τρέχει, μετά πάει σταθερά και στο τέλος επιβραδύνει.
	Story2	2	Κωδικός 11: «Η χρέωση για ένα λεπτό κλήσης παρεμένει σταθερή για κάποιες ώρες, μετά μειώνεται και τις πρώτες πρωινές ώρες είναι η πιο φθηνή» Ή «Υπάρχουν τρεις διαφορετικές χρεώσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας για το ένα λεπτό κλήσης. Η πιο ακριβή είναι από τις 6π.μ. ως τις 12μ.μ.». Κωδικός 12: Έναν βαθμό αν περιγραφεί η γενικότερη τάση της γραφικής παραστάστασης μόνο π.χ. «Αργότερα είναι πιο φθηνά τα τηλεφωνήματα». Κωδικός 93: «Δεν υπάρχει σύνδεση μεταξύ των μεταβλητών».
	Story3	2	Κωδικός 11: Μια γραφική παράσταση που δεν ξεκινά από το (0,0), δεν περιέχει γραμμικά τμήματα και δείχνει αρχικά γρήγορη ανάπτυξη, πιο αργή μετά και σταθερό ύψος στο τέλος. (Εικόνα ΤΑΔΕ σελίδα ΤΑΔΕ). Κωδικός 12: Ίδια με το Κωδικός 11 αλλά να αρχίζει από το (0,0) (Εικόνα ΤΑΔΕ, σελίδα ΤΑΔΕ) . Κωδικός 13: Μια γραφική παράσταση που έχει γραμμικά τμήματα αλλά δείχνει το ύψος να αυξάνεται αρχικά και να μένει σταθερό στο τέλος. Κωδικός 14: Όπως το 13 αλλά δεν ξεκινά από την αρχή των αξόνων Κωδικός 94: Την y=x γραφική παράσταση Κωδικός 95: Όπως το 94 αλλά δεν ξεκινά από την αρχή των αξόνων Κωδικός 52: Μια γραφική παράσταση που δεν περιέχει γραμμικά τμήματα ΑΛΛΑ δείχνει αργή ακολουθούμενη από γρήγορη ανάπτυξη. Κωδικός 53: Μια γραφική παράσταση που περιέχει γραμμικά τμήματα ΑΛΛΑ δείχνει αργή ακολουθούμενη από γρήγορη ανάπτυξη.
Charity	Charity1	2	Κωδικός 11: «Αν δεν έρθει κανείς δε θα συγκεντρωθούν χρήματα» Ή παρόμοιο. Κωδικός 12: «Γιατί το χρηματικό ποσό είναι ίσο με τον αριθμό των ανθρώπων» ή παρόμοιο που αναφέρεται στο y=x. Κωδικός 93: «Όσο περισσότεροι άνθρωποι έρθουν, τόσο περισσότερα χρήματα θα συγκεντρώσουν» (επανάληψη της πληροφορίας που δίνεται στην εκφώνηση).

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.13
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

	Charity2	2	Κωδικός 11: Μια καμπύλη της μορφής y=1/x Κωδικός 14: Όπως το 11 αλλά με ευθύγραμμα τμήματα Κωδικός 12: Ευθεία γραμμή με αρνητική κλίση ΑΛΛΑ χωρίς να τέμνει τους άξονες. Κωδικός 13: Ευθεία γραμμή με αρνητική κλίση ΑΛΛΑ τέμνει έναν ή και τους δύο άξονες. Κωδικός 94: Η γραφική παράσταση της y=x
Weight	Weight1	1	Κωδικός 1: 5kg Κωδικός 2: Λάθος ανάγνωση της κλίμακας π.χ. 0.5kg ή 10 kg. Κωδικός 3: Τα κορίτσια Κωδικός 4: Τα αγόρια
	Weight2	2	Κωδικός 11: Τα αγόρια, αναφέροντας πιο απότομη γραμμή ή μεγαλύτερη κλίση ή κάτι παρόμοιο. Κωδικός 12: Τα αγόρια, «από τη γραφική παράσταση» Κωδικός 92: Τα κορίτσια, επειδή η γραμμή τους είναι πιο ψηλά ή επειδή ζυγίζουν περισσότερο (slope height confusion). Κωδικός 93: Τα αγόρια, με λάθος αιτιολόγηση (οτιδήποτε άσχετο με τη γραφική παράσταση). Κωδικός 94: Τα κορίτσια, με σωστή εξήγηση αν απαντούσε τα αγόρια. Κωδικός 19: Απλώς ΟΧΙ.
Second Part: 25 Mark Points			
Multiples	Multiples1	1	Κωδικός 1: (6,24) Κωδικός 2: (24,6) Αντίστροφες συντεταγμένες Κωδικός 3: Λάθος ανάγνωση, όπως (6, 23) ή (6, 22).
	Multiples2	1	Κωδικός 1: Σωστή απάντηση: 80 Κωδικός 2: 5 (διαίρεση με το 4)
	Multiples3	1	Κωδικός 1: Σωστή απάντηση: 25 Κωδικός 2: 400 (πολλαπλασιασμός με το 4)
	Multiples4	2	Κωδικός 11: 4, με σωστή εξήγηση π.χ. «για κάθε αύξηση του x, το y αυξάνεται κατά 4», κάνοντας αναφορά στην y=4x (λέγοντας πως η απάντηση είναι 4), «Το y ανεβαίνει κατά 4» ή Σχεδιάζοντας το τρίγωνο και διαιρώντας y/x Κωδικός 12: Η αντίστροφη απάντηση: ¼, 0.25 ή 1:4 Κωδικός 13: 1 ή 2 (λάθος ανάγνωση της κλίμακας) Κωδικός 19 : Δίνοντας μόνο την εξίσωση y=4x σε οποιαδήποτε μορφή
Square	Square1	1	Κωδικός 1: 7 Κωδικός 2: 1.5 (από το y στο x) Κωδικός 3: 6.76 (με χρήση υπολογιστή ή πολλαπλασιάζοντας 2.6x2.6)
	Square2	1	Κωδικός 1: 2.4 Κωδικός 2: 36 (αντίστροφα) Κωδικός 3: 2.2 (λάθος ανάγνωση της κλίμακας) Κωδικός 4: 2.45 (χρησιμοποιώντας υπολογιστή)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

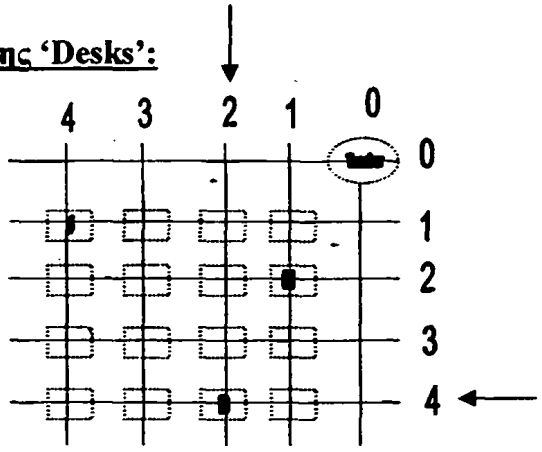
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.13
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

	Square3	2	Κωδικός 11: Κυκλώνει το ΟΧΙ, «καθώς το x αυξάνει, το y αυξάνει πιο γρήγορα» ή «καθώς προχωράς στη γραμμή, αυτή γίνεται πιο απότομη» ή αναφέροντας πως η κλίση μεγαλώνει ή «αν ήταν ίδια παντού, θα ήταν ευθεία» ή «επειδή είναι καμπύλη». Κωδικός 92: Κυκλώνει το ΟΧΙ αλλά χωρίς να δίνει σαφή εξήγηση. Κωδικός 93: Κυκλώνει το ΟΧΙ, δίνοντας λάθος εξήγηση. Κωδικός 94: Κυκλώνει το ΝΑΙ, «Είναι ίδια παντού» ή «Τα τετράγωνα των αριθμών είναι ίδια παντού» κ.τ.λ.. Κωδικός 19: Κυκλώνει ΟΧΙ χωρίς να εξηγήσει.
Changes	Changes1	2	Κωδικός 11: Πριν: 'Αυξάνεται αργά /σταθερά' Μετά: 'Αυξάνεται πιο γρήγορα' Κωδικός 12: Πριν: 'Αυξάνεται' Μετά: 'Αυξάνεται γρήγορα' Κωδικός 93: Πριν: 'Μειώνεται αργά' Μετά: 'Μειώνεται γρήγορα' Κωδικός 94: Πριν: 'Αυξάνεται γρήγορα' Μετά: 'Αυξάνεται αργά'
	Changes2	2	Κωδικός 11: Πριν: 'Παρεμένει σταθερό' Μετά: 'Αυξάνεται με σταθερό ρυθμό' Κωδικός 12: Πριν: 'Παρεμένει σταθερό' Μετά: 'Αυξάνεται αργά' ή χωρίς επεξήγηση Κωδικός 13: Πριν: 'Παρεμένει σταθερό' Μετά: 'Αυξάνεται γρήγορα'
	Changes3	2	Κωδικός 11: Πριν: 'Μειώνεται γρήγορα / Μειώνεται γρήγορα then αργά' Μετά: 'Αυξάνεται αρκετά γρήγορα, ή 'Αυξάνεται πιο γρήγορα /σταθερά' Κωδικός 12: Πριν: 'Μειώνεται γρήγορα' Μετά: 'Αυξάνεται' Κωδικός 13: Πριν: 'Μειώνεται απότομα/ γρήγορα' Μετά: 'Αυξάνεται απότομα/ γρήγορα' (ίδιο με το προηγούμενο) Κωδικός 94: Πριν: 'Μειώνεται αργά' Μετά: 'Αυξάνεται Αυξάνεται γρήγορα' Κωδικός 95: Πριν: 'Μειώνεται' Μετά: 'Αυξάνεται'
	Changes4	2	Κωδικός 11: Πριν: 'Αυξάνεται αργά' Μετά: 'Αυξάνεται γρήγορα' Κωδικός 92: Πριν: 'Αυξάνεται' Μετά: 'Αυξάνεται' Κωδικός 93: Πριν: 'Αυξάνεται γρήγορα Μετά: 'Αυξάνεται αργά'
Constant Rate	Constant Rate	2	Κωδικός 11: Κυκλώνει τα Γ, Ε, ΣΤ (προερατικά το Α) Κωδικός 12: Κυκλώνει μόνο 2 από τα σωστά Κωδικός 93: Κυκλώνει μόνο ένα

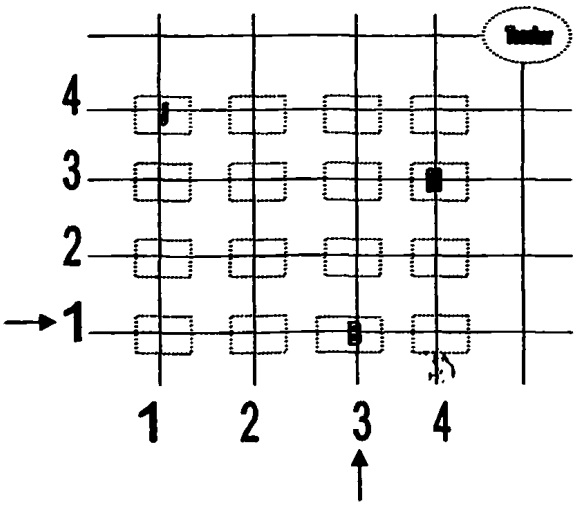
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

			Κωδικός 14: Κυκλώνει το Α και δύο σωστές απαντήσεις Κωδικός 95: Κυκλώνει το Β (και προεραιτικά το Δ)
Greatest	Greatest	2	Κωδικός 11: Δ, Γ, Α&Β με σωστή ερμηνεία (αναφέροντας ότι Α και Β είναι παράλληλες ή έχουν την ίδια κλίση ή γωνία) Κωδικός 12: ΔΓΑ&Β χωρίς αιτιολόγηση για τις Α και Β Κωδικός 13: ΔΓΑΒ (εξηγώντας γιατί η Β είναι πιο απότομη) Κωδικός 14: ΔΓΒΑ (εξηγώντας γιατί η Α είναι πιο απότομη)
Intervals	Intervals1	2	Κωδικός 11: Κυκλώνει το Β, με σωστή απάντηση αναφέροντας πιο απότμοη κλίση ή «στη Β το y αυξάενται περισσότερο από ότι στην Α για κάποιο διάστημα» ή «το y αυξάνεται πολύ απότομο σε σχέση με την Α» ή παρόμοιο. Κωδικός 12: Κυκλώνει το Β χωρίς να συγκρίνει την κλίση ή την αύξηση του y στις δύο καμπύλες (ανεπαρκής αιτιολόγηση). Κωδικός 93: Κυκλώνει το Α «επειδή είανι πιο ψηλά». Κωδικός 94: Κυκλώνει το Α με εξήγηση που είναι σωστή για το Β. Κωδικός 19: Κυκλώνει το Β χωρίς να αιτιολογεί.
	Intervals2	2	Κωδικός 11: Κυκλώνει το Α αναφέροντας πιο απότομη κλίση ή ότι το y αυξάνει πιο πολύ στην Α από ότι στη Β για ένα διάστημα. Κωδικός 12: Κυκλώνει το Α με ανεπαρκή αιτιολόγηση. Κωδικός 93: Κυκλώνει το Β «επειδή είανι πιο ψηλά». Κωδικός 94: Κυκλώνει το Β με εξήγηση που είναι σωστή για το Α. Κωδικός 19: Κυκλώνει το Α χωρίς να αιτιολογεί.

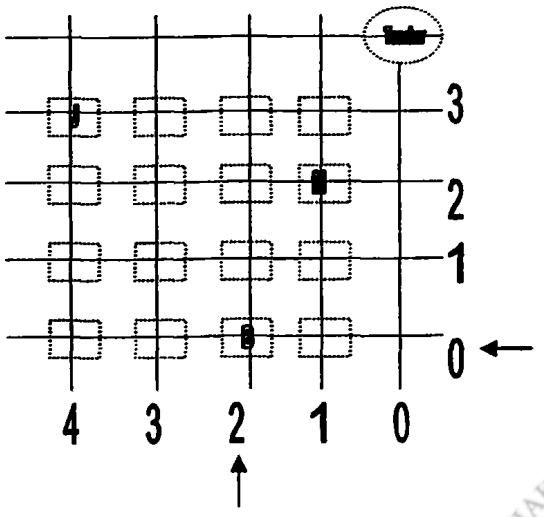
Κωδικοποίηση της ερώτησης 'Desks':



Σχήμα 1: Κωδικός 11, σωστή απάντηση



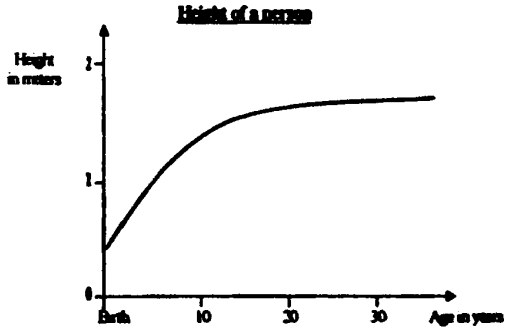
Σχήμα 2: Κωδικός 94

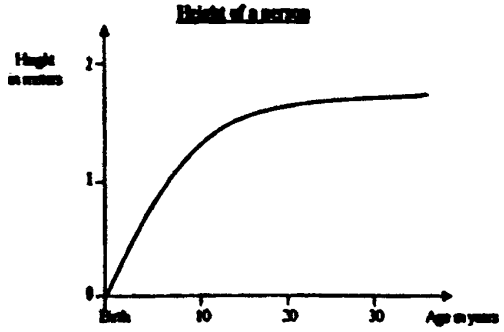


Σχήμα 3: Κωδικός 12 για μία συντεταγμένη σωστή

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Κωδικοποίηση του 'Story3':

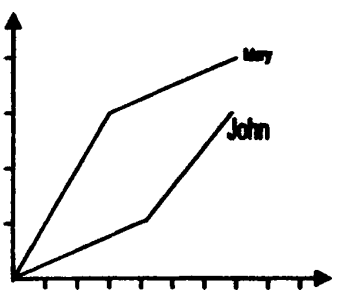


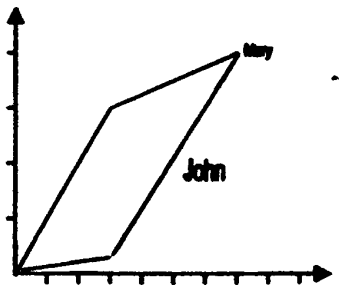


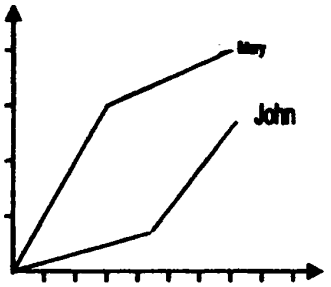
Κωδικός 11 Κωδικός 12

Figure 4: Κωδικοποίηση του 'Story3'

Κωδικοποίηση του 'Mary':



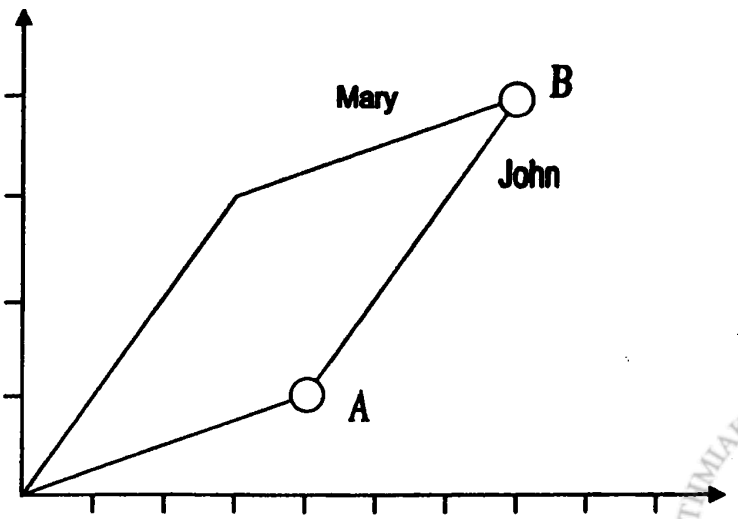




Κωδικός 12: Κωδικός 13: Κωδικός 23:

Σχήμα 5: Κωδικοποίηση του 'Mary'

Κωδικός 11:



Σχήμα 6: Η σωστή απάντηση για το ερώτημα 'Mary'

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.1
ΠΡΟ-ΤΕΣΤ ΤΗΣ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Δραστηριότητα $2^{η}$ – Χωρίς VideoPoint

Φύλλο Οδηγιών και Ερωτήσεων

Περιγραφή του πειράματος

Έχουμε τρία σώματα έστω Σώμα 1, Σώμα 2, Σώμα 3, τα οποία σε αυτή την δραστηριότητα θα αποκαλούνται και Point S1, Point S2, Point S3 αντίστοιχα. Τα 3 σώματα κινούνται ταυτόχρονα ως εξής: Το Σώμα 1 από δεξιά προς αριστερά πάνω σε ένα κεκλιμένο επίπεδο, το Σώμα 2 από αριστερά προς δεξιά σε οριζόντιο επίπεδο, το Σώμα 3 από δεξιά προς αριστερά σε οριζόντιο επίπεδο. Το σύστημα αναφοράς σε σχέση με το οποίο έχουν παρθεί οι μετρήσεις αυτής της δραστηριότητας ονομάζεται Origin 1 και ο χ-άξονάς του συμπίπτει με την οριζόντιο ενώ ο y-άξονάς του συμπίπτει με την κατακόρυφο.

Στόχοι της δραστηριότητας

Κύριος στόχος είναι η εργασία με γραφικές παραστάσεις και πίνακες που αφορούν κινούμενα αντικείμενα.

Ερωτήσεις

Α) Παρακάτω σας δίνεται ο πίνακας με τις συντεταγμένες x και y του κάθε σώματος για όλη τη διάρκεια της κίνησης.

Table

		Point S1		Point S2		Point S3	
	time [s]	x-pos [m]	y-pos [m]	x-pos [m]	y-pos [m]	x-pos [m]	y-pos [m]
1	0.000	1.721	0.9647	0.09615	0.6410	1.644	0.4872
2	0.1000	1.721	0.9615	0.1603	0.6442	1.603	0.4872
3	0.2000	1.708	0.9583	0.2212	0.6474	1.558	0.4872
4	0.3000	1.692	0.9583	0.2821	0.6410	1.516	0.4872
5	0.4000	1.663	0.9583	0.3429	0.6442	1.468	0.4872
6	0.5000	1.628	0.9519	0.4038	0.6442	1.423	0.4840
7	0.6000	1.587	0.9487	0.4647	0.6474	1.378	0.4872
8	0.7000	1.538	0.9423	0.5288	0.6474	1.337	0.4872
9	0.8000	1.474	0.9391	0.5897	0.6442	1.295	0.4840
10	0.9000	1.417	0.9327	0.6538	0.6474	1.250	0.4840
11	1.000	1.340	0.9231	0.7147	0.6442	1.208	0.4904
12	1.100	1.260	0.9167	0.7756	0.6442	1.160	0.4840
13	1.200	1.173	0.9103	0.8397	0.6474	1.122	0.4840
14	1.300	1.074	0.9006	0.9006	0.6474	1.080	0.4840
15	1.400	0.9712	0.8910	0.9647	0.6442	1.032	0.4840
16	1.500	0.8622	0.8782	1.022	0.6442	0.9936	0.4872
17	1.600	0.7436	0.8718	1.087	0.6474	0.9519	0.4840
18	1.700	0.6218	0.8558	1.147	0.6442	0.9006	0.4808
19	1.800	0.4840	0.8429	1.212	0.6442	0.8654	0.4840
20	1.900	0.3429	0.8301	1.272	0.6442	0.8269	0.4840

Από τον πίνακα με τα δεδομένα για τη θέση των 3 σωμάτων κάθε χρονική στιγμή απαντήστε στα εξής:

1. **Τι παρατηρείτε για την τετμημένη x για**

   Α. Το Σώμα 1;

   Β. Το Σώμα 2;

   Γ. Το Σώμα 3;

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.1
ΠΡΟ-ΤΕΣΤ ΤΗΣ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

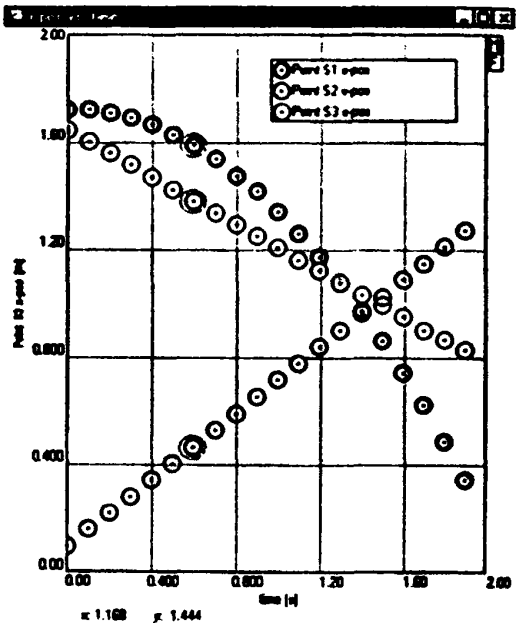
2. **Τι παρατηρείτε για την τεταγμένη y για**

Α. Το Σώμα 1;

Β. Το Σώμα 2;

Γ. Το Σώμα 3;

Β) Παρακάτω σας δίνεται η γραφική παράσταση της τετμημένης x για κάθε σώμα συναρτήσει του χρόνου.



Με τη βοήθεια της γραφικής παράστασης της τετμημένης x για το κάθε σώμα συναρτήσει του χρόνου απαντήστε στα εξής:

3. **Τι αντιπροσωπεύει το σημείο τομής της κάθε γραφικής παράστασης με τον κατακόρυφο άξονα**

Α. Για το Σώμα 1;

Β. Για το Σώμα 2;

Γ. Για το Σώμα 3;

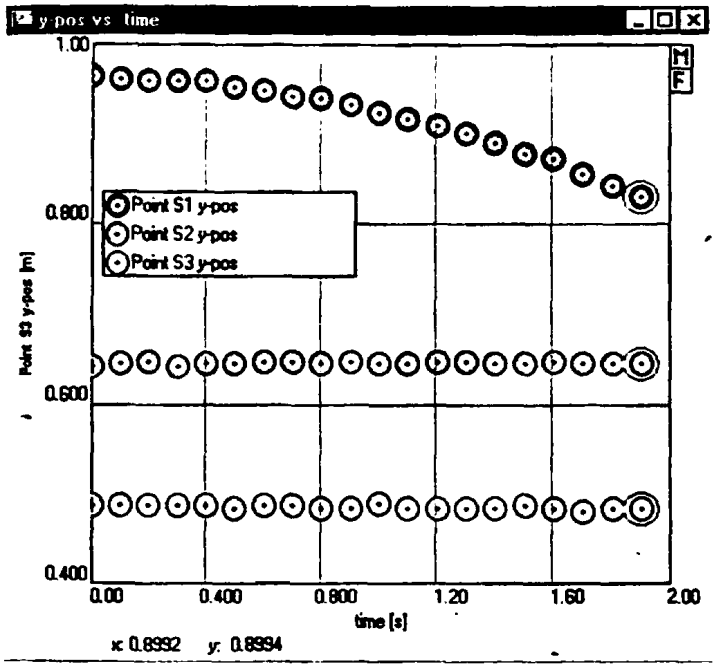
4. **Τέμνονται οι γραφικές παραστάσεις σε κάποια σημεία; Αν ναι, ποια είναι αυτά τα σημεία και τι συμβαίνει με την κίνηση των σωμάτων στα σημεία αυτά;**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.1
ΠΡΟ-ΤΕΣΤ ΤΗΣ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

5. **Σε ποια θέση θα έπρεπε να φέρουμε το σύστημα συντεταγμένων ώστε το σώμα 1 να έχει τετμημένη x = 0 για όλη την κίνηση του.**

Γ) Παρακάτω σας δίνεται η γραφική παράσταση της τεταγμένης y για το κάθε σώμα συναρτήσει του χρόνου t:



Με τη βοήθεια της γραφικής παράστασης της τεταγμένης y για το κάθε σώμα συναρτήσει του χρόνου απαντήστε στα εξής

6. **Τι αντιπροσωπεύει το σημείο τομής της κάθε γραφικής παράστασης με τον κατακόρυφο άξονα;**

Α. Για το Σώμα 1;

Β. Για το Σώμα 2;

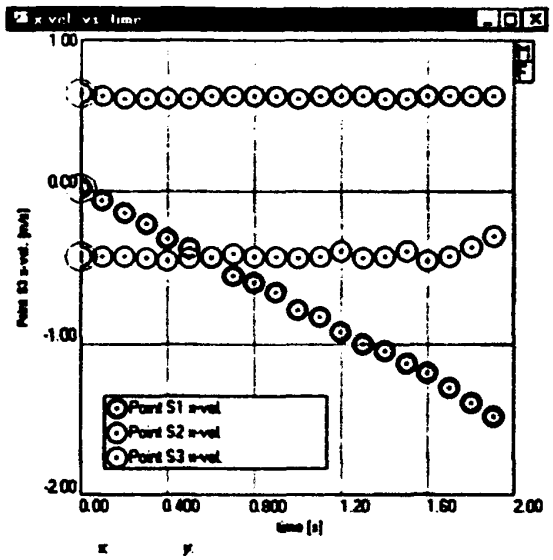
Γ. Για το Σώμα 3;

7. **Σε ποια θέση θα έπρεπε να φέρουμε το σύστημα συντεταγμένων ώστε το σώμα 1 να έχει τεταγμένη y = 0 για όλη την κίνηση του.**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.1
ΠΡΟ-ΤΕΣΤ ΤΗΣ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Δ) Παρακάτω σας δίνεται η γραφική παράσταση της x συνιστώσας της ταχύτητας για το κάθε σώμα συναρτήσει του χρόνου t:



Με τη βοήθεια της γραφικής παράστασης της x συνιστώσας της ταχύτητας για το κάθε σώμα συναρτήσει του χρόνου απαντήστε στα εξής

8. **Τι παρατηρείτε για την x συνιστώσα της ταχύτητας και πως θα περιγράφατε την κίνηση του βάση αυτής της γραφικής παράστασης**

   Α. Για το Σώμα 1;

   Β. Για το Σώμα 2;

   Γ. Για το Σώμα 3;

9. **Τι αντιπροσωπεύει το σημείο τομής της κάθε γραφικής παράστασης με τον κατακόρυφο άξονα;**

   Α. Για το Σώμα 1;

   Β. Για το Σώμα 2;

   Γ. Για το Σώμα 3;

10. **Τι σημαίνουν οι αρνητικές τιμές για τις ταχύτητες;**

    Α. Για το Σώμα 1;

    Β. Για το Σώμα 2;

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Γ. Για το Σώμα 3;

11. Είναι δυνατόν να αλλάξουν πρόσημο οι ταχύτητες αν κάνουμε παράλληλη μετατόπιση του συστήματος συντεταγμένων; Αν ναι περιγράψτε μια τέτοια μετατόπιση.

12. Είναι δυνατόν να αλλάξουν πρόσημο οι ταχύτητες αν κάνουμε περιστροφή των αξόνων του συστήματος συντεταγμένων; Αν ναι περιγράψτε μια τέτοια μετατόπιση.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.2
ΜΕΤΑ-ΤΕΣΤ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Δραστηριότητα με VideoPoint

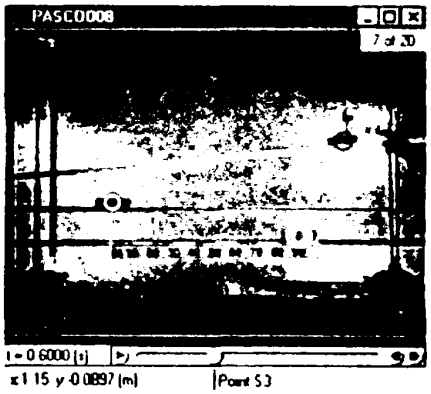
Φύλλο Οδηγιών

Περιγραφή της δραστηριότητας

Στόχος της δραστηριότητας είναι να χρησιμοποιήσουν οι χρήστες το VideoPoint ως εργαλείο «Ανάλυσης της Κίνησης». Σε αυτή την δραστηριότητα θα πρέπει να συλλέξετε τα Video Points για το κάθε σώμα, να ορίσετε μια κλίμακα που θα αντιστοιχεί τα εικονοστοιχεία σε συνήθεις μονάδες μέτρησης του διαστήματος, να φτιάξετε κάποιες γραφικές παραστάσεις και να ενεργήσετε πάνω στο σύστημα αναφοράς.

Περιγραφή του ταινίας

Έχουμε τρία σώματα έστω Σώμα 1, , , τα οποία στην εικόνα 1 συμπίπτουν με τα σημεία Point S1, και . Αυτά κινούνται ταυτόχρονα ως εξής: Το Σώμα 1 από δεξιά προς αριστερά πάνω σε ένα κεκλιμένο επίπεδο, το από αριστερά προς δεξιά σε οριζόντιο επίπεδο, το από δεξιά προς αριστερά σε οριζόντιο επίπεδο.



Εικόνα 1 – Στιγμιότυπο της κίνησης

Προκειμένου να ολοκληρώσετε τη δραστηριότητα αυτή ακολουθήστε τα παρακάτω βήματα.

➤ **Βήμα 1°** *(Γνωριμία με την ταινία)*

- Ανοίγουμε το VideoPoint.
- Ανοίγουμε την ταινία "PASCO008.MOV"
- Στο επόμενο παράθυρο, το "Number of Points", επιλέξτε 3, καθώς 3 είναι τα σώματα των οποίων η κίνηση μας ενδιαφέρει σε αυτή την ταινία.
- Δείτε την ταινία 4-5 φορές για να καταλάβετε τι ακριβώς συμβαίνει. Χρησιμοποιείστε το *PLAY*, τα κουμπιά που προχωράνε καρέ-καρέ την ταινία, ή τον δρομέα στην μπάρα της ταινίας.

➤ **Βήμα 2°** *(Συλλογή "Video Points")*

- Προκείμενου να γίνει πιο εύκολα η συλλογή των "Video Points" μεγαλώστε το παράθυρο που περιέχει την ταινία για να γίνουν πιο ευδιάκριτα τα σώματα που κινούνται.
- Διαλέξτε ένα σημείο στο κάθε σώμα το οποίο θα χρησιμοποιείτε σε κάθε καρέ για να παίρνετε το αντίστοιχο "Video Point" του σώματος αυτού. Το πιο ευδιάκριτο σημείο είναι κάποιο άκρο του σώματος ή το σημάδι που έχουν τα σώματα στο κέντρο τους.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.2
ΜΕΤΑ-ΤΕΣΤ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

➤ **Βήμα 3°** *(Ορισμός κλίμακας)*

- Για να ορίσουμε μία κλίμακα για την αντιστοίχηση των εικονοστοιχείων σε συνήθεις μονάδες μήκους από το μενού "Movie" και επιλέγουμε "Scale Movie". Στο παράθυρο που εμφανίζεται αφήνουμε το 1.00 μέτρο ως μήκος που θα ορίσουμε και κάνουμε κλικ στο Continue.
- Χρησιμοποιούμε τον χάρακα που υπάρχει στην οριζόντια τροχιά του σώματος 3 (που έχει μήκος 1 μέτρο) για να ορίσουμε την κλίμακα ως εξής. Επιλέγουμε πρώτα το ένα άκρο του και στη συνέχεια το άλλο. Η κλίμακα τώρα έχει οριστεί και οι μετρήσεις που φαίνονται στον πίνακα "Table" είναι σε μέτρα.

➤ **Βήμα 4°** *(Επεξεργασία Πίνακα)*

- Παρατηρήστε τον πίνακα "Table" και τις τιμές των συντεταγμένων των 3 σωμάτων. Μπορείτε να αλλάξετε το μέγεθος του ή και να τον μετακινήσετε όπως σας βολεύει.
- Παρατηρήστε ότι κάνοντας διπλό κλικ σε κάποια από τις μετρήσεις είτε του χρόνου είτε των συντεταγμένων ενός σώματος το VideoPoint μεταβαίνει την ταινία στο αντίστοιχο καρέ.
- Η σύνδεση των "Video Points" που συλλέξατε, με τις τιμές που φαίνονται στον πίνακα, έχει δυναμικό και όχι στατικό χαρακτήρα. Αυτό σημαίνει ότι αν σε κάποιο καρέ κάνουμε κλικ σε κάποιο από τα "Video Points" και το μετακινήσουμε σε διαφορετικό σημείο, αυτόματα αλλάζουν και οι αντίστοιχες τιμές στον πίνακα.
- Αν θέλετε ή/και σας διευκολύνει μπορείτε να εκτυπώσετε τον πίνακα. Για να το κάνετε αυτό επιλέξτε την γραμμή με τον τίτλο του (όταν είναι επιλεγμένη έχει μπλε χρώμα) και έπειτα πηγαίνετε στο μενού "File" και επιλέξτε "Print". Στο Παράθυρο διαλόγου που ανοίγει αλλάξτε την επιλογή «Περιοχή εκτύπωσης» από «Ολόκληρο» σε «Επιλεγμένη περιοχή» και δώστε OK.
- Προχωρήστε τώρα στο Φύλλο Ερωτήσεων για να απαντήσετε στις ερωτήσεις που περιέχει το Α Μέρος. Αφού απαντήσετε στις ερωτήσεις αυτές, συνεχίστε με το επόμενο βήμα της δραστηριότητας.

➤ **Βήμα 5°** *(Δημιουργία γραφικών παραστάσεων)*

- Θα δημιουργήσουμε κατ' αρχήν την γραφική παράσταση της τετμημένης x και για τα τρία σώματα συναρτήσει του χρόνου t. Από το μενού "View" επιλέγουμε "New graph".
- Στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται επιλέγουμε στον οριζόντιο άξονα της γραφικής παράστασης να αναπαριστάται ο χρόνος. Για τον κατακόρυφο επιλέγουμε "Point S1", έπειτα x και έπειτα "Position". Κάνουμε τώρα κλικ στο "Add". Στη συνέχεια επαναλαμβάνουμε και για τα άλλα δύο σημεία "Point S2", έπειτα x και έπειτα "Position" και "Add" και ομοίως για το τρίτο σώμα, οπότε κάνουμε τελικά κλικ στο "OK".
- Αλλάξτε μέγεθος στο παράθυρο της γραφικής παράστασης ή/και μετακινήστε το ώστε να το βλέπετε καλύτερα. Παρατηρήστε ότι εμφανίζεται και «χάρτης της γραφικής παράστασης» όπου μας δείχνει το VideoPoint ποιο σύμβολο αντιστοιχεί σε κάθε σώμα. Αυτόν τον χάρτη μπορούμε να τον μετακινήσουμε μέσα στα όρια του παραθύρου της γραφικής παράστασης, προκειμένου να γίνουν ορατά τμήματα της γραφικής παράστασης, τα οποία πιθανόν να κρύβει.
- Προχωρήστε τώρα στο Φύλλο Ερωτήσεων για να απαντήσετε στις ερωτήσεις που περιέχει το Β Μέρος. Αφού απαντήσετε στις ερωτήσεις αυτές, συνεχίστε με το επόμενο βήμα της δραστηριότητας

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.2
ΜΕΤΑ-ΤΕΣΤ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

➤ **Βήμα 6ο** *(Δημιουργία γραφικών παραστάσεων - συνέχεια)*

- Θα δημιουργήσουμε τώρα την γραφική παράσταση της τεταγμένης y για το κάθε σώμα συναρτήσει του χρόνου t. Επαναλάβατε τη διαδικασία που ακολουθήσατε στο προηγούμενο βήμα με τις κατάλληλες τροποποιήσεις ώστε να πάρετε την y=y(t) για κάθε σώμα στην ίδια γραφική παράσταση.
- Προχωρήστε τώρα στο Φύλλο Ερωτήσεων για να απαντήσετε στις ερωτήσεις που περιέχει το Γ Μέρος. Αφού απαντήσετε στις ερωτήσεις αυτές, συνεχίστε με το επόμενο βήμα της δραστηριότητας

➤ **Βήμα 7ο** *(Δημιουργία γραφικών παραστάσεων - συνέχεια)*

- Δημιουργήστε την γραφική παράσταση της ταχύτητας των σωμάτων στον x άξονα συναρτήσει του χρόνου $υ_x = υ_x(t)$ και για τα 3 σώματα στην ίδια γραφική παράσταση.
- Προχωρήστε στο φύλλο ερωτήσεων και απαντήστε τις ερωτήσεις που περιέχονται στο Δ Μέρος.

Δραστηριότητα με VideoPoint

Φύλλο Ερωτήσεων

Α Μέρος
Από τον πίνακα με τα δεδομένα για τη θέση των 3 σωμάτων κάθε χρονική στιγμή απαντήστε στα εξής:

1. **Τι παρατηρείτε για την τετμημένη x για**
   Α. Το Σώμα 1;

   Β. Το Σώμα 2;

   Γ. Το Σώμα 3;

2. **Τι παρατηρείτε για την τεταγμένη y για**
   Α. Το Σώμα 1;

   Β. Το Σώμα 2;

   Γ. Το Σώμα 3;

Τέλος Α Μέρους

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.2
ΜΕΤΑ-ΤΕΣΤ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Β Μέρος
Από την γραφική παράσταση που δημιουργήσατε με την τετμημένη των 3 σωμάτων κάθε χρονική στιγμή απαντήστε στα εξής:

3. **Τέμνονται οι γραφικές παραστάσεις σε κάποια σημεία; Αν ναι, ποια είναι αυτά τα σημεία και τι συμβαίνει με την κίνηση των σωμάτων στα σημεία αυτά;**

4. **Απαντήστε στην παρακάτω ερώτηση χωρίς να χρησιμοποιήσετε τον Η/Υ: Εκτελώντας παράλληλη μετακίνηση των αξόνων ή/και περιστροφή του συστήματος αναφοράς, σε ποια θέση θα έπρεπε να το φέρουμε ώστε το Σώμα 1 να έχει τετμημένη x = 0 για όλη την κίνηση του.**

5. **Α. Αν απαντήσατε στην προηγούμενη ερώτηση:**

   Φέρτε το σύστημα αναφοράς στη θέση που δηλώσατε. Είναι πράγματι η τετμημένη του σώματος 1 x = 0 για όλη την κίνηση του;

   Β. Αν δεν απαντήσατε στην προηγούμενη ερώτηση:

   Εκτελέστε παράλληλη μετακίνηση ή/και περιστροφή των αξόνων του συστήματος αναφοράς παρακολουθώντας ταυτόχρονα την γραφική παράσταση, μέχρι να βρείτε την θέση του συστήματος αναφοράς για την οποία το σώμα 1 έχει τετμημένη x = 0 για όλη την κίνηση του. Γράψτε τώρα την απάντηση που θα δίνατε στην ερώτηση 4.

Οδηγία: *Πριν προχωρήσετε παρακάτω επαναφέρατε το σύστημα αναφοράς στην αρχική του θέση*

Τέλος Β Μέρους

Γ Μέρος
Από την γραφική παράσταση που δημιουργήσατε με την τετμημένη των 3 σωμάτων κάθε χρονική στιγμή απαντήστε στα εξής:

6. **Απαντήστε στην παρακάτω ερώτηση χωρίς να χρησιμοποιήσετε τον Η/Υ: Σε ποια θέση θα έπρεπε να φέρουμε το σύστημα αναφοράς ώστε το σώμα 1 να έχει τεταγμένη y = 0 για όλη την κίνηση του;**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.2
ΜΕΤΑ-ΤΕΣΤ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

7. Α. Αν απαντήσατε στην προηγούμενη ερώτηση:

Φέρτε το σύστημα αναφοράς στη θέση που δηλώσατε. Είναι πράγματι η τεταγμένη του σώματος 1 y = 0 για όλη την κίνηση του;

Β. Αν δεν απαντήσατε στην προηγούμενη ερώτηση:

Δοκιμάστε να μετακινήσετε το σύστημα αναφοράς παρακολουθώντας ταυτόχρονα την γραφική παράσταση, μέχρι να βρείτε για ποια θέση του συστήματος αναφοράς έχει το σώμα 1 τεταγμένη y = 0 για όλη την κίνηση του. Γράψτε τώρα την απάντηση που θα δίνατε στην ερώτηση 6.

***Οδηγία:** Πριν προχωρήσετε παρακάτω επαναφέρατε το σύστημα αναφοράς στην αρχική του θέση*

Τέλος Γ Μέρους

Δ Μέρος

Από την γραφική παράσταση που δημιουργήσατε με την x συνιστώσα της ταχύτητας των 3 σωμάτων κάθε χρονική στιγμή απαντήστε στα εξής:

8. Η x συνιστώσα της ταχύτητας παίρνει αρνητικές τιμές; Αν ναι, τι σημαίνει αυτό

Α. Για το Σώμα 1;

Β. Για το Σώμα 2;

Γ. Για το Σώμα 3;

9. Χωρίς να χρησιμοποιήσετε τον Η/Υ απαντήστε στο εξής: Είναι δυνατόν να αλλάξουν πρόσημο οι ταχύτητες αν κάνουμε παράλληλη μετατόπιση του συστήματος αναφοράς; Αν ναι περιγράψτε μια τέτοια μετατόπιση.

10. Α. Αν απαντήσατε στην προηγούμενη ερώτηση:

Φέρτε το σύστημα αναφοράς στη θέση που δηλώσατε. Αλλάζουν πρόσημο οι ταχύτητες;

Β. Αν δεν απαντήσατε στην προηγούμενη ερώτηση:

Δοκιμάστε να μετακινήσετε το σύστημα αναφοράς παρακολουθώντας ταυτόχρονα την γραφική παράσταση, μέχρι να βρείτε για ποια θέση του συστήματος αναφοράς αλλάζουν πρόσημο οι ταχύτητες. Γράψτε τώρα την απάντηση που θα δίνατε στην ερώτηση 9.

***Οδηγία:** Πριν προχωρήσετε παρακάτω επαναφέρατε το σύστημα αναφοράς στην αρχική του θέση*

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.2
ΜΕΤΑ-ΤΕΣΤ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

11. Χωρίς να χρησιμοποιήσετε τον Η/Υ *απαντήστε στο εξής:* Είναι δυνατόν να αλλάξουν πρόσημο οι ταχύτητες αν κάνουμε περιστροφή των αξόνων του συστήματος αναφοράς; Αν ναι περιγράψτε μια τέτοια περιστροφή.

12. Α. Αν απαντήσατε στην προηγούμενη ερώτηση:

Φέρτε το σύστημα συντεταγμένων στη θέση που δηλώσατε. Αλλάζουν πρόσημο οι ταχύτητες;

Β. Αν δεν απαντήσατε στην προηγούμενη ερώτηση:

Δοκιμάστε να μετακινήσετε το σύστημα συντεταγμένων παρακολουθώντας ταυτόχρονα την γραφική παράσταση, μέχρι να βρείτε για ποια θέση του συστήματος συντεταγμένων αλλάζουν πρόσημο οι ταχύτητες. Γράψτε τώρα την απάντηση που θα δίνατε στην ερώτηση 11.

Οδηγία: *Πριν επιστρέψετε στο φύλλο οδηγιών επαναφέρατε το σύστημα αναφοράς στην αρχική του θέση*

13. Απαντήστε στην παρακάτω ερώτηση χωρίς να παίξετε την ταινία: Τι παρατηρείτε για την x συνιστώσα της ταχύτητας και πως θα περιγράφατε την κίνηση του κατά τον άξονα x, βάση αυτής της γραφικής παράστασης

Α. Για το Σώμα 1;

Β. Για το Σώμα 2;

Γ. Για το Σώμα 3;

14. Παίξτε την ταινία παρατηρώντας και την γραφική παράσταση και απαντήστε στο εξής: Συμβαδίζουν οι απαντήσεις σας στην παραπάνω ερώτηση με την πραγματική κίνηση των σωμάτων

Α. Για το Σώμα 1;

Β. Για το Σώμα 2;

Γ. Για το Σώμα 3;

Τέλος Δ Μέρους

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.3
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΕΚΜΑΘΗΣΗΣ VIDEOPOINT – ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Δραστηριότητα 1η*

Μαθαίνοντας το VideoPoint

Στόχος της δραστηριότητας

Στόχος της 1ης δραστηριότητας είναι να αποκτήσει ο χρήστης εξοικείωση με το VideoPoint και να μάθει τις κύριες λειτουργίες του. Συγκεκριμένα έχοντας ολοκληρώσει αυτή τη δραστηριότητα θα πρέπει να έχει μάθει:

- ☑ Να ανοίγει μια ταινία με το VideoPoint
- ☑ Να βλέπει μια ταινία με τα εργαλεία του VideoPoint
- ☑ Να συλλέγει "Video Points" από μια ανοιχτή ταινία
- ☑ Να μεταχειρίζεται τα παράθυρα του VideoPoint
- ☑ Να ορίζει μια κλίμακα μήκους για μια ταινία
- ☑ Να δημιουργεί γραφικές παραστάσεις
- ☑ Να τροποποιεί γραφικές παραστάσεις
- ☑ Να μετακινεί και περιστρέφει το σύστημα

Περιγραφή της δραστηριότητας

Στην δραστηριότητα αυτή ο χρήστης θα χρησιμοποιήσει το VideoPoint για να αναλύσει την κίνηση ενός αντικειμένου σε μια απλή ταινία. Η ταινία που επιλέχθηκε δείχνει ένα παιχνίδι φορτηγό να κινείται σε ένα κεκλιμένο επίπεδο υπό την επίδραση της βαρύτητας.

Η δραστηριότητα χωρίζεται σε 8 βήματα (ένα για κάθε στόχο της δραστηριότητας), τα οποία πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης με τη σειρά που αναφέρονται παρακάτω

➤ **Βήμα 1°** *(Πως ανοίγουμε μια ταινία)*

- Ανοίγουμε το VideoPoint.
- Το πρώτο παράθυρο που εμφανίζεται αφορά πληροφορίες για την έκδοση του VideoPoint που χρησιμοποιούμε, τους συγγραφείς του κ.τ.λ. Κλείνουμε το παράθυρο αυτό.
- Στο παράθυρο "Startup" επιλέγουμε "Open Movie" και έπειτα την ταινία TRUCK-1.MOV
- Στο επόμενο παράθυρο που εμφανίζεται, το "Number of Points", επιλέγουμε τον αριθμό των σημείων της ταινίας των οποίων η κίνηση μας ενδιαφέρει. Στη δική μας περίπτωση ενδιαφερόμαστε μόνο για την κίνηση ενός αντικειμένου (του φορτηγού) και για αυτό επιλέγουμε 1 και OK.

➤ **Βήμα 2°** *(Πως βλέπουμε μια ταινία στο VideoPoint)*

- Το παράθυρο που εμφανίζεται τώρα περιέχει την ταινία που μας ενδιαφέρει και αρχικά απεικονίζει το πρώτο καρέ αυτής. Στο επάνω δεξιά μέρος του παραθύρου βλέπουμε σε κίτρινο φόντο τον αριθμό του καρέ που προβάλλεται αυτή τη στιγμή και τον συνολικό αριθμό καρέ από τα οποία αποτελείται η ταινία αυτή.
- Στο κάτω μέρος του παραθύρου υπάρχει η αντίστοιχη γραφική απεικόνιση αυτών των δεδομένων, που είναι μια μπάρα της οποίας το μήκος συμβολίζει τη συνολική διάρκεια της ταινίας και ο δρομέας που βρίσκεται σε αυτήν μας δείχνει ποιο σημείο (καρέ) της ταινίας βλέπουμε αυτή τη στιγμή. Αριστερά από την μπάρα αυτή βλέπουμε τον χρόνο t που αντιστοιχεί στο καρέ το οποίο βλέπουμε κάθε στιγμή.

---

* Η δραστηριότητα αυτή απαιτεί μια ελάχιστη εξοικείωση με το λειτουργικό σύστημα του υπολογιστή

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.3
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΕΚΜΑΘΗΣΗΣ VIDEOPOINT – ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

- Στην αρχή αυτής της μπάρας βρίσκεται και το κουμπί *PLAY* που όπως και στα οικιακά βίντεο το χρησιμοποιούμε για να «παίξει» η ταινία. Πατήστε το *PLAY* και δείτε την ταινία με το φορτηγό που κατεβαίνει το κεκλιμένο επίπεδο.
- Για να γυρίσετε την ταινία στην αρχή κάντε κλικ στον δρομέα (που τώρα βρίσκεται στο τέλος της μπάρας) και σύρετε τον πάλι στην αρχή της μπάρας (Εναλλακτικά μπορείτε από τα μενού να διαλέξετε "Movie" και μετά "Rewind").
- Για να κινηθείτε καρέ-καρέ προς τα μπροστά ή προς τα πίσω στην ταινία χρησιμοποιείστε τα δύο κουμπιά που βρίσκονται στο δεξί άκρο της μπάρας.

➤ **Βήμα 3°** *(Συλλογή "Video Points")*

- Επόμενο βήμα είναι η συλλογή των δεδομένων με τη μορφή "Video Points". Η κίνηση που μας ενδιαφέρει είναι η κίνηση του φορτηγού. Αυτό σημαίνει ότι μας αρκεί να ξέρουμε που βρίσκεται ένα σημείο του φορτηγού σε κάθε καρέ (αλλά κάθε φορά το ίδιο σημείο). Διαλέγουμε, για παράδειγμα την μπροστινή του ρόδα.
- Με την ταινία γυρισμένη στην αρχή, τοποθετούμε τον δείκτη του ποντικιού πάνω από την μπροστινή ρόδα και κάνουμε κλικ. Έτσι καταχωρήθηκε το πρώτο μας δεδομένο που είναι οι συντεταγμένες της μπροστινής ρόδας του φορτηγού στο πρώτο καρέ της ταινίας. Με την ενέργειά μας αυτή το VideoPoint προχώρησε την ταινία ένα καρέ ώστε να πάρουμε το δεύτερο μας "Video Point" που και πάλι θα είναι η ρόδα του φορτηγού, αυτή τη φορά στο δεύτερο καρέ.
- Συνεχίζουμε την διαδικασία συλλογής "Video Points" μέχρι το καρέ νούμερο 45, που είναι το τελευταίο καρέ της ταινίας αυτής.

➤ **Βήμα 4°** *(Χειρισμός των παραθύρων του VideoPoint)*

- Η ταινία που επεξεργαζόμαστε καταλαμβάνει μεγάλο χώρο στην οθόνη μας. Για το λόγο αυτό δεν είναι ορατά τα υπόλοιπα ανοικτά παράθυρα του προγράμματος. Μπορούμε να αλλάξουμε μέγεθος σε όλα τα παράθυρα του VideoPoint (εκτός από τα παράθυρα διαλόγου) ή/και να τα μετακινήσουμε.
- Ο τρόπος που γίνεται αυτό είναι ίδιος με τον τρόπο αλλαγής μεγέθους και μετακίνησης των παραθύρων των Windows. Δηλαδή, με "click and drag" (κάνω κλικ και σέρνω) σε κάποια άκρη του παραθύρου, προκειμένου για μεταβολή του μεγέθους του ή στην μπάρα με τον τίτλο του, προκειμένου για μετακίνησή του.
- Μετακινήστε και αλλάξτε μέγεθος στα παράθυρα του VideoPoint ώστε να δημιουργήσετε το περιβάλλον εργασίας που σας εξυπηρετεί καλύτερα. Παρατηρήστε ότι όταν αλλάζεται μέγεθος στο παράθυρο που περιέχει την ταινία διατηρείται σταθερός ο λόγος «μήκος προς πλάτος» με τον οποίο γυρίστηκε αρχικά η ταινία.

➤ **Βήμα 5°** *(Ορισμός κλίμακας μεγέθους)*

- Οι συντεταγμένες της μπροστινής ρόδας του φορτηγού σε κάθε καρέ που έχουμε πάρει ως δεδομένα, φαίνονται στον πίνακα με την ονομασία Table. Βλέπουμε ότι οι μονάδες μέτρησης αυτή τη στιγμή για τις x και y συντεταγμένες είναι τα εικονοστοιχεία (pixels). Για να έχουν οι μετρήσεις μας φυσικό νόημα πρέπει να ορίσουμε για το VideoPoint ένα σταθερό μήκος της ταινίας και να του δώσουμε τιμή σε κάποια από τις συνηθισμένες μονάδες μήκους.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.3
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΕΚΜΑΘΗΣΗΣ VIDEOPOINT – ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

- Διαλέγουμε για το σκοπό μας την μεταλλική ράβδο που βρίσκεται κάτω από το κεκλιμένο επίπεδο ακουμπισμένη στο τραπέζι και έχει γνωστό μήκος 1 μέτρο. Από το μενού "Movie" διαλέγουμε την επιλογή "Scale Movie".
- Η επιλογή της κλίμακας αυτής γίνεται από το παράθυρο που έχει ανοίξει. Οι επιλογές του παραθύρου αυτού είναι 4.
    - "Known Length": Εδώ πρέπει να επιλέξουμε το μήκος το οποίο θα ορίσουμε στην ταινία και θα χρησιμοποιήσουμε ως κλίμακα μεγέθους.
    - Ακριβώς δίπλα από το μήκος που επιλέξαμε πρέπει να ορίσουμε τη μονάδα που του αντιστοιχεί (δυνατές επιλογές είναι το μέτρο, το εκατοστό, το χιλιοστό, η ίντσα, το πόδι).
    - "Select Origin": Εδώ πρέπει να επιλέξουμε για ποιο σύστημα αναφοράς κάνουμε την επιλογή της κλίμακας μεγέθους.
    - "Scale Type": Εδώ πρέπει να επιλέξουμε αν το μήκος που θα ορίσουμε θα μεταβάλλεται ή όχι κατά τη διάρκεια της ταινίας.
- Οι προεπιλεγμένες επιλογές ταιριάζουν στην κλίμακα που θέλουμε να ορίσουμε και έτσι τις αφήνουμε ως έχουν και κάνουμε κλικ στο "Continue".
- Στη συνέχεια με τον δείκτη του ποντικιού κάνουμε κλικ πρώτα στο ένα άκρο της μεταλλικής ράβδου και στη συνέχεια στο άλλο. Έτσι ορίστηκε μια κλίμακα που αντιστοιχεί τα εικονοστοιχεία (pixels) σε μέτρα, κάτι που φαίνεται πλέον και στον πίνακα των δεδομένων.

➤ **Βήμα 6°** *(Δημιουργία γραφικών παραστάσεων)*

- Επόμενο βήμα στη δραστηριότητα αυτή είναι η δημιουργία γραφικών παραστάσεων που είναι και το πιο δυνατό και χρήσιμο εργαλείο του VideoPoint. Για να δημιουργήσουμε μια γραφική παράσταση επιλέγουμε από το μενού "View" την επιλογή "New Graph".
- Στο παράθυρο που ανοίγει πρέπει να κάνουμε δύο επιλογές για τη γραφική παράσταση που θέλουμε να δημιουργήσουμε.
    - Το φυσικό μέγεθος που θα παριστάνεται στον οριζόντιο άξονα της παράστασης ("Horizontal Axis").
    - Το φυσικό μέγεθος που θα παριστάνεται στον κατακόρυφο άξονά της ("Vertical Axis").
- Η πρώτη γραφική παράσταση που θα δημιουργήσουμε θα είναι η τροχιά του φορτηγού, δηλαδή η εξίσωση $y = y(x)$. Επιλέγουμε λοιπόν για το φυσικό μέγεθος που θα παριστάνεται στον οριζόντιο άξονα το σημείο 1 (Point S1), x τετμημένη και "Position", και για τον κατακόρυφο άξονα αντίστοιχα το σημείο 1 (Point S1), y τεταγμένη και "Position". Τέλος, κάνουμε κλικ στο OK και δημιουργείται η γραφική παράσταση που θέλουμε.
- Θα δημιουργήσουμε ακόμη μια γραφική παράσταση για εξάσκηση. Το μέτρο της ταχύτητας συναρτήσει του χρόνου $\upsilon = \upsilon(t)$. Ακολουθούμε την προηγούμενη διαδικασία αλλά αυτή τη φορά επιλέγουμε τον χρόνο t να παριστάνεται στον οριζόντιο άξονα της γραφικής παράστασης και Point S1, "Magnitude" (που σημαίνει μέγεθος) και "Velocity" για τον κατακόρυφο άξονα.

➤ **Βήμα 7°** *(Τροποποίηση γραφικών παραστάσεων)*

- Θα δούμε τώρα κάποιους τρόπους να τροποποιήσουμε τις γραφικές παραστάσεις που δημιουργήσαμε. Κατ' αρχήν μπορούμε να αλλάξουμε το μέγεθος του παράθυρου που περιέχει μια γραφική παράσταση. Κάντε το και παρατηρήστε ότι έτσι το εύρος των τιμών που παριστάνονται στους άξονες παραμένει το

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ίδιο, αλλάζει όμως η απόσταση μεταξύ των υποδιαιρέσεων των τιμών, προκειμένου να ταιριάζει το μήκος του κάθε άξονα με το μήκος του παράθυρου. Αυτός επομένως είναι ο τρόπος να αλλάξουμε την «λεπτομέρεια» που βλέπουμε σε μια γραφική παράσταση, διατηρώντας, όμως, το ίδιο πεδίο τιμών για τους άξονες.

- Αν θέλουμε να μεταβάλλουμε το πεδίο τιμών των αξόνων, κάνουμε διπλό κλικ σε οποιαδήποτε από τις ακραίες τιμές του και θέτουμε στη θέση της την τιμή που θέλουμε εμείς.
- Εκτός από τις τιμές, μπορούμε να αλλάξουμε και το σύμβολο που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση των δεδομένων. Για να γίνει αυτό, κάνουμε διπλό κλικ σε ένα από τα σύμβολα που υπάρχουν στη γραφική παράσταση και ανοίγει το αντίστοιχο παράθυρο διαλόγου. Εδώ μας δίνεται η δυνατότητα να αλλάξουμε το είδος, το χρώμα και το μέγεθος του συμβόλου που θα χρησιμοποιείται. Επίσης με την επιλογή "Show Line" ορίζουμε αν θέλουμε μια ευθεία γραμμή να ενώνει τα διαδοχικά σημεία της γραφικής παράστασης.

➤ **Βήμα 8°** *(Συστήματα αναφοράς)*

- Όλα τα δεδομένα που έχουμε συλλέξει ως στιγμής αφορούν συντεταγμένες σε σχέση με το σύστημα αναφοράς Origin 1, που είναι το προεπιλεγμένο σύστημα αναφοράς του VideoPoint και αρχικά βρίσκεται πάντα στο κάτω αριστερό άκρο της ταινίας που επεξεργαζόμαστε. Υπάρχουν δύο ενδιαφέρουσες ενέργειες που μπορούμε να κάνουμε με τα συστήματα αναφοράς και φανερώνουν την δυναμική σχέση των φυσικών μεγεθών με το σύστημα αναφοράς στο οποίο ανήκουν. Αυτές είναι η παράλληλη μεταφορά και η περιστροφή.
- Παράλληλη μεταφορά είναι η μετακίνηση της αρχής του συστήματος συντεταγμένων σε κάποιο άλλο σημείο, ενώ οι άξονες δεν περιστρέφονται. Για να κάνετε παράλληλη μεταφορά στο Origin 1 κάντε κλικ στην αρχή του και θα εμφανιστεί ένας κύκλος γύρω από αυτήν. Στη συνέχεια κάντε κλικ και πάλι στην αρχή του συστήματος και σύρετε το σημείο αυτό όπου θέλετε. Παρατηρήστε τώρα πως άλλαξαν οι τιμές των συντεταγμένων στον πίνακα "Table" και στις γραφικές παραστάσεις που είχαμε δημιουργήσει προηγουμένως. Μετακινήστε την αρχή του Origin 1 ξανά και δείτε τα νέα αποτελέσματα.
- Περιστροφή του συστήματος αξόνων σημαίνει την περιστροφή του x και του y άξονα του συστήματος αναφοράς, χωρίς μετακίνηση του σημείου της αρχής και με την γωνία μεταξύ των δύο αξόνων να παραμένει πάντα 90 μοίρες. Για να κάνετε περιστροφή των αξόνων του συστήματος αναφοράς, κάντε κλικ στην αρχή του και θα εμφανιστεί και πάλι ο κίτρινος κύκλος. Προσέξτε τώρα το σημείο που βρίσκεται πάνω σε αυτόν τον κύκλο και στον οριζόντιο άξονα. Κάντε κλικ σε αυτό και σύρετε ώστε να εκτελέσετε την περιστροφή. Δείτε τώρα πως μεταβλήθηκαν τα δεδομένα του πίνακα και των γραφικών παραστάσεων. Μια συμβουλή για την περιστροφή είναι η εξής: Όταν θέλουμε να περιστρέψουμε τους άξονες σε μια θέση με μεγάλη ακρίβεια, κάνουμε κλικ στο σημείο που αναφερθήκαμε προηγουμένως και μετά σύρουμε το ποντίκι, αλλά τοποθετώντας τον δείκτη όσο πιο μακριά από την αρχή του συστήματος μπορούμε. Έτσι η γωνία περιστροφής μπορεί να καθοριστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια. Δοκιμάστε το και δείτε τα νέα αποτελέσματα στον πίνακα και στις γραφικές παραστάσεις.
- Προκειμένου να εκτελέσουμε και παράλληλη μετακίνηση και περιστροφή εκτελούμε τις δύο παραπάνω διεργασίες με όποια σειρά θέλουμε. Δοκιμάστε το και δείτε την επίδραση της ενέργειας σας στον πίνακα με τις συντεταγμένες και στις γραφικές παραστάσεις.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Α. Πίνακες και Αριθμοί

ΑΟ1:	Αγνοεί το πλήθος των μη σημαντικών δεκαδικών ψηφίων
ΑΟ2:	Συνδέει τους αριθμούς με έννοιες της κινηματικής
ΑΟ3*:	Χρήση μόνο 0-2 τυχαίων ζευγών αριθμών για την εύρεση του ρυθμού μεταβολής μιας λίστας 20 αριθμών και παρότι αυτό δεν ήταν ζητούμενο
ΑΟ4:	Αιτιολόγηση μικρών διακυμάνσεων τιμών για μεταβλητές που σύμφωνα με τη θεωρία έχουν σταθερή τιμή
ΑΟ5:	Σωστή ερμηνεία των x και y συντεταγμένων
ΑΟ6*:	Σύγχυση της x με την y συντεταγμένη

		Φοιτητής 1		Φοιτητής 3	Φοιτητής 4	Φοιτητής 5
ΑΟ1	Προ		●	●	●	○
	Μετά		●	●	●	●
ΑΟ2	Προ		●	○		○
	Μετά		●	○		●
ΑΟ3	Προ		●	●	○	○
	Μετά			●		
ΑΟ4	Προ	●	●	●		○
	Μετά	●	●	●	●	●
ΑΟ5	Προ	●	●	●		○
	Μετά	●	●	●		●
ΑΟ6	Προ					○
	Μετά					

ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Β. Γραφικές Παραστάσεις

ΒΟ1:	Ερμηνεία του y_0 για καμπύλη σε γραφική παράσταση θέσης - χρόνου
ΒΟ2:	Επισήμανση σημείων τομής δύο ή περισσότερων καμπύλων
ΒΟ3:	Ορισμός σημείων τομής δύο ή περισσότερων καμπύλων είτε με συντεταγμένες είτε με το αντίστοιχο καρέ της ταινίας
ΒΟ4:	Ερμηνεία σημείων τομής δύο ή περισσότερων καμπύλων
ΒΟ5:	Ερμηνεία αρνητικών τιμών για την ταχύτητα
ΒΟ6:	Περιγραφή της κίνησης ενός αντικειμένου δεδομένης της γραφικής του παράστασης ταχύτητας - χρόνου
ΒΟ7:	Ερμηνεία του y_0 για καμπύλη σε γραφική παράσταση ταχύτητας - χρόνου
ΒΟ8:	Επιβεβαίωση της συνέπειας μεταξύ δεδομένων ερωτηματολογίου με δεδομένα που αντλούνται από τις γραφικές παραστάσεις
ΒΟ9:	Χρήση του πίνακα συντεταγμένων για να απαντήσει ερωτήσεις που βασίζονταν στην ανάγνωση γραφικών παραστάσεων
ΒΟ10*:	Επιπόλαια απόδοση της τιμής (0,0) στο σημείο τομής αξόνων, αγνοώντας τις τιμές που αναγράφονται στους άξονες
ΒΟ11:	Σωστή ανάγνωση του ερμηνευτικού σημειώματος (legend) μιας γραφικής παράστασης

		Φοιτητής 1		Φοιτητής 3	Φοιτητής 4	Φοιτητής 5
ΒΟ1	Προ	○		●		●
	Μετά	○		●	◐	●
ΒΟ2	Προ	○		●		○
	Μετά	○		●	◐	○
ΒΟ3	Προ	●				●
	Μετά	●		●	◐	
ΒΟ4	Προ	●		●		
	Μετά	●		●		●
ΒΟ5	Προ	○			◐	○
	Μετά	○		●	◐	●
ΒΟ6	Προ	○		●	◐	○
	Μετά	○		●	◐	○
ΒΟ7	Προ	●				●
	Μετά	●		●	◐	●
ΒΟ8	Προ	●				●
	Μετά	●			◐	●
ΒΟ9	Προ					○
	Μετά	○			◐	○
ΒΟ10	Προ					
	Μετά					
ΒΟ11	Προ	●			◐	●
	Μετά	●		●	◐	●

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

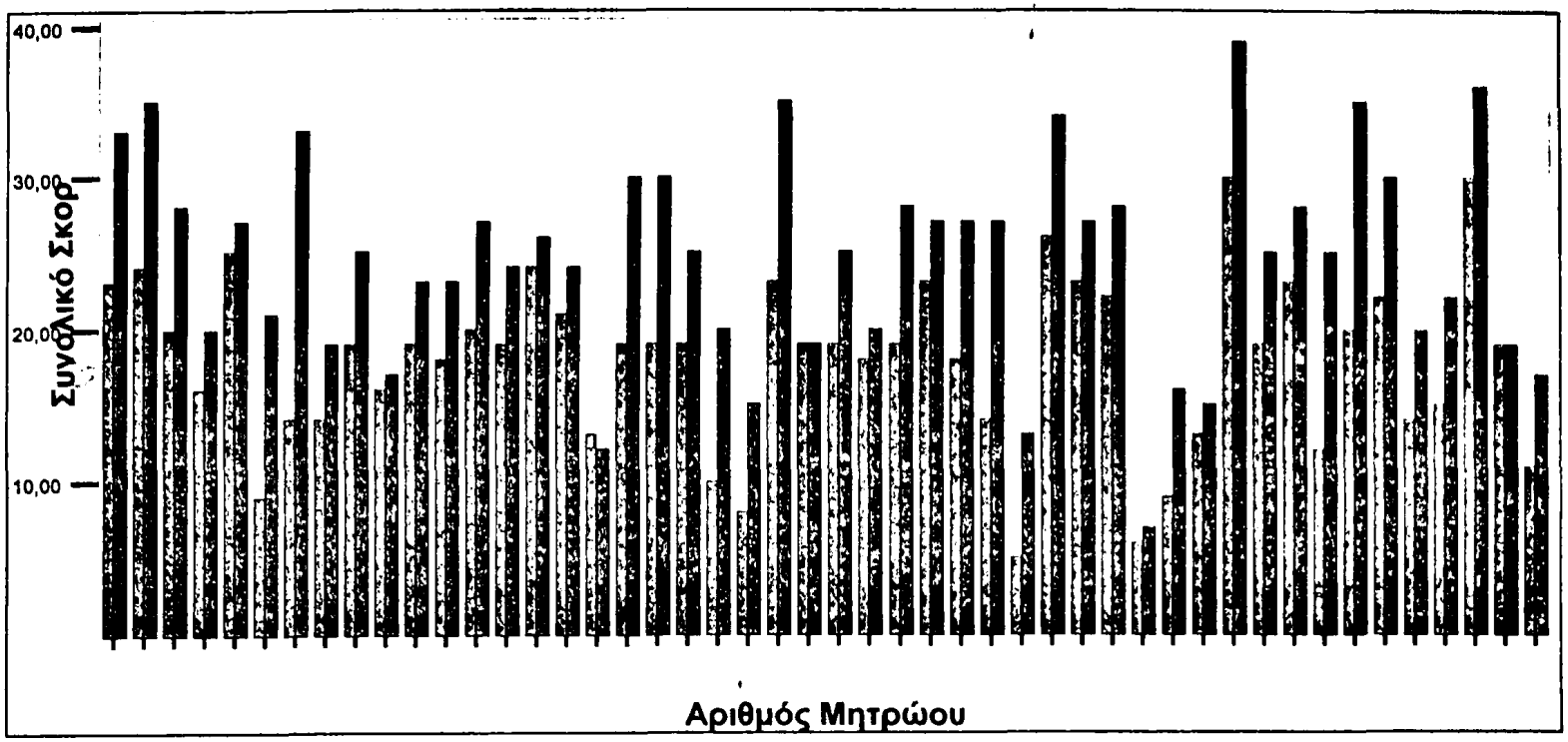
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

C. Συστήματα Συντεταγμένων και Συστήματα Αναφοράς

				Φοιτητής 1		Φοιτητής 3	Φοιτητής 4	Φοιτητής 5
CO1:	Πρόβλεψη των συνεπειών παράλληλης μεταφοράς και στροφής του Συστήματος Αναφοράς στη θέση	**CO1**	Προ	●		●		
			Μετά	●		●	○	○
CO2:	Πρόβλεψη των συνεπειών παράλληλης μεταφοράς του Συστήματος Αναφοράς στις συνιστώσες της ταχύτητας	**CO2**	Προ					
			Μετά	●			○	
CO3:	Πρόβλεψη των συνεπειών στροφής του Συστήματος Αναφοράς στις συνιστώσες της ταχύτητας	**CO3**	Προ				○	
			Μετά	○			○	●
CO4*:	Σύγχυση μεταξύ εννοιών Συστήματος Συντεταγμένων και Συστήματος Αναφοράς	**CO4**	Προ					●
			Μετά					●

*AO3, AO6, BO10, CO4: Αυτές οι παρατηρήσεις αφορούν αρνητικές στάσεις/συμπεριφορές/αντιλήψεις, ενώ όλες οι άλλες παρατηρήσεις στους πίνακες αφορούν θετικές στάσεις/συμπεριφορές/αντιλήψεις.

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΣΚΟΡ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΦΟΙΤΗΤΗ ΠΡΟ – ΜΕΤΑ



Με κόκκινο χρώμα συμβολίζεται το σκορ προ της πειραματικής παρέμβασης
Με μπλε χρώμα συμβολίζεται το σκορ μετά την πειραματική παρέμβαση

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Desks

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων από τις συνεντεύξεις

Σωστές αντιλήψεις και συμπεριφορές

1. Μετακίνηση της έδρας του δασκάλου στο κάτω αριστερά σημείο του σχήματος, θα προκαλέσει αλλαγές στις συντεταγμένες των θρανίων.
2. Μετακίνηση της έδρας του δασκάλου στο κέντρο της αίθουσας, θα προκαλέσει αλλαγές στις συντεταγμένες των θρανίων.
3. Με την έδρα του δασκάλου στο κέντρο της αίθουσας οι συντεταγμένες θα παίρνουν εν γένει και αρνητικές τιμές.
4. Με την έδρα του δασκάλου στο κέντρο της αίθουσας δέχεται το ενδεχόμενο να είναι και αρνητικές κάποιες συντεταγμένες αλλά δεν μπορεί να προχωρήσει στο να τις προσδιορίσει.
5. Με την έδρα του δασκάλου στο κέντρο δίνει δεκαδικές τιμές στις συντεταγμένες των θρανίων για να είναι ακριβής.
6. Για να ορίσει ένα σύστημα συντεταγμένων σε δικιά της τάξη και να το εξηγήσει σε κάποιον θα πρέπει να του γνωστοποιήσει που είναι η αρχή των αξόνων.

Λανθασμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές

7. Μετακίνηση της έδρας του δασκάλου στο κάτω αριστερά σημείο του σχήματος, δεν θα προκαλέσει αλλαγές στις συντεταγμένες των θρανίων.
8. Μετακίνηση της έδρας του δασκάλου στο κέντρο της αίθουσας, δεν θα προκαλέσει αλλαγές στις συντεταγμένες των θρανίων.
9. Οποιαδήποτε αλλαγή στη θέση της έδρας του δασκάλου, δε θα προκαλέσει αλλαγές στις συντεταγμένες των θρανίων, διότι «οι συντεταγμένες δεν αλλάζουν».
10. Μετακινώντας την έδρα του δασκάλου ενδέχεται να αλλάζει το πρόσημο των συντεταγμένων των θρανίων αλλά όχι και η απόλυτη τιμή τους.
11. Με την έδρα στο κέντρο της αίθουσας αντί να εκφράσει αρνητικές τιμές για κάποιες συντεταγμένες θρανίων, ορίζει τις «πίσω από το δάσκαλο» τιμές.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

12. Με την έδρα στο κέντρο της αίθουσας για να αποφύγει τις αρνητικές τιμές για τις συντεταγμένες κάποιων θρανίων ορίζει ένα είδος πολικών συντεταγμένων.
13. Με την έδρα του δασκάλου στο κέντρο της αίθουσας οι συντεταγμένες θα είναι μόνο θετικές και ας μην προκύπτει μονοσήμαντος τρόπος προσδιορισμού των θρανίων έτσι.
14. Με την έδρα του δασκάλου στο κέντρο της τάξης θα έδινε τις συντεταγμένες σε απόλυτες τιμές πάντοτε καθώς «μιλάμε για θέσεις».
15. Πιστεύει ότι οι συντεταγμένες του προβλήματος προσδιορίζουν τον χώρο της επιφάνειας του εκάστοτε θρανίου.

Άλλες αντιλήψεις και συμπεριφορές

16. Για να ορίσει ένα σύστημα συντεταγμένων σε δικιά της τάξη και να το εξηγήσει σε κάποιον θεωρεί άξονες παράλληλους προς τους τοίχους της τάξης.
17. Για να ορίσει ένα σύστημα συντεταγμένων σε δικιά της τάξη και να το εξηγήσει σε κάποιον αριθμεί το μήκος και το πλάτος (της αίθουσας).
18. Για να ορίσει ένα σύστημα συντεταγμένων σε δικιά της τάξη και να το εξηγήσει σε κάποιον θα χρησιμοποιούσε τις σειρές και τα θρανία της κάθε σειράς.

		Σωστά						Λάθος									Αδιάφορα		
Επώνυμο		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Μαρία Α	Πριν	•	•											•					•
	Μετά	•	•	•															
Βάια	Πριν	•						•	•	•								•	
	Μετά							•	•	•									
Ανθή	Πριν	•					•										•		
	Μετά	•	•	•															
Νατάσσα	Πριν																		
	Μετά																		
Μελίνα	Πριν	•							•	•							•		
	Μετά	•	•		•														
Δημήτρης	Πριν							•	•								•	•	
	Μετά	•	•								•								
Ελένη	Πριν	•	•			•								•					•
	Μετά	•							•										•
Βούλα	Πριν	•	•		•												•		•
	Μετά	•	•	•															
Χριστίνα Κ	Πριν	•	•				•					•							•
	Μετά	•	•									•	•						

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.2
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "DESKS"

Ανέτα	Πριν		•					•	•								•		
	Μετά	•	•												•				
Παρασκευή	Πριν	•	•				•										•		•
	Μετά	•	•		•														
Αγγελική	Πριν	•	•				•	•	•										•
	Μετά	•	•	•			•												•
Ολυμπία	Πριν	•	•				•	•	•										
	Μετά	•	•						•					•					
Μαρία Ν	Πριν	•						•	•								•		•
	Μετά	•	•			•													
Γεωργία	Πριν	•							•									•	•
	Μετά	•	•	•															
Ιφιγένεια	Πριν	•							•								•		
	Μετά	•	•																
Πηνελόπη	Πριν	•	•	•			•										•		
	Μετά	•	•	•															
Κατερίνα	Πριν						•	•	•	•							•		
	Μετά	•	•				•										•		
Στράτος	Πριν	•	•					•											•
	Μετά	•	•																
Μαρία Φ	Πριν							•	•								•		•
	Μετά	•	•		•														

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.3
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "MARY"

Mary

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων από τις συνεντεύξεις

Σωστές αντιλήψεις και συμπεριφορές

1. Σχεδιάζει μια γραμμή λαμβάνοντας υπόψη και τις δύο μεταβλητές.
2. Σχεδιάζει τη γραμμή του Γιάννη ποσοτικά, έχοντας μετρήσει τα Δs και Δt της Μαρίας.
3. Διακρίνει ποια από τις δύο γραμμές της Μαρίας αντιστοιχεί σε πιο γρήγορη κίνηση.
4. Αιτιολογεί την επιλογή της γραμμής που αντιστοιχεί στην πιο γρήγορη κίνηση συγκρίνοντας συγκεκριμένη απόσταση που καλύφθηκε σε συγκεκριμένο χρόνο.
5. Αιτιολογεί την επιλογή της γραμμής που αντιστοιχεί στην πιο γρήγορη κίνηση συγκρίνοντας τον διαφορετικό ρυθμό.
6. Συνδέει την κλίση της γραμμής με την ταχύτητα του Γιάννη.
7. Κατανοεί ότι μικρότερη κλίση σημαίνει μικρότερη ταχύτητα.
8. Κατανοεί ότι ίδια κλίση σημαίνει ίδια ταχύτητα.
9. Φτιάχνει τις γραμμές παράλληλες με σκοπό να έχουν την ίδια κλίση.
10. Κατανοεί ότι η γραμμή του Γιάννη στο τέλος της πρέπει να ενώνεται με τη γραμμή της Μαρίας (στο τέλος της).

Λανθασμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές

11. Σχεδιάζει τη γραμμή του Γιάννη να είναι ακριβώς ίδια με της Μαρίας.
12. Φτιάχνει μία γραμμή παρόμοια με της Μαρίας.
13. Σχεδιάζει τη γραμμή λαμβάνοντας υπόψη μόνο τη μεταβλητή του χρόνου και τη μορφή της γραμμής της Μαρίας.
14. Αιτιολογεί την επιλογή της γραμμής που αντιστοιχεί στην πιο γρήγορη κίνηση συγκρίνοντας μόνο τον διαφορετικό χρόνο και αδυνατώντας να εκφράσει ρητά ότι παίζει ρόλο και η απόσταση.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

15. Κατανοεί το ρόλο της κλίσης στο σχεδιασμό της γραμμής μόνο ποιοτικά και αποτυγχάνει να το αξιοποιήσει ποσοτικά ώστε να φτιάξει με ακρίβεια τη ζητούμενη γραμμή.
16. Συνδέει το πέρας του ταξιδιού μόνο ή κυρίως με το συνολικό χρόνο και όχι (και) με την απόσταση.
17. Ερμηνεύει την μεταβλητή «απόσταση» ως «απόσταση που απομένει».
18. Αδυνατεί να βρει που βρίσκεται το σπίτι στη γραφική παράσταση.
19. Παραβλέπει την αριθμητική τιμή της μεταβλητής της απόστασης που πρέπει να καλυφθεί.
20. GAP ως σύγχυση όχι ως εναλλακτική αντίληψη.

Άλλες αντιλήψεις και συμπεριφορές

21. Εκφράζει την ανάγκη/επιθυμία να αριθμήσει τους άξονες (ή μόνο τον άξονα του χρόνου?).
22. Σχεδιάζει τη γραμμή του Γιάννη ώστε να βγει «αντίστροφα» από τη Μαρία.
23. Αιτιολογεί την επιλογή της γραμμής που αντιστοιχεί στην πιο γρήγορη κίνηση συγκρίνοντας ασαφή απόσταση που καλύφθηκε σε ασαφή χρόνο.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.3
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "MARY" .

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ

		Σωστά										Λάθος										Αδιάφορα		
Επώνυμο		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Μαρία Α	Πριν												•	•								•		
	Μετά	•		•									•											•
Βάια	Πριν			•								•												
	Μετά	•					•	•			•					•	•			•			•	
Ανθή	Πριν	•		•			•								•									
	Μετά						•	•			•													
Νατάσσα	Πριν											•			•									•
	Μετά						•	•	•	•														
Μελίνα	Πριν						•						•								•	•		
	Μετά						•	•										•					•	
Δημήτρης	Πριν	•	•	•																				•
	Μετά	•		•			•						•											•
Ελένη	Πριν			•		•						•	•											
	Μετά			•		•			•														•	
Βούλα	Πριν			•			•	•															•	•
	Μετά						•	•	•					•									•	
Χριστίνα	Πριν												•	•	•									
	Μετά												•	•								•		
Ανέτα	Πριν			•								•							•		•	•		•
	Μετά	•					•	•									•							
Παρασκευή	Πριν			•		•	•						•		•									
	Μετά			•			•	•					•		•									
Αγγελική	Πριν			•			•	•							•									
	Μετά			•			•	•							•									•

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.3
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "MARY"

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Ολυμπία	Πριν			•								•	•	•							•		
	Μετά	•	•				•																
Μαρία Ν	Πριν						•					•	•	•									
	Μετά			•									•										•
Γεωργία	Πριν			•	•							•											
	Μετά	•					•	•														•	
Ιφιγένεια	Πριν										•												
	Μετά						•	•				•											
Πηνελόπη	Πριν											•											
	Μετά											•	•			•						•	
Κατερίνα	Πριν						•															•	
	Μετά						•	•				•	•									•	
Στράτος	Πριν			•		•																	
	Μετά	•		•	•		•		•													•	
Μαρία Φ	Πριν											•	•										
	Μετά						•	•															•

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.4
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "TRANSPORT1"

Transport1

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων από τις συνεντεύξεις

Σωστές αντιλήψεις και συμπεριφορές

1. Σωστός διαχωρισμός συγκρίνοντας ίδια απόσταση με διαφορετικό χρόνο.
2. Σωστός διαχωρισμός συγκρίνοντας τους διαφορετικούς χρόνους που κάνουν τα μεταφορικά μέσα.
3. Σωστός διαχωρισμός λέγοντας ότι κάποιο μέσο είναι γρηγορότερο από κάποιο άλλο.
4. Συσχετίζει την κλίση με την ταχύτητα και τη θέση που πρέπει να κατέχουν οι γραμμές στη γραφική παράσταση.
5. Σχεδιάζει τη γραμμή για το αεροπλάνο πριν την Α.

Λαθεμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές

6. Αδυναμία συσχετισμού μεταφορικών μέσων με τις γραμμές της γραφικής παράστασης.
7. Κάποιο από τα μεταφορικά μέσα πιθανόν να έκανε στάσεις.
8. GAP σύγχυση (το αεροπλάνο θα κάνει τη μεγαλύτερη γραμμή και μετά το Δ ή το αεροπλάνο θα κάνει μια γραμμή πριν το Α αλλά πολύ μικρή σε μήκος).

Άλλες αντιλήψεις και συμπεριφορές

9. Υποθέτει γεγονότα από καθημερινότητα τα οποία δεν πηγάζουν από τη γραφική παράσταση.
10. Υποθέτει ότι η γραφική παράσταση έχει προέλθει από πειραματικά δεδομένα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.4
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "TRANSPORT1"

	Σωστά					Λάθος			Αδιάφορα	
Επώνυμο	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Μαρία Α	•		•		•	•	•			
	•	•	•		•					•
Βάια										
Ανθή		•	•		•			•	•	
		•	•		•		•			
Νατάσσα										
Μελίνα										
Δημήτρης	•	•			•					
	•				•					
Ελένη		•			•					
		•	•		•					
Βούλα			•		•					
				•	•					
Χριστίνα	•				•					
		•			•					
Ανέτα	•	•	•		•					
	•									
Παρασκευή										
Αγγελική		•			•		•			
		•	•							
Ολυμπία										
Μαρία Ν		•	•		•					
	•		•		•					
Γεωργία	•		•		•					
	•		•		•					
Ιφιγένεια			•				•	•	•	
	•	•	•		•			•	•	
Πηνελόπη			•			•	•	•	•	
						•	•	•	•	
Κατερίνα		•			•		•	•		
	•	•			•					
Στράτος										
Μαρία Φ		•			•					
		•			•					

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.5
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "TRANSPORT2"

Transport2

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων από τις συνεντεύξεις

Σωστές αντιλήψεις και συμπεριφορές

1. Η «απόσταση ταξιδιού» μας δείχνει πόσο έχει διανύσει.
2. Η «απόσταση μέχρι το σχολείο» μας δείχνει πόσο υπολείπεται ακόμα.
3. Σχεδιάζει σωστά, διότι «όσο αυξάνεται ο χρόνος, μειώνεται η απόσταση».
4. Στο δικό μου σενάριο απαντάει σωστά όσον αφορά την «απόσταση ταξιδιού».
5. Στο δικό μου σενάριο απαντάει σωστά όσον αφορά την «απόσταση μέχρι την πόλη».
6. Οι «αποστάσεις» του δικού μου σεναρίου ταιριάζουν με αυτές του προβλήματος.
7. Μετά από την παρέμβαση του σεναρίου μου, σχεδιάζει σωστά τη γραφική παράσταση.

Λανθασμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές

8. Η «απόσταση ταξιδιού» και η «απόσταση μέχρι το σχολείο» ταυτίζονται.
9. Οι δύο «αποστάσεις» είναι ίδιες, διότι χιλιόμετρα είναι το ένα, χιλιόμετρα και το άλλο.
10. Οι δύο «αποστάσεις» είναι ίδιες, αφού 2 χιλιόμετρα είναι η μία, 2 χιλιόμετρα είναι και η άλλη.
11. Οι δύο «αποστάσεις» ίσως είναι διαφορετικές ανάλογα με το μεταφορικό μέσο.
12. Η «απόσταση μέχρι το σχολείο» είναι η συνολική απόσταση.
13. Η «απόσταση ταξιδιού» είναι εξ ορισμού μεγαλύτερη από την άλλη, διότι πρόκειται για ένα ταξίδι (που είναι πάντα μια μεγάλη απόσταση).
14. Οι «αποστάσεις του δικού μου σεναρίου δεν ταιριάζουν με αυτές του προβλήματος.
15. Μετράει την «απόσταση» σε λεπτά της ώρας.

Άλλες αντιλήψεις και συμπεριφορές

16. Αδυνατεί να συσχετίσει το δικό μου σενάριο με το πρόβλημα, διότι στο πρόβλημα δεν αναφέρεται κάποιος ενδιάμεσος σταθμός.
17. Η φράση «πόσο μακριά είσαι ακόμα από το σχολείο» οδηγεί στον προβληματισμό ότι ήδη πρέπει να έχει διανύσει ένα μέρος της διαδρομής και πρέπει να γίνεται γνωστό που βρίσκεται «τώρα».

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.5
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "TRANSPORT2"

	Σωστά							Λάθος								Αδιάφορα	
Επώνυμο	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Μαρία Α								•									•
	•			•	•							•					•
Βάια																	
Ανθή				•	•						•						
								•									
Νατάσσα	•											•					•
				•	•											•	•
Μελίνα																	
			•														
Δημήτρης									•		•		•				
				•	•	•		•		•							•
Ελένη								•									
				•	•									•			
Βούλα	•	•															
	•	•		•	•	•	•									-	
Χριστίνα								•									
				•	•	•	•	•				•					
Ανέτα								•									
				•	•	•		•									
Παρασκευή																	
Αγγελική								•									
				•	•			•	•								
Ολυμπία																	
Μαρία Ν								•							•		
	X	X	X														
Γεωργία																	
Ιφιγένεια								•									
								•									
Πηνελόπη	•	•															
Κατερίνα																	
Στράτος																	
Μαρία Φ																	

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.6
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "CARDIFF"

Cardiff

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων από τις συνεντεύξεις

Σωστές αντιλήψεις και συμπεριφορές

1. Στις 3 η ώρα βρίσκονται στην ίδια/σε ίση απόσταση από το σπίτι.
2. Διαφωνεί με την Ελένη γιατί η κλίση της Α είναι μεγαλύτερη/πιο απότομη από την κλίση του Β.
3. Διαφωνεί με την Ελένη γιατί η γραφική παράσταση του Α είναι πιο «αύξουσα».
4. Διατυπώνει την πρόταση ότι μικρότερη κλίση ισοδυναμεί με μικρότερη ταχύτητα.
5. Ο Α έχει μεγαλύτερη ταχύτητα γιατί στις 2 προλαβαίνει τον Β που στην αρχή της κίνησης βρισκόταν πιο μπροστά.
6. Φαντάζεται την κίνηση ως μονοδιάστατη με τον Β να βρίσκεται πιο μακριά από το σπίτι στην αρχή της κίνησης.
7. Φαντάζεται ότι κινούνται παράλληλα.
8. Υπολογίζει την διανυθείσα απόσταση για ορισμένο χρονικό διάστημα από την διαφορά των αντίστοιχων τιμών του κατακόρυφου άξονα.

Λανθασμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές

9. Στις 3 η ώρα τα αυτοκίνητα θα συγκρουστούν.
10. Στις 3 η ώρα τα αυτοκίνητα θα συναντηθούν.
11. Στις 3 η ώρα τα αυτοκίνητα αλλάζουν πορεία.
12. Διαφωνεί με την Ελένη γιατί το Α αυξάνει την ταχύτητα του ενώ το Β την διατηρεί σταθερή.
13. Διαφωνεί με την Ελένη, πιστεύει ότι έχουν την ίδια ταχύτητα.
14. Πιστεύει ότι δε μπορούμε να γνωρίζουμε την ταχύτητα των αυτοκινήτων.
15. Όταν μια γραφική παράσταση είναι «αύξουσα» η ταχύτητα αυξάνεται.
16. Σημείο τομής σημαίνει σύγκρουση ή συνάντηση.
17. Μπορεί να είναι στην ίδια απόσταση αλλά οι γραμμές να μη τέμνονται στη γραφική παράσταση.
18. Φαντάζεται την κίνηση με GAP.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

19. Φαντάζεται ότι κινούνται σε δρόμους που διασταυρώνονται.
20. Υπολογίζει τη διανυθείσα απόσταση μετρώντας το μήκος της γραφικής παράστασης για το ορισμένο χρονικό διάστημα.
21. Ερμηνεύει τις τιμές του κατακόρυφου άξονα ως απόσταση που έχει ταξιδέψει το κάθε αυτοκίνητο.

Άλλες αντιλήψεις και συμπεριφορές

22. Στις 3 η ώρα φτάνουν στο ίδιο «ύψος» αλλά δεν συναντιούνται.
23. Προσπαθεί να αποφανθεί για τις ταχύτητες χρησιμοποιώντας κάποιον τύπο.
24. Συνδέει την κίνηση των αυτοκινήτων με την κίνηση που είχε δει στη δραστηριότητα «τρενάκια».

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.6
ΚΩΔΙΚΟΠΟΊΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΎΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "CARDIFF"

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

	Σωστά								Λάθος												Αδιάφορα		
Επώνυμο	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Μαρία Α									•	•		•				•								
		•		•			•	•		•						•		•						
Βάια																•		•		•				
	•	•					•															•		•
Ανθή	•															•	•			•	•		•	
	•				•	•																		
Νατάσσα			•							•	•				•	•		•						
			•							•									•					• *
Μελίνα										•						•	•	•	•	•	•			
	•	•				•	•			•										•				•
Δημήτρης								•		•			•			•	•							
							•	•						•										
Ελένη										•						•	•							
						•				•			•			•								
Βούλα		•																			•			
					•																			
Χριστίνα		•			•					•										•				
					•		•			•										•				
Ανέτα					•	•		•		•						•								
		•			•	•																		
Παρασκευή										•				•		•			•	•				
		•				•	•			•					•									
Αγγελική										•						•	•			•	•			
								•																

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.6
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "CARDIFF"

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Ολυμπία										•						•				•				
		•				•		•		•														•
Μαρία Ν					•					•										•				
		•					•			•						•				•				•
Γεωργία									•	•				•		•								
							•	•						•										
Ιφιγένεια										•			•			•		•		•				
		•			•		•			•										•				
Πηνελόπη			•							•			•			•								
										•			•	•										
Κατερίνα										•						•								
							•			•						•			•					•
Στράτος					•					•						•		•					•	
		•								•								•						
Μαρία Φ										•				•		•				•			•	
		•			•					•						•			•	•				

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.7
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "STORY1"

Story1

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων από τις συνεντεύξεις

Σωστές αντιλήψεις και συμπεριφορές

1. Φτάνει σε συμπέρασμα για την ταχύτητα του Πέτρου στο 1° μέρος με βάση την αντίστοιχη απόσταση και τον αντίστοιχο χρόνο.
2. Συγκρίνει επιτυχώς τον χρόνο που απαιτήθηκε για την ίδια απόσταση που έκανε ο Πέτρος στο 3° μέρος με τον αντίστοιχο του 1ου μέρους της γραφικής παράστασης (ενίοτε σχολιάζοντας και ταχύτητα).
3. Στο σταθερό κομμάτι της γραφικής παράστασης ο Πέτρος παραμένει ακίνητος.
4. Στο σταθερό κομμάτι της γραφικής παράστασης ο Πέτρος κινείται με τέτοιο τρόπο ώστε να μη μεταβάλλεται η απόσταση του από το σπίτι.
5. Στο 3° κομμάτι της γραφικής παράστασης ο Πέτρος επιστρέφει.
6. Μπορεί να συνδέσει την γραφική παράσταση με φανταστικό σενάριο καθημερινότητας που ανταποκρίνεται σε αυτή.
7. Συνδέει επιτυχώς την κλίση της γραφικής παράστασης με την ταχύτητα που κινείται ο Πέτρος.

Λανθασμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές

8. Graph As Picture.
9. Στο 1° κομμάτι η ταχύτητα του Πέτρου αυξάνεται.
10. Στο σταθερό κομμάτι της γραφικής παράστασης ο Πέτρος είχε σταθερή πορεία.
11. Στο σταθερό κομμάτι της γραφικής παράστασης ο Πέτρος είχε σταθερό ρυθμό/ταχύτητα.
12. Στο σταθερό κομμάτι της γραφικής παράστασης ο Πέτρος περπατάει πολύ αργά.
13. Αδυναμία συσχέτισης της γραφικής παράστασης με τον περίπατο του Πέτρου.
14. Ερμηνεύει τη φορά της γραφικής παράστασης ως γρήγορο ή αργό βάδισμα.
15. Στο y_{max} που φτάνει ο Πέτρος, βρίσκεται το σπίτι του.
16. Το σπίτι του Πέτρου βρίσκεται στο σημείο με το μεγαλύτερο y που θα μπορούσε να παρασταθεί στην γραφική παράσταση.
17. Ο Πέτρος κατά τον περίπατο του ακινητοποιείται (μόνο) εκεί που τελειώνει το 3° κομμάτι.
18. Ερμηνεύει τη γραφική παράσταση σα να ήταν ταχύτητας-χρόνου (η ταχύτητα αυξάνεται, παραμένει σταθερή και στο τέλος ελαττώνεται).

Άλλες αντιλήψεις και συμπεριφορές

19. Αριθμεί τους άξονες.
20. Δυσκολεύεται να καταλάβει τη μεταβλητή «απόσταση από το σπίτι».

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.7
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "STORY1"

	Σωστά							Λάθος											Αδιάφορα	
Επώνυμο	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Μαρία Α		•			•					•	•									
	•	•	•		•	•														
Βάια								•												
	•										•				•				•	
Ανθή			•																	
Νατάσσα													•							•
			•		•						•									
Μελίνα	•	•						•					•							
	•						•				•							•		
Δημήτρης		•			•															
	•	•	•																	
Ελένη			•		•															
			•		•															
Βούλα												•			•					
			•		•															•
Χριστίνα				•	•			•												
		•	•	•	•			•		•										
Ανέτα													•							
	•		•																	
Παρασκευή	•	•	•	•	•															
	•	•	•	•	•	•			•											
Αγγελική													•					•		
	•	•	•								•			•				•		
Ολυμπία											•		•							
	•		•		•										•	•				•
Μαρία Ν	•											•					•			
	•		•		•															
Γεωργία																				
Ιφιγένεια																		•		
																		•		
Πηνελόπη																				
Κατερίνα			•									•								
	•	•																		•
Στράτος			•		•															•
	•	•	•		•															
Μαρία Φ																				

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.8
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "STORY2"

Story2

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων από τις συνεντεύξεις

Σωστές αντιλήψεις και συμπεριφορές

1. Από τις 6 το πρωί μέχρι τις 6 το απόγευμα η χρέωση είναι σταθερή.
2. Από τις 6 το απόγευμα μέχρι την μη αναγραφόμενη ώρα η χρέωση είναι πιο χαμηλή από την προηγούμενη.
3. Από την μη αναγραφόμενη ώρα μέχρι τις 6 το πρωί η χρέωση είναι πιο χαμηλή από την προηγούμενη.
4. 6 η ώρα στην παλιά γραφική παράσταση πληρώνουμε πιο φθηνά.
5. 6 η ώρα στη νέα γραφική παράσταση δεν μπορεί να αποφανθεί αν θα πληρώσουμε ακριβά ή φθηνά.
6. Προσδιορίζει τη μη αναγραφόμενη ώρα με βάση τα δεδομένα χρονικά διαστήματα της γραφικής παράστασης.
7. Δυσκολεύεται να εντάξει τις γραμμές της νέας γραφικής παράστασης στην ερμηνεία της γιατί δεν προσδιορίζεται η χρέωση στις 6μ.μ..
8. Προτιμάει την παλιά γραφική παράσταση.

Λανθασμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές

9. Περιγράφει την γραφική παράσταση μόνο με τη γενική τάση «όσο περνάει η μέρα, η χρέωση μειώνεται».
10. 6 η ώρα στην παλιά γραφική παράσταση θα πληρώσουμε ακριβά.
11. Ερμηνεύει την γραφική παράσταση ως 3 διαφορετικές κλήσεις.
12. Προσδιορίζει την μη αναγραφόμενη ώρα με υποθετικά/προσωπικά/φανταστικά κριτήρια.
13. Αδυνατεί παντελώς να προσδιορίσει την μη αναγραφόμενη ώρα.
14. Ερμηνεύει τις γραμμές της νέας γραφικής παράστασης ως μείωση της χρέωσης.
15. Ερμηνεύει τις γραμμές της νέας γραφικής παράστασης ως σταδιακή/κλιμακωτή μείωση της χρέωσης.
16. Προτιμάει τη νέα γραφική παράσταση.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Άλλες αντιλήψεις και συμπεριφορές

17. Μεταξύ της νέας και της παλιάς γραφικής παράστασης δεν έχει κάποια προτίμηση.
18. Δεν δίνει καμία ερμηνεία στις γραμμές της νέας γραφικής παράστασης.
19. Ερμηνεύει τις γραμμές της νέας γραφικής παράστασης ως βοηθητικές.
20. 6 η ώρα στη νέα γραφική παράσταση πληρώνουμε ακριβά.
21. 6 η ώρα στη νέα γραφική παράσταση πληρώνουμε πιο φθηνά.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.6.8
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "STORY2"

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

		Σωστά								Λάθος								Αδιάφορα				
Επώνυμο		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Μαρία Α	Πριν	•	•	•	•				•				•		•							•
	Μετά	•	•	•			•	•	•													
Βάια	Πριν				•											•		•				•
	Μετά				•											•		•				•
Ανθή	Πριν				•					•						•						•
	Μετά							•	•	•												
Νατάσσα	Πριν	•			•					•				•				•	•			•
	Μετά	•								•	•			•						•	•	
Μελίνα	Πριν	•	•							•	•			•	•			•			•	
	Μετά	•	•	•						•	•				•			•			•	•
Δημήτρης	Πριν											•				•	•					
	Μετά				•					•						•	•					•
Ελένη	Πριν	•	•								•			•	•			•				•
	Μετά	•	•													•		•			•	
Βούλα	Πριν																					
	Μετά																					
Χριστίνα	Πριν					•											•					
	Μετά	•				•				•	•							•			•	
Ανέτα	Πριν	•	•		•				•			•										•
	Μετά				•			•	•													•
Παρασκευή	Πριν	•			•					•					•		•	•				•
	Μετά					•					•				•			•				
Αγγελική	Πριν	•								•					•			•				
	Μετά	•								•					•			•				

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.8
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "STORY2"

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ

Ολυμπία	Πριν	•	•	•										•	•		•				•	•
	Μετά	•	•		•		•								•		•					•
Μαρία Ν	Πριν	•				•				•	•				•			•			•	
	Μετά	•	•	•	•										•			•				•
Γεωργία	Πριν	•	•	•	•		•	•	•													
	Μετά	•	•	•				•	•													
Ιφιγένεια	Πριν																					
	Μετά																					
Πηνελόπη	Πριν																					
	Μετά																					
Κατερίνα	Πριν	•								•								•				
	Μετά				•					•					•		•					•
Στράτος	Πριν																					
	Μετά	•	•	•							•				•		•				•	
Μαρία Φ	Πριν	•						•		•								•	•			
	Μετά	•						•	•	•												

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.9
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "STORY3"

Story3

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων από τις συνεντεύξεις

Σωστές αντιλήψεις και συμπεριφορές

1. Σχεδιάζει το ύψος σταθερό για το διάστημα μεταξύ 20 και 30 χρόνων.
2. Εκφράζει την αντίληψη ότι κατά την γέννηση ο άνθρωπος έχει ήδη κάποιο ύψος και έτσι η γραφική παράσταση δε μπορεί να ξεκινάει από το (0,0).
3. Εκφράζει την αντίληψη ότι η μεταβολή του ύψους δεν είναι ανάλογη με τη μεταβολή της ηλικίας.
4. Εκφράζει (όχι ρητά) την αντίληψη ότι καμπύλη γραμμή σημαίνει μη σταθερός ρυθμός μεταβολής.
5. Πιστεύει ότι η πραγματικότητα αντιπροσωπεύεται καλύτερα σε αυτό το πρόβλημα με καμπύλη.

Λανθασμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές

6. Σχεδιάζει τη γραφική παράσταση με ευθείες γραμμές.
7. Ξεκινάει τη γραφική παράσταση από το (0,0).
8. Σχεδιάζει καμπύλη γιατί θέλει το ύψος να μειωθεί πέρα από κάποια ηλικία και δεν μπορεί να σχεδιάσει κάτι τέτοιο με τη χρήση ευθειών.
9. Σχεδιάζει τη γραφική παράσταση με ευθείες γραμμές γιατί από 20 έως 30 χρόνων πρέπει να είναι σταθερή ευθεία, «επομένως» ευθεία θα πρέπει να είναι και πιο πριν.
10. Χρησιμοποιεί ευθείες γραμμές για λόγους σχεδιαστικής ευκολίας.
11. Πιστεύει ότι η πραγματικότητα αντιπροσωπεύεται καλύτερα σε αυτό το πρόβλημα με ευθείες γραμμές.
12. Δεν μπορεί να αποφανθεί για το αν ταιριάζει καλύτερα ευθεία ή καμπύλη γραμμή σε αυτή τη γραφική παράσταση.

Άλλες αντιλήψεις και συμπεριφορές

13. Ανάγκη/επιθυμία να αριθμήσει τους άξονες.
14. Περιγράφει την εξέλιξη του ύψους όπως την σχεδίασε στη γραφική παράσταση αναφέροντας συγκεκριμένες ηλικίες και το αντίστοιχο ύψος.
15. Συνδιάζει/σχετίζει την κατασκευή της ευθείας με το πέρασμα της από το (0,0).
16. Σχεδιάζει καμπύλη.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.9
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "STORY3"

	Σωστά					Λάθος							Αδιάφορα			
Επώνυμο	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Μαρία Α				•	•					•			•	•		
					•								•			•
Βάια	•										•					
			•		•											•
Ανθή	•											•		•		
	•	•												•	•	
Νατάσσα								•				•				•
	•								•							
Μελίνα			•								•					•
	•	•	•		•											•
Δημήτρης																
Ελένη	•															•
	•	•			•											•
Βούλα	•									•		•		•		
	•	•		•	•							•				•
Χριστίνα			•	•												•
	•	•														•
Ανέτα	•													•		
														•		
Παρασκευή	•		•	•												•
																•
Αγγελική																
Ολυμπία	•		•	•	•					•						
	•		•	•	•											•
Μαρία Ν																
Γεωργία	•		•	•	•											•
	•	•	X	X	X											•
Ιφιγένεια																
Πηνελόπη																
Κατερίνα				•	•											•
											•				•	
Στράτος				•	•										•	•
	•	•	•	•	•											X
Μαρία Φ				•							•					
										•	•					

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.10
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "CHARITY1"

Charity1

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων από τις συνεντεύξεις

Σωστές αντιλήψεις και συμπεριφορές

1. Περνάει από την αρχή των αξόνων γιατί αν δεν έρθουν θεατές, δεν θα συγκεντρωθεί χρηματικό ποσό.
2. Πιστεύει ότι η γραφική παράσταση αφορά μια υποθετική συναυλία.
3. Πιστεύει ότι η γραφική παράσταση αφορά μια συναυλία που πρόκειται να γίνει.
4. Πιστεύει ότι η γραφική παράσταση δεν μας δείχνει την χρονική εξέλιξη στην προσέλευση των θεατών.
5. Πιστεύει ότι η γραφική παράσταση δε μας δείχνει τον συνολικό αριθμό θεατών.

Λαθεμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές

6. Περνάει από την αρχή των αξόνων γιατί τα ποσά είναι ανάλογα (και παρόμοιες απαντήσεις).
7. Πιστεύει ότι η γραφική παράσταση αφορά μια συναυλία που έχει γίνει.
8. Πιστεύει ότι φαίνεται η χρονική εξέλιξη της προσέλευσης των θεατών γιατί η γραμμή ανεβαίνει, άρα ο αριθμός των θεατών αυξάνεται.
9. Πιστεύει ότι θα μπορούσαμε να βρούμε το συνολικό αριθμό θεατών αν η γραφική παράσταση είχε αριθμούς.
10. Πιστεύει ότι ο συνολικός αριθμός θεατών είναι αυτός που αντιστοιχεί στην προβολή του τελευταίου σημείου της γραφικής παράστασης στον οριζόντιο άξονα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.10
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "CHARITY1"

	Σωστά					Λάθος				
Επώνυμο	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Μαρία Α			•	•	•	•				
				•	•	•			•	•
Βάια		•		•						•
	•	•						•	•	•
Ανθή		•					•	•		•
	•	•	•				•		•	
Νατάσσα	•	•						•		•
			•	•					•	
Μελίνα	•	•						•	•	•
	•	•			•			•	•	
Δημήτρης		•		•		•	•			
	•			•	•		•		•	•
Ελένη	•		•	•						
	•		•	•	•					
Βούλα	•		•	•	•					
			•	•					•	•
Χριστίνα	•			•		•	•		•	•
	•	•		•		•				•
Ανέτα	•	•		•		•		•		
	•	•		•	•					
Παρασκευή										
Αγγελική	•	•		•			•			
	•		•	•			•			
Ολυμπία				•	•	•			•	•
	•	•		•					•	•
Μαρία Ν	•	•			•			•	•	•
		•					•	•	•	•
Γεωργία	•			•	•		•			
		•		•	•					
Ιφιγένεια										
Πηνελόπη	•				•		•	•		
	•	•	•	•			•			•
Κατερίνα		•			•			•		
						•	•	•	•	•
Στράτος	•	•	•	•			•			•
	•	•		•						•
Μαρία Φ	•		•		•			•		
	•		•	•	•					

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.11
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "WEIGHT2"

Weight2

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων από τις συνεντεύξεις

Σωστές αντιλήψεις και συμπεριφορές

1. Τα αγόρια, από τη μορφή της καμπύλης γύρω από τα 14.
2. Τα αγόρια, λόγω της μορφής της γραφικής παράστασης.
3. Τα αγόρια, λόγω της κλίσης.
4. Τα αγόρια, χρησιμοποιώντας τον χάρακα ως εφαπτομένη της καμπύλης και συγκρίνοντας.
5. Κοιτάει το διάστημα γύρω από τα 14, αλλά αποφασίζει λάθος.
6. Στο δικό μου σενάριο – μέρος 1ο, δεν μπορεί να αποφανθεί ποιος μεγαλώνει πιο γρήγορα.
7. Στο δικό μου σενάριο για να αποφανθεί ποιος μεγαλώνει πιο γρήγορα θα πρέπει να παρακολουθήσει το βάρος τους για κάποιο χρονικό διάστημα.

Λανθασμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές

8. Τα κορίτσια, γιατί έχουν περισσότερα κιλά (και παρόμοια) στην ηλικία των 14.
9. Γρηγορότερα μεγαλώνει όποιος έχει περισσότερο βάρος σε μια συγκεκριμένη ηλικία.
10. Τα κορίτσια με βάση την καθημερινή εμπειρία.
11. Τα κορίτσια διότι γέννιονται ισοβαρή με τα αγόρια και μέχρι τα 14 βλέπουμε ότι έχουν πάρει πιο πολλά κιλά .
12. Στο δικό μου σενάριο κατά το διάστημα που μεταβάλλεται το βάρος, γρηγορότερα μεγαλώνει αυτός που έχει περισσότερα κιλά.

Άλλες αντιλήψεις και συμπεριφορές

13. Χρησιμοποιεί εκφράσεις στο λόγο που δηλώνουν τη σωστή (ως ζεύγος συντεταγμένων) ερμηνεία του βάρους στην ηλικία των 14, παρότι μπορεί να απάντα τελικά λάθος (π.χ. «είναι πιο μεγάλος», «είναι πιο ανεπτυγμένος»).
14. Δικαιολογεί την απάντηση που έδωσε ως αναγκαστικά προκύπτουσα από τη δεδομένη γραφική παράσταση (π.χ. «σύμφωνα με τη γραφική παράσταση πάντα αυτά που λέω»).
15. Προβληματισμός ή και δικαιολόγηση σχετικά με τη διατύπωση της ερώτησης όσον αφορά την ηλικία (π.χ. «14 ακριβώς?», «επειδή μιλάμε για την ηλικία των 14 όμως...»).
16. Προβληματισμός σχετικά με τη φράση «μεγαλώνουν γρηγορότερα» (π.χ. «εννοούμε σε κιλά;».

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.11
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "WEIGHT2"

	Σωστά							Λάθος					Αδιάφορα			
Επώνυμο	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Μαρία Α								•	•							
						•	•	•	•							•
Βάια								•	•							•
		•	•	•												
Ανθή								•	•	•			•			
								•	•			•				
Νατάσσα								•	•							•
								•				•	•			•
Μελίνα								•	•					•		•
						•	•	•						•	•	
Δημήτρης		•														
								•	•							•
Ελένη								•	•							
						•		•	•							
Βούλα								•	•							•
						•	•	•	•				•	•		•
Χριστίνα								•	•		•			•		
					•									•		
Ανέτα								•	•					•		•
						•		•					•	•		
Παρασκευή					•			•								•
					•	•	•									•
Αγγελική								•					•			•
								•	•							•
Ολυμπία								•	•							
														•		
Μαρία Ν																
Γεωργία								•	•						•	
	•														•	•
Ιφιγένεια								•	•							
Πηνελόπη																
Κατερίνα																
Στράτος								•	•				•	•		•
								•	•							
Μαρία Φ																

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.12
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "GREATEST CHANGE"

Greatest Change

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων από τις συνεντεύξεις

Σωστές αντιλήψεις και συμπεριφορές

1. Αποφασίζει σωστά συγκρίνοντας τις γωνίες που σχηματίζουν οι ευθείες με τον άξονα x.
2. Αποφασίζει σωστά με βάση τη μορφή-γεωμετρία των ευθειών χωρίς να προσδιορίζει ή να αναφέρει γωνίες.
3. Οι Α και Β έχουν την ίδια κλίση γιατί είναι παράλληλες.

Λανθασμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές

4. Απαντά αντίστροφα συγκρίνοντας τις γωνίες που σχηματίζουν οι ευθείες με τον άξονα y.
5. Η κλίση σχετίζεται με κάποια γωνία, χωρίς να γνωρίζει ποια μπορεί να είναι αυτή.
6. Η κλίση σχετίζεται με το μήκος της εκάστοτε ευθείας.
7. Δεν μπορεί να αποφανθεί γιατί οι ευθείες δεν έχουν κοινή αρχή.

Άλλες αντιλήψεις και συμπεριφορές

8. Η Δ δεν έχει κλίση επειδή είναι ευθεία.
9. Η Δ δεν έχει κλίση επειδή είναι σταθερή/δεν μεταβάλλεται.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.12
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "GREATEST CHANGE"

	Σωστά			Λάθος				Αδιάφορα	
Επώνυμο	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Μαρία Α									
Βάια									
Ανθή									
Νατάσσα						•			
	•	•							
Μελίνα	•		•					•	
	•		•						
Δημήτρης							•		
			•	•					
Ελένη				•	•				•
			•	•	•				
Βούλα	•		•		•				•
		•							•
Χριστίνα	•								
	•		•						
Ανέτα			•	•	•				
	•							•	
Παρασκευή									
Αγγελική				•	•			•	
			•	•	•			•	
Ολυμπία									
Μαρία Ν									
Γεωργία					•				
		•	•						
Ιφιγένεια		•							•
		•							
Πηνελόπη		•						•	
	•	•						•	
Κατερίνα									
Στράτος		•						•	
			•					•	•
Μαρία Φ		•							•
		•	•						•

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.13
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "INTERVALS1"

Intervals1

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων από τις συνεντεύξεις

Σωστές αντιλήψεις και συμπεριφορές

1. Η μεταβολή της είναι πιο γρήγορη.
2. Μεγαλύτερη μεταβολή που την συνδέει μόνο με την οπτική μορφή των καμπύλων.
3. Σύγκριση μεταβολής του x σε σχέση με το y για τις δύο καμπύλες.
4. Το y μεταβάλλεται περισσότερο στην Β.
5. Μεγαλύτερη διαφορά τιμών στον y άξονα για την Β στο σκιασμένο.
6. Στο Β οι τιμές μεταβάλλονται ενώ στο Α μένουν σταθερές.
7. Έχει μεγαλύτερη κλίση.
8. Διατυπώνει την πρόταση ότι ρυθμός μεταβολής ισοδυναμεί με κλίση.

Λανθασμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές

9. Σύγχυση Ύψους Κλίσης (Slope-Height Confusion).
10. Η απάντηση αναφέρεται/αιτιολογείται σε ολόκληρη τη γραφική παράσταση και όχι μόνο στο σκιασμένο διάστημα.
11. Έχουν τον ίδιο ρυθμό μεταβολής .

Άλλες αντιλήψεις και συμπεριφορές

12. Δυσκολεύεται να κρίνει ποια καμπύλη έχει μεγαλύτερη κλίση γιατί δεν είναι ευθείες.
13. Υποθέτει για λόγους ευκολίας το x να συμβολίζει τον χρόνο.
14. Υποθέτει πως οι γραφικές παραστάσεις είναι x(t) για κάποια αντικείμενα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.13
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ "INTERVALS1"

	Σωστά								Λάθος			Αδιάφορα		
Επώνυμο	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Μαρία Α														
Βάια														
Ανθή		•												
			•											
Νατάσσα									•					
		•												
Μελίνα							•							
		•					•							
Δημήτρης														
Ελένη				•										
					•									
Βούλα														
Χριστίνα		•												
					•					•				
Ανέτα														
Παρασκευή		•					•							
							•							
Αγγελική														
Ολυμπία														
					•									
Μαρία Ν														
Γεωργία													•	
					•									
Ιφιγένεια										•	•			
														•
Πηνελόπη											•			
											•			
Κατερίνα		•												
				•										
Στράτος														
Μαρία Φ				•										
					•									

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Θέση

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων από τις συνεντεύξεις

Σωστές αντιλήψεις και συμπεριφορές

1. Η θέση ενός αντικειμένου μας δείχνει σε ποιο σημείο βρίσκεται.
2. Ορίζει τη θέση της καρέκλας με αφετηρία την πόρτα και βήματα ευθεία και κάθετα.
3. Ορίζει τη θέση της καρέκλας θεωρώντας κάποιο σύστημα συντεταγμένων με συγκεκριμένη αρχή.
4. Ορίζει τη θέση της καρέκλας θεωρώντας σύστημα συντεταγμένων με τους τοίχους του δωματίου για άξονες, οι οποίοι θα είναι αριθμημένοι με γνωστό τρόπο.
5. Η θέση είναι κάποιο σημείο του χώρου που ορίζεται με συντεταγμένες.

Λανθασμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές

6. Για να μου πει τη θέση της καρέκλας χρησιμοποιεί σχετικές αναφορές με τα υπόλοιπα αντικείμενα του χώρου.
7. Για να μου πει τη θέση της καρέκλας με το δωμάτιο άδειο χρησιμοποιεί ασαφείς γενικές περιγραφές για το χώρο του δωματίου.
8. Για να μου πει τη θέση της καρέκλας θα μου έδινε συντεταγμένες (εννοώντας άξονες τους τοίχου) χωρίς όμως να ορίζει την αρχή του συστήματος.
9. Συγχέει τη θέση με την επιφάνεια.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.14
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ «ΘΕΣΗ»

		Σωστά					Λάθος			
Επώνυμο		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Μαρία Α	Πριν									
	Μετά									
Βάια	Πριν									
	Μετά									
Ανθή	Πριν									
	Μετά									
Νατάσσα	Πριν	•								•
	Μετά	•							•	
Μελίνα	Πριν	•			•			•	•	
	Μετά				•	•	•		•	
Δημήτρης	Πριν	•			•					
	Μετά					•			•	
Ελένη	Πριν	•							•	
	Μετά	•			•				•	
Βούλα	Πριν	•			•					
	Μετά	•			•					
Χριστίνα	Πριν									
	Μετά									
Ανέτα	Πριν	•		•						
	Μετά	•		•						
Παρασκευή	Πριν	•					•		•	
	Μετά	•		•						
Αγγελική	Πριν			•		•				
	Μετά			•		•				
Ολυμπία	Πριν	•					•		•	
	Μετά	•							•	
Μαρία Ν	Πριν	•							•	
	Μετά	•					•		•	
Γεωργία	Πριν	•					•	•		
	Μετά		•			•		•		
Ιφιγένεια	Πριν									
	Μετά									
Πηνελόπη	Πριν									
	Μετά									
Κατερίνα	Πριν	•							•	
	Μετά	•		•					•	
Στράτος	Πριν	•					•	•		
	Μετά	•							•	
Μαρία Φ	Πριν	•								
	Μετά			•	•	•				

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.15
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ «ΤΑΧΥΤΗΤΑ»

Ταχύτητα

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων από τις συνεντεύξεις

Σωστές αντιλήψεις και συμπεριφορές

1. Ορίζει την ταχύτητα ως το μέγεθος που μας δείχνει πόσο γρήγορα ή όχι μεταβάλλεται η θέση σε σχέση με το χρόνο (και παρόμοια).
2. Ορίζει την ταχύτητα ενός αντικειμένου ως σε πόσο χρόνο διανύει ένα διάστημα (και παρόμοια).
3. Ορίζει την ταχύτητα ενός αντικειμένου ως το διάστημα προς το χρόνο.
4. Για να βρει την ταχύτητα της καρέκλας θα διαιρέσει το διάστημα που διανύει προς το χρόνο που χρειάζεται.

Λανθασμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές

5. Ορίζει την ταχύτητα ως «ο ρυθμός μεταβολής ενός αντικειμένου» (και παρόμοια).
6. Δεν έχει τρόπο να μετρήσει την ταχύτητα της καρέκλας.
7. Για να βρει την ταχύτητα της καρέκλας θα μετρήσει την απόσταση που έκανε, το χρόνο που χρειάστηκε και μετά θα εφαρμόσει κάποιο τύπο σε αυτά.
8. Για να βρει την ταχύτητα της καρέκλας θα μετρήσει την απόσταση που έκανε και τον χρόνο που χρειάστηκε και αυτά δεν ξέρει πώς να τα αξιοποιήσει παραπέρα.
9. Για να βρει την ταχύτητα της καρέκλας θα χρησιμοποιούσε κάποιο τύπο της Φυσικής, τον οποίο όμως δε θυμάται.

Άλλες αντιλήψεις και συμπεριφορές

10. Ορίζει την ταχύτητα ενός αντικειμένου ως «ο ρυθμός με τον οποίο κινείται».
11. Ορίζει την ταχύτητα ενός αντικειμένου ως «το πόσο γρήγορα ή αργά κινείται».
12. Η τελική απάντηση της σχετικά με την ταχύτητα της καρέκλας θα ήταν «έκανε τάδε μέτρα σε τάδε δευτερόλεπτα».

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.15
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ «ΤΑΧΥΤΗΤΑ»

	Σωστά				Λάθος					Αδιάφορα		
Επώνυμο	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Μαρία Α												
Βάια									•	•		
				•						•		
Ανθή							•			•		
							•		•		•	
Νατάσσα								•			•	•
		•						•			•	
Μελίνα				•	•				•			
				•	•			•				
Δημήτρης								•	•		•	•
	•								•			
Ελένη								•			•	•
						•					χ	
Βούλα		•		•			•					
	•							•				•
Χριστίνα												
Ανέτα							•		•		•	
							•					
Παρασκευή										•		•
		•						•				
Αγγελική		•	•	•								
		•		•								
Ολυμπία	•			•					•			
	•			•			•					
Μαρία Ν		•					•	•	•			
		•		•							•	
Γεωργία		•	•	•								
		•		•							•	
Ιφιγένεια												
Πηνελόπη												
Κατερίνα					χ	χ	χ	χ	χ			
					χ	χ	χ	χ	χ			
Στράτος							•				•	
							•			•		
Μαρία Φ									•		•	
							•		•		•	

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.16
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ «ΣΧΕΣΗ ΘΕΣΗΣ – ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ»

Σχέση Θέσης - Ταχύτητας

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων από τις συνεντεύξεις

Σωστές αντιλήψεις και συμπεριφορές

1. Η ταχύτητα και η θέση σχετίζονται.
2. Η ταχύτητα είναι η αιτία που αλλάζει η θέση/δηλώνει πόσο γρήγορα αλλάζει θέση το κινητό.
3. Αν γνωρίζω πληροφορίες για την θέση μπορώ να βρω πληροφορίες για την ταχύτητα.
4. Αν γνωρίζω πληροφορίες για την ταχύτητα μπορώ να βρω πληροφορίες για την θέση.
5. Βρίσκει θέση γνωρίζοντας ταχύτητα, μέσω των συντεταγμένων και του χρόνου.
6. Βρίσκει θέση γνωρίζοντας ταχύτητα, μέσω της απόστασης και του χρόνου.
7. Βρίσκει ταχύτητα γνωρίζοντας θέση, μέσω των Δs και Δt.

Λανθασμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές

8. Η θέση με την ταχύτητας δεν σχετίζονται.
9. Η θέση με την ταχύτητας δεν σχετίζονται, σχετίζεται μόνο με το χρόνο.
10. Συγχέει την έννοια της θέσης με το σημείο που μπορεί να έχει το αντικείμενο σε μια διαδρομή και τι μεταβολές πιθανόν έχει αυτή στην ταχύτητα του λόγω π.χ. φυσικών εμποδίων.
11. Πιστεύει ότι υπάρχει συναρτησιακή σχέση, π.χ. μεγάλη θέση, μεγάλη ταχύτητα.
12. Αν γνωρίζω πληροφορίες για την θέση δεν μπορώ να βρω πληροφορίες για την ταχύτητα.
13. Αν γνωρίζω πληροφορίες για την ταχύτητα δεν μπορώ να βρω πληροφορίες για την θέση.
14. Αν γνωρίζω πληροφορίες για την θέση δεν γνωρίζει αν μπορώ να βρω πληροφορίες για την ταχύτητα.
15. Αν γνωρίζω πληροφορίες για την ταχύτητα δεν γνωρίζει αν μπορώ να βρω πληροφορίες για την θέση.
16. Άσχετα με την ερώτηση μου, απαντά ότι θέση έχει όταν είναι ακίνητο, ενώ όταν κινείται δεν μπορούμε να πούμε για τη θέση του γιατί θα αλλάζει συνέχεια.

Άλλες αντιλήψεις και συμπεριφορές

17. Η θέση με την ταχύτητα σχετίζονται, αλλά άγνωστο με ποιο τρόπο.
18. Για να βρει πληροφορίες για το ένα μέγεθος γνωρίζοντας το άλλο, πρέπει να τα μελετήσει σε μια γραφική παράσταση.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.16
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ «ΣΧΕΣΗ ΘΕΣΗΣ – ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ»

		Σωστά							Λάθος								Αδιάφορα	
Επώνυμο		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Μαρία Α	Πριν	•	•																
	Μετά				•				•				•						•
Βάια	Πριν	•		•										•			•	•	
	Μετά	•		•	•	•		•										•	
Ανθή	Πριν			•	•														
	Μετά																		
Νατάσσα	Πριν	•	•												•				
	Μετά	•	•	•	•														•
Μελίνα	Πριν			•	•		•	•										•	
	Μετά			•	•	•	•											•	•
Δημήτρης	Πριν								•	•	•							•	
	Μετά												•	•					
Ελένη	Πριν																		
	Μετά																		
Βούλα	Πριν		•																
	Μετά			•	•		•	•											
Χριστίνα	Πριν										•		•	•				•	
	Μετά			•		•						•		•				•	
Ανέτα	Πριν														•	•		•	
	Μετά																	•	
Παρασκευή	Πριν																		
	Μετά																		
Αγγελική	Πριν										•							•	
	Μετά										•	•							
Ολυμπία	Πριν																		
	Μετά																		
Μαρία Ν	Πριν													•	•		•	•	
	Μετά								•			•	•	•					
Γεωργία	Πριν	•		•	•		•												
	Μετά	•	•	•	•		•	•											
Ιφιγένεια	Πριν																		
	Μετά																		
Πηνελόπη	Πριν																		
	Μετά																		
Κατερίνα	Πριν	•													•	•			
	Μετά	•													•				
Στράτος	Πριν																		
	Μετά																		
Μαρία Φ	Πριν				•													•	
	Μετά	•		••		•													

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.17 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ «ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΞΟΝΩΝ, ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ, ΑΝΑΦΟΡΑΣ»

Συστήματα Αξόνων, Συντεταγμένων, Αναφοράς

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων από τις συνεντεύξεις

Σωστές αντιλήψεις και συμπεριφορές

1. Η ερμηνεία που δίνει για το σύστημα αξόνων περιγράφει το σύστημα αξόνων μιας γραφικής παράστασης ή τους άξονες μόνους τους να τέμνονται.
2. Η ερμηνεία που δίνει για το σύστημα συντεταγμένων περιγράφει το σύστημα συντεταγμένων ως αριθμημένους άξονες που προσδιορίζουν τις συντεταγμένες ενός σημείου στο επίπεδο.
3. Η ερμηνεία που δίνει για το σύστημα αναφοράς περιγράφει το σύστημα αναφοράς που σχετίζεται με τον τρόπο παρατήρησης της κίνησης και (ενδεχομένως) μπορούμε να το μετακινήσουμε/στρίψουμε.

Λανθασμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές

4. Οι 3 όροι έχουν την ίδια σημασία.
5. Το σύστημα αξόνων και το σύστημα συντεταγμένων ταυτίζονται.
6. Το σύστημα αξόνων και το σύστημα αναφοράς ταυτίζονται.
7. Το σύστημα συντεταγμένων και το σύστημα αναφοράς ταυτίζονται.
8. Η ερμηνεία που δίνει για το σύστημα συντεταγμένων περιγράφει είτε τον τρόπο που αποδίδουμε συντεταγμένες σε ένα σημείο ή το ίδιο το σημείο.

Άλλες αντιλήψεις και συμπεριφορές

9. Δεν έχει ξανακούσει τον όρο Σύστημα Αναφοράς.
10. Η ερμηνεία που δίνει για το «σύστημα» περιγράφει το σύστημα συντεταγμένων.
11. Η ερμηνεία που δίνει για το «σύστημα» περιγράφει το σύστημα αναφοράς.
12. Η ερμηνεία που δίνει για το «σύστημα» περιγράφει το σύστημα αξόνων.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.17 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ «ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΞΟΝΩΝ, ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ, ΑΝΑΦΟΡΑΣ»

		Σωστά			Λάθος					Αδιάφορα			
Επώνυμο		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Μαρία Α	Πριν												
	Μετά												
Βάια	Πριν				•							•	
	Μετά				•						•	•	
Ανθή	Πριν	•	•							•			
	Μετά				•						•	•	•
Νατάσσα	Πριν	•							•	•			
	Μετά	•	•	•									
Μελίνα	Πριν												
	Μετά												
Δημήτρης	Πριν					•				•	•		•
	Μετά				•						•		•
Ελένη	Πριν			•		•							•
	Μετά	•	•	•									
Βούλα	Πριν	•	•	•		•							
	Μετά	•	•	•									
Χριστίνα	Πριν				•								•
	Μετά				•						•		
Ανέτα	Πριν				•						•		•
	Μετά				•						•		•
Παρασκευή	Πριν												
	Μετά												
Αγγελική	Πριν					•				•	•		•
	Μετά			•		•							•
Ολυμπία	Πριν				•						•		•
	Μετά				•						•		•
Μαρία Ν	Πριν				•								•
	Μετά				•								•
Γεωργία	Πριν	•	•										
	Μετά	•	•				•						
Ιφιγένεια	Πριν												
	Μετά												
Πηνελόπη	Πριν												
	Μετά												
Κατερίνα	Πριν											•	
	Μετά	•					•		•				
Στράτος	Πριν	•							•	•			
	Μετά				•						•		•
Μαρία Φ	Πριν					•				•			•
	Μετά				•								•

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.18
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ «ΧΡΟΝΟΣ ΩΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΙ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ»

Χρόνος ως Δυναμική και Ανεξάρτητη Μεταβλητή

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων από τις συνεντεύξεις

Σωστές αντιλήψεις και συμπεριφορές

1. Πιστεύει ότι ο χρόνος παριστάνεται καλύτερα στον οριζόντιο άξονα.
2. Ο χρόνος παριστάνεται καλύτερα στον οριζόντιο άξονα γιατί είναι η μεταβλητή συναρτήσει της οποίας εξετάζουμε την μεταβολή των άλλων μεγεθών.
3. Ο χρόνος παριστάνεται καλύτερα στον οριζόντιο άξονα γιατί είναι η μεταβλητή συναρτήσει της οποίας εξετάζουμε την μεταβολή των άλλων μεγεθών (όχι ρητώς εκπεφρασμένο).
4. Εκφράζει την αντίληψη ότι ο χρόνος έχει την ιδιαιτερότητα ότι δε μπορεί να παραμείνει σταθερός/αυξάνει πάντοτε.
5. Εκφράζει την αντίληψη ότι ο χρόνος έχει την ιδιαιτερότητα ότι δε μπορεί να πάρει αρνητικές τιμές.

Λανθασμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές

6. Δεν γνωρίζει σε ποιον άξονα θα αναπαριστούσαμε καλύτερα τον χρόνο.
7. Αναπαριστούμε τον χρόνο στον οριζόντιο άξονα λόγω συνήθειας/σύμβασης.
8. Αναπαριστούμε τον χρόνο στον οριζόντιο άξονα για λόγους ευκολίας.
9. Δεν μπορεί να αιτιολογήσει γιατί διαλέγουμε τον οριζόντιο άξονα για να αναπαραστήσουμε το χρόνο.
10. Πιστεύει ότι ο χρόνος δεν έχει ιδιαιτερότητες σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταβλητές.

Άλλες αντιλήψεις και συμπεριφορές

11. Παριστάνουμε τον χρόνο στον οριζόντιο άξονα γιατί μοιάζει με τη χρονογραμμή (timeline).
12. Πιστεύει ότι επί της ουσίας δεν έχει σημασία ποιον άξονα θα διαλέξουμε.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.18
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ «ΧΡΟΝΟΣ ΩΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΙ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ»

		Σωστά					Λάθος					Αδιάφορα	
Επώνυμο		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Μαρία Α	Πριν	•		•					•				
	Μετά	•							•	•			
Βάια	Πριν	•						•			•		•
	Μετά	•								•			•
Ανθή	Πριν						•						
	Μετά	•						•			•		•
Νατάσσα	Πριν	•						•		•			
	Μετά	•			•			•					•
Μελίνα	Πριν	•		•					•				•
	Μετά	•							•			•	•
Δημήτρης	Πριν	•							•	•			
	Μετά	•			•			•					•
Ελένη	Πριν	•		•	•								
	Μετά	•			•			•	•				•
Βούλα	Πριν	•								•			•
	Μετά	•		•	•			•					•
Χριστίνα	Πριν	•	•							•			
	Μετά	•	•										•
Ανέτα	Πριν	•						•	•				•
	Μετά			•					•				•
Παρασκευή	Πριν												
	Μετά												
Αγγελική	Πριν	•		•							•		
	Μετά	•		•					•				•
Ολυμπία	Πριν	•		•							•		
	Μετά	•		•	•	•		•					
Μαρία Ν	Πριν	•		•				•		•	•		•
	Μετά	•						•			•		•
Γεωργία	Πριν	•						•					
	Μετά	•				•		•	•				•
Ιφιγένεια	Πριν												
	Μετά												
Πηνελόπη	Πριν												
	Μετά												
Κατερίνα	Πριν												
	Μετά												
Στράτος	Πριν	•								•			•
	Μετά	•								•			•
Μαρία Φ	Πριν	•								•			
	Μετά	•						•		•			

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.19
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ «ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ – ΧΡΟΝΟΥ»

Γραφική Παράσταση Ταχύτητας - Χρόνου

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων από τις συνεντεύξεις

Σωστές αντιλήψεις και συμπεριφορές

1. Ερμηνεύει την I ως κίνηση με σταθερή ταχύτητα.
2. Ερμηνεύει την II ως κίνηση με σταθερή ταχύτητα αλλά αντίθετη φορά από την I.
3. Ερμηνεύει την II ως κίνηση με σταθερή ταχύτητα, αλλά κάποια μεταβολή έχει γίνει στο σύστημα αναφοράς.
4. Ερμηνεύει την III-β ως φρενάρισμα (ή άφημα γκαζιού) και σταμάτημα όπου y=0 και στο αρνητικό τμήμα επιταχύνει πάλι προς την αντίθετη όμως κατεύθυνση.

Λανθασμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές

5. Ερμηνεύει την I ως ακινησία για τον αθλητή ή το αυτοκίνητο.
6. Πιστεύει πως η II δεν μπορεί να υπάρξει.
7. Ερμηνεύει την II ως επιβράδυνση.
8. Ερμηνεύει την III-β ως φρενάρισμα (ή άφημα γκαζιού) και σταμάτημα όπου y=0 και το αρνητικό τμήμα το απορρίπτει.
9. Ερμηνεύει την III-β ως φρενάρισμα (ή άφημα γκαζιού) και σταμάτημα όπου y=0 και στο αρνητικό τμήμα εξακολουθεί να σταματάει ή είναι απλώς σταματημένο.

Άλλες αντιλήψεις και συμπεριφορές

10. Πιστεύει πως η II μπορεί να υπάρξει αλλά δεν γνωρίζει σε τι αντιστοιχεί.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.19
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ «ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ – ΧΡΟΝΟΥ»

		Σωστά				Λάθος					Αδιάφορα
Επώνυμο		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Μαρία Α	Πριν	•			x	•	•		x	x	
	Μετά	•			x				x	x	•
Βάια	Πριν										
	Μετά										
Ανθή	Πριν	•					•		•		
	Μετά	•		•			•	•			
Νατάσσα	Πριν	•									•
	Μετά	•						•		•	
Μελίνα	Πριν	•	•				•		•		
	Μετά	•			•		•				
Δημήτρης	Πριν										
	Μετά										
Ελένη	Πριν	•					•	•		•	
	Μετά	•					•				
Βούλα	Πριν	•					•		•		
	Μετά	•								•	•
Χριστίνα	Πριν	•				•					•
	Μετά	•	•		•						
Ανέτα	Πριν	•								•	•
	Μετά	•	•	•					•		
Παρασκευή	Πριν	•						•		•	
	Μετά	•								•	
Αγγελική	Πριν	•	•		•						
	Μετά	•	•		•						
Ολυμπία	Πριν	•			x				x	x	
	Μετά	•			x				x	x	
Μαρία Ν	Πριν	•								•	•
	Μετά	•	•		•						
Γεωργία	Πριν	•			•			•	•		
	Μετά	•					•		•		
Ιφιγένεια	Πριν										
	Μετά										
Πηνελόπη	Πριν										
	Μετά										
Κατερίνα	Πριν	•					•			•	
	Μετά	•									•
Στράτος	Πριν	•					•		•		
	Μετά	•					•		•		
Μαρία Φ	Πριν	•					•		•		
	Μετά	•		•					•	•	

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.20
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ «ΑΛΛΑΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ»

Αλλαγή Συστήματος Αναφοράς και Γραφικές Παραστάσεις

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων από τις συνεντεύξεις

Σωστές αντιλήψεις και συμπεριφορές

1. Εν γένει θα αλλάξουν οι γραφικές παραστάσεις.
2. Ο λόγος που αλλάζουν (έστω μόνο η θέση) είναι ότι αλλάζει ο τρόπος που μετράμε τη θέση (ή οι συντεταγμένες).
3. Θα αλλάξουν γιατί, άλλαξαν και στο βίντεο. Δεν γνωρίζει όμως το λόγο.

Λανθασμένες αντιλήψεις και συμπεριφορές

4. Δεν θα αλλάξουν οι γραφικές παραστάσεις γιατί δεν παίζει ρόλο η θέση του συστήματος αναφοράς αλλά η κίνηση (ή τα μεγέθη στους άξονες).
5. Η μορφή θα παραμείνει ίδια, αλλά θα αλλάξουν οι τιμές στις γραφικές παραστάσεις.
6. Θα αλλάξει μόνο το πρόσημο των τιμών.
7. Δε θα αλλάξουν, γιατί ούτε στο Videopoint άλλαζαν.
8. Συγχέει μερικώς ή τελείως το σύστημα αναφοράς με ένα σύστημα αξόνων γραφικής παράστασης.

Άλλες αντιλήψεις και συμπεριφορές

9. Η γραφική παράσταση της θέσης θα αλλάξει σίγουρα, αλλά δεν είναι σίγουρο ότι θα συμβεί το ίδιο και για τις γραφικές παραστάσεις της ταχύτητας και της επιτάχυνσης.
10. Θα αλλάξουν αλλά δεν μπορεί να αιτιολογήσει το γιατί.
11. Δεν μπορεί να αποφανθεί για το αν θα αλλάξουν οι γραφικές παραστάσεις.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.20
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ «ΑΛΛΑΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ»

		Σωστά			Λάθος					Αδιάφορα		
Επώνυμο		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Μαρία Α	Πριν				•				•			
	Μετά	•									•	
Βάια	Πριν				•							
	Μετά					•						
Ανθή	Πριν											•
	Μετά			•								
Νατάσσα	Πριν		•		•				•	•		
	Μετά	•	•							•		
Μελίνα	Πριν	•							•			
	Μετά					•			•	•		
Δημήτρης	Πριν	•										
	Μετά						•					
Ελένη	Πριν				•							
	Μετά				•							
Βούλα	Πριν								•			
	Μετά								•			
Χριστίνα	Πριν	•	•		•					•		
	Μετά	•	•							•		
Ανέτα	Πριν	•	•							•		
	Μετά					•						
Παρασκευή	Πριν											•
	Μετά							•				
Αγγελική	Πριν	•	•									
	Μετά	•	•									
Ολυμπία	Πριν											•
	Μετά	•	•	•						•		
Μαρία Ν	Πριν											•
	Μετά	•				•	•					
Γεωργία	Πριν	•	•						•	•		
	Μετά	•					•			•		
Ιφιγένεια	Πριν											
	Μετά											
Πηνελόπη	Πριν											
	Μετά											
Κατερίνα	Πριν				•				•			
	Μετά	•	•									
Στράτος	Πριν											•
	Μετά	•	•	•								
Μαρία Φ	Πριν				•							
	Μετά	•	•	•						•		

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ