

Η συμβολή των MBL στην κατανόηση κινηματικών φαινομένων και των αντίστοιχων αναπαραστάσεων

Κ. Γεωργόπουλος¹, Ι. Μπέλλου², Τ. Α. Μικρόπουλος¹

¹Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, kgeorgop@gmail.com, amikrop@uoi.gr

²Σχολική Σύμβουλος Πληροφορικής ν. Ιωαννίνων, Άρτας, ibellou@sch.gr

Περίληψη

Οι φοιτητές αντιμετωπίζουν δυσκολία στη δημιουργία συνδέσεων μεταξύ πραγματικών κινήσεων και των γραφικών παραστάσεων μεταβολής των σχετικών φυσικών μεγεθών. Η παρούσα εργασία θεωρώντας ότι ο αποτελεσματικότερος τρόπος σύνδεσης αποτελεί η μελέτη των φυσικών φαινομένων, αξιολογεί τη δεξιότητα φοιτητών στη μετάβαση μεταξύ κινηματικών φαινομένων και των αντίστοιχων αναπαραστάσεων σε δύο περιπτώσεις, της αλλαγής του συστήματος αναφοράς και της αλλαγής της επιτάχυνσης μέσω ενός συστήματος MBL. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι φοιτητές θεωρητικής κατεύθυνσης παρουσιάζουν μεγαλύτερη βελτίωση, ξεκινώντας και παραμένοντας όμως σε χαμηλότερα γνωστικά επίπεδα Solo από φοιτητές θετικής – τεχνολογικής. Επίσης υπάρχουν ενδείξεις που συμφωνούν με τη βιβλιογραφία ότι για την κατανόηση των αναπαραστάσεων κινηματικών φαινομένων απαιτείται η αμφίδρομη μετάβαση των φοιτητών μεταξύ φαινομένου και αναπαραστάσεων.

Λέξεις κλειδιά: *μετάβαση, αναπαραστάσεις, κινηματικά φαινόμενα, μεθοδολογία Solo*

1. Εισαγωγή

Κατά τη μελέτη φυσικών φαινομένων στην εισαγωγική φυσική, πολλοί φοιτητές ενώ κατανοούν τις έννοιες της φυσικής και έχουν τις απαραίτητες μαθηματικές δεξιότητες (σχεδιασμός γραφικών παραστάσεων, υπολογισμός κλίσεων κλπ), δυσκολεύονται να συσχετίσουν τη χρονική εξέλιξη των φαινομένων με τις γραφικές παραστάσεις των φυσικών μεγεθών που το αναπαριστούν (McDermott, Rosenquist & van Zee, 1987).

Ειδικότερα στη μελέτη της κινηματικής πολλοί φοιτητές συγχέουν την αλγεβρική σχέση δύο μεταβλητών με την εικόνα της πειραματικής διαδικασίας που μελετούν, με αποτέλεσμα να δυσκολεύονται να θεωρήσουν τη γραφική παράσταση των φυσικών μεγεθών ως μια αφαιρετική αναπαράσταση σχέσεων (Hadjidemetriou & Williams, 2000; Lapp, 1999). Κατά συνέπεια οι φοιτητές πρέπει να διακρίνουν τις δύο εικόνες της κατάστασης του προβλήματος και της γραφικής παράστασης του φυσικού μεγέθους που αναπαρίσταται (Clement, 1985).

Η ανωτέρω δυσκολία διάκρισης δυσχεραίνει τη μελέτη των κινηματικών φαινομένων και έχει διαπιστωθεί ότι οι φοιτητές χρειάζονται εργαστηριακή εμπειρία ώστε να είναι σε θέση να κάνουν τις συνδέσεις μεταξύ των πραγματικών κινήσεων και των αντίστοιχων αναπαραστάσεων (McDermott, Rosenquist & van Zee, 1987).

Για τη διευκόλυνση της μετάβασης (transition) από το φαινόμενο στην αναπαράσταση και το αντίστροφο, σημαντικό εργαλείο αποτελεί ο σχηματισμός των γραφικών παραστάσεων ταυτόχρονα με την εξέλιξη της πειραματικής διαδικασίας. Τη δυνατότητα αυτή παρέχουν τα συστήματα MBL (Microcomputer Based Laboratories) που βοηθούν τους φοιτητές να αντιμετωπίσουν τις γραφικές παραστάσεις ως δυναμικές σχέσεις και όχι ως στατικές εικόνες (Linn, Layman & Nachmias, 1987) (σελ. 245), διευκολύνοντας τη μετάβαση (Brassel, 1987).

Οι διατάξεις MBL καταγράφουν και εμφανίζουν τα πειραματικά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και αποτελούνται:

- από αισθητήρες (sensors), συσκευές που ανιχνεύουν τις μεταβολές φυσικών μεγεθών και τις μετατρέπουν σε ηλεκτρικά σήματα
- καταγραφείς δεδομένων (data loggers) που συγκεντρώνουν τις μετρήσεις από τους αισθητήρες, τις ψηφιοποιούν και τις μεταβιβάζουν στον υπολογιστή για επεξεργασία
- το λογισμικό διαχείρισης που αναλύει τα πειραματικά δεδομένα και δημιουργεί γραφικές παραστάσεις σε πραγματικό χρόνο.

Τα MBL βοηθούν στην ανάπτυξη μαθησιακών περιβαλλόντων ανακαλυπτικής προσέγγισης στα οποία οι χρήστες σχεδιάζουν και πραγματοποιούν έρευνες, συλλέγουν δεδομένα και πειραματίζονται μεταξύ εναλλακτικών υποθέσεων και ερμηνειών (Unesco, 2003). Οι γραφικές παραστάσεις που σχηματίζονται ταυτόχρονα με την εξέλιξη του πειράματος δημιουργούν μια από τις αποτελεσματικότερες προσεγγίσεις για την άμεση σύνδεση φαινομένου – αναπαράστασης – μαθηματικού συμβολισμού (Beichner, 1994; Svec 1999; Ainley, Nardi & Pratt, 1999).

Η εγκαθίδρυση νοητικών συνδέσεων μεταξύ των οπτικών χαρακτηριστικών των φυσικών φαινομένων και των αφαιρετικών χαρακτηριστικών των αναπαραστάσεων συμβάλλει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων χειρισμού των γραφικών παραστάσεων και συντελεί στην κατανόηση του περιεχομένου των εννοιών που αναπαρίστανται (Μώλ, 2001; Καράνης κ.α., 2000; Μπισδικιάν & Ψύλλος, 1998).

Ειδικότερα στη μελέτη της κινηματικής η εφαρμογή των συστημάτων MBL βοηθά τους φοιτητές να ελέγχουν ενεργά τις γραφικές παραστάσεις που σχηματίζονται συσχετίζοντας τις μεταβολές παραμέτρων του πειράματος και των αναπαραστάσεων των αντίστοιχων φυσικών μεγεθών δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για τη βελτίωση της μεταξύ τους αμφίδρομης μετάβασης (Gipps, 2002).

Η παρούσα εργασία λαμβάνοντας υπόψη ότι ο παραδοσιακός τρόπος διδασκαλίας δεν ενδείκνυται για την κατανόηση των γραφικών παραστάσεων της κινηματικής (Beichner, 1994; McDermott, Rosenquist & van Zee, 1987) προτείνει τα συστήματα MBL για τη διδακτική παρέμβαση στο πλαίσιο των αναπαραστάσεων των φυσικών μεγεθών θέσης, ταχύτητας και επιτάχυνσης που σχηματίζονται ταυτόχρονα με την εξέλιξη της πειραματικής διαδικασίας. Σε αυτό το πλαίσιο, διερευνάται η δεξιότητα μετάβασης των φοιτητών μεταξύ α) κινηματικών φαινομένων και των αντίστοιχων γραφικών παραστάσεων $x(t)$, $v(t)$ και $a(t)$ και αντίστροφα, δηλαδή β) μεταξύ γραφικών παραστάσεων των φυσικών μεγεθών θέσης, ταχύτητας και επιτάχυνσης και των κινηματικών φαινομένων που μπορεί να αναπαριστούν, σε δύο διαφορετικές περιπτώσεις, κατά την αλλαγή του συστήματος αναφοράς και κατά την αλλαγή της επιτάχυνσης.

2. Μεθοδολογία

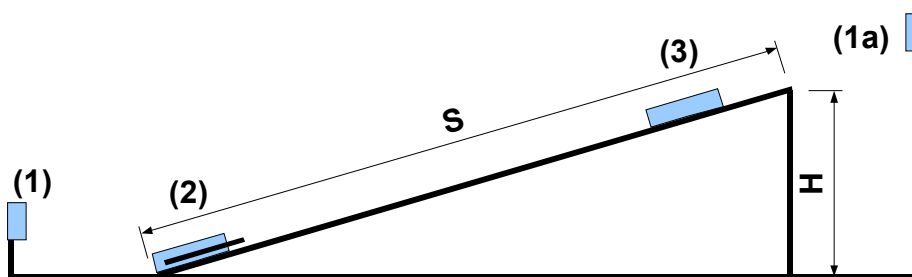
Το ερευνητικό ερώτημα στην παρούσα εργασία αφορά στη διερεύνηση της επίδρασης του τρόπου αλλαγής των αναπαραστάσεων στη δεξιότητα των φοιτητών να μεταβαίνουν μεταξύ κινηματικών φαινομένων και των αντίστοιχων αναπαραστάσεών τους.

Το δείγμα ήταν 84 πρωτοετείς φοιτητές και φοιτήτριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Οι φοιτητές χωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες με βάση την κατεύθυνση που είχαν επιλέξει στο Λύκειο. Η πρώτη κατηγορία αποτελούνταν από 46 φοιτητές θεωρητικής κατεύθυνσης με ικανοποιητικό βαθμό επίδοσης στα μαθηματικά γενικής παιδείας της Γ' Λυκείου. Η δεύτερη κατηγορία αποτελούνταν από 38 φοιτητές θετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης. Κάθε κατηγορία χωρίστηκε σε δύο ισοδύναμες πειραματικές ομάδες, με κριτήριο την επίδοσή τους στα μαθηματικά της γενικής παιδείας της Γ' Λυκείου.

Οι φοιτητές συμμετείχαν σε δύο ωριαίες δραστηριότητες με το σύστημα MBL. Πριν και μετά τη διαδικασία, οι φοιτητές απάντησαν σε ερωτήματα σχετικά με τις δύο δραστηριότητες που ανέπτυξαν. Η πρώτη δραστηριότητα ήταν κοινή για όλους, ενώ η δεύτερη διαφορετική για κάθε μία από δύο ομάδες που δημιουργήθηκαν. Η μία ομάδα ασχολήθηκε με την αλλαγή του συστήματος αναφοράς και η δεύτερη με την αλλαγή της επιτάχυνσης.

Οι δραστηριότητες περιελάμβαναν μελέτη των αναπαραστάσεων πραγματικών κινήσεων, τη μεταβολή ενός παράγοντα (σύστημα αναφοράς ή επιτάχυνση) που επηρεάζει τις αναπαραστάσεις του φαινομένου, και στη συνέχεια την επανάληψη του πειράματος.

Η πειραματική διαδικασία φαίνεται στο Σχήμα 1. Αποτελείται από ένα κεκλιμένο επίπεδο, ένα όχημα που κινείται κατά μήκος του με ελάχιστες τριβές και προς τις δύο κατευθύνσεις (σημείο 3), ένα εμπόδιο στα άκρα του οποίου είναι προσαρμοσμένο ένα ελατήριο (σημείο 2) στο οποίο το κινητό προσκρούει και αλλάζει φορά κίνησης και έναν αισθητήρα κίνησης που καταγράφει τα πειραματικά δεδομένα (σημείο 1).



Σχήμα 1: Απεικόνιση της πειραματικής διάταξης που χρησιμοποιήθηκε για τις δραστηριότητες των φοιτητών

Το κινητό αφήνεται από την κορυφή του κεκλιμένου επιπέδου, κινείται και προσκρούει στο ελατήριο. Αλλάζει η φορά της κίνησης και μεταξύ δύο διαδοχικών κρούσεων εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση με σταθερή, αρνητική επιτάχυνση. Η αλλαγή των αναπαραστάσεων πραγματοποιείται με διαφορετικό τρόπο για κάθε πειραματική ομάδα. Η πρώτη αλλάζει το ύψος H και κατά συνέπεια την επιτάχυνση, ενώ η δεύτερη τη θέση του αισθητήρα κίνησης (σημείο 1a). Με τον τρόπο αυτό αλλάζει το σύστημα αναφοράς και η μορφή των αναπαραστάσεων (αντιστροφή κατά 180° στις γραφικές παραστάσεις και στα πρόσημα των αλγεβρικών εξισώσεων).

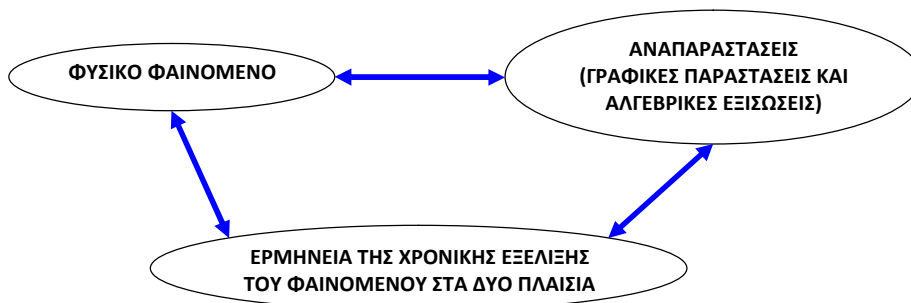
Θεωρώντας ότι οι καθοδηγούμενες δραστηριότητες βελτιώνουν τη δεξιότητα μετάβασης μεταξύ του φυσικού φαινομένου και των αναπαραστάσεών του οι φοιτητές:

- συγκρίνουν τις προβλέψεις τους με τις γραφικές παραστάσεις που σχηματίζονται ώστε να παροτρύνεται η εννοιολογική αλλαγή
- αντιστοιχίζουν τις χρονικές στιγμές του πειράματος με την εξέλιξη των αναπαραστάσεων των φυσικών μεγεθών που μελετούνται
- ερμηνεύουν χαρακτηριστικά σημεία της κίνησης όπως στιγμιαίους μηδενισμούς της ταχύτητας, μέγιστες τιμές, ελάχιστες τιμές, σημεία που αλλάζει η κλίση και σημεία με μεγάλη ως μικρή κλίση, κλπ
- συσχετίζουν την αλλαγή των αναπαραστάσεων με την αλλαγή της μεταβλητής. (για την ολοκλήρωση της δεύτερης δραστηριότητας).

Η ανωτέρω μεθοδολογική προσέγγιση δίνει τη δυνατότητα στους φοιτητές να συζητούν μεταξύ τους και να υποστηρίζουν την άποψή τους.

Κατά τη διάρκεια κάθε πειράματος στην οθόνη του υπολογιστή κάθε φοιτητή εμφανίζονται ταυτόχρονα με κοινό άξονα χρόνου, οι γραφικές παραστάσεις και αλγεβρικές εξισώσεις των φυσικών μεγεθών $x(t)$, $v(t)$ και $a(t)$, που αναπαριστούν το ίδιο φυσικό φαινόμενο.

Το μοντέλο μετάβασης των φοιτητών μεταξύ του φυσικού φαινομένου και των αναπαραστάσεων των φυσικών μεγεθών θέσης, ταχύτητας και επιτάχυνσης (και προς τις δύο κατευθύνσεις) χρησιμοποιεί ως κυριότερο εργαλείο την ερμηνεία και την αντιστοίχιση της χρονικής εξέλιξης στα δύο πλαίσια όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2: Το μοντέλο μετακίνησης μεταξύ του φυσικού φαινομένου και των αναπαραστάσεών του.

Η καταγραφή των απαντήσεων των φοιτητών έγινε μέσω ερωτηματολογίου, το οποίο περιελάμβανε πέντε ερωτήσεις με τις συνοδευτικές τους παραστάσεις. Οι τρεις πρώτες αφορούσαν στο παρακάτω πρόβλημα.

Μια μπάλα εκτοξεύεται κατακόρυφα προς τα πάνω από το χέρι ενός παιδιού με αρχική ταχύτητα v_0 . Η πορεία που διαγράφει φαίνεται στο διπλανό σχήμα. (Θεωρούμε ότι η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα και ως θετική κατεύθυνση η προς τα πάνω).

- 1) Ποιό από τα ακόλουθα διαγράμματα θα μπορούσε να απεικονίζει τη θέση της μπάλας σε συνάρτηση του χρόνου; (μετάβαση από το φαινόμενο στη γραφική παράσταση $x(t)$).
- 2) Ποιό από τα ακόλουθα διαγράμματα θα μπορούσε να απεικονίζει την ταχύτητα της μπάλας σε συνάρτηση του χρόνου; (μετάβαση από το φαινόμενο στη γραφική παράσταση $v(t)$).
- 3) Ποιό από τα ακόλουθα διαγράμματα θα μπορούσε να απεικονίζει την επιτάχυνση της μπάλας σε συνάρτηση του χρόνου; (μετάβαση από το φαινόμενο στη γραφική παράσταση $a(t)$).

Οι άλλες δύο ερωτήσεις ήταν οι παρακάτω:

4) Θεωρείστε τις ακόλουθες γραφικές παραστάσεις, παρατηρώντας τους διαφορετικούς άξονες. Ποια ή ποιές απ' αυτές θα μπορούσαν να αναπαριστούν ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση; (μετάβαση από τις αναπαραστάσεις των φυσικών μεγεθών θέσης, ταχύτητας και επιτάχυνσης σε πιθανά κινηματικά φαινόμενα).

5) Δίνεται η γραφική παράσταση της κίνησης ενός κινητού. Ποια πρόταση δίνει την σωστή ερμηνεία της κίνησης του κινητού; (μετάβαση από τις αναπαραστάσεις φυσικών μεγεθών θέσης, ταχύτητας και επιτάχυνσης στο αντίστοιχο κινηματικό φαινόμενο).

Το ερωτηματολόγιο απαντήθηκε πριν και μετά τη διεξαγωγή τους πειράματος από τους φοιτητές. Κάθε φοιτητής απαντούσε και δικαιολογούσε την απάντησή του.

Για τη διερεύνηση της γνώσης των φοιτητών επιλέχθηκε ποιοτική ανάλυση των απαντήσεων τους και συγκεκριμένα η ταξινομία SOLO (Structure of the Observed Learning Outcomes) (Biggs & Collins 1982). Η ταξινομία κατηγοριοποιεί τις απαντήσεις σε ιεραρχικά επίπεδα, τα οποία εκφράζουν την εξελικτική πορεία της διαδικασίας οικοδόμησης της γνώσης. Παρέχει έναν συστηματικό τρόπο περιγραφής της γνωστικής ιεραρχίας που εμφανίζουν οι φοιτητές κατά την πραγματοποίηση μιας δραστηριότητας. Σύμφωνα με την ταξινομία SOLO, η γνώση του φοιτητή μπορεί να καταταχθεί σε κάποιο από τα πέντε παρακάτω ιεραρχικά επίπεδα (Μπέλλου, 2003, Γεωργόπουλος κ.α., 2009):

1. Πρώτο επίπεδο προ-δομικό, πρώιμο
2. Δεύτερο επίπεδο μονο-παραγοντικό, μονο-δομικό
3. Τρίτο επίπεδο πολύ-παραγοντικό, παραθετικό, πολύ-δομικό
4. Τέταρτο επίπεδο συσχετιστικό, συνδυαστικό, συνθετικό
5. Πέμπτο επίπεδο θεωρητικής γενίκευσης, εκτεταμένης θεώρησης.

Η ταξινόμηση των απαντήσεων των ερωτήσεων δίνεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Ταξινόμηση των απαντήσεων κατά Solo των ερωτήσεων (οι παρενθέσεις αντιστοιχούν στις ερωτήσεις 4 και 5).

ΕΠΙΠΕΔΟ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ
1 ^ο προδομικό	Δεν απαντά, απαντά λάθος ή περιγράφει απλά το φαινόμενο (ή την καμπύλη)
2 ^ο μονοδομικό	Στην περιγραφή του φαινομένου (της καμπύλης) αναφέρει απλά την εξέλιξη μόνο ενός των μεγεθών: θέση, ταχύτητα, επιτάχυνση, (παραγόντων: θέση, μορφή καμπύλης), είδος κίνησης
3 ^ο πολυδομικό	Στην περιγραφή του φαινομένου (της καμπύλης) αναφέρει την εξέλιξη δύο ή περισσότερων από τα ανωτέρω χωρίς να τα συσχετίζει κατάλληλα
4 ^ο συσχετιστικό	Στην περιγραφή του φαινομένου (της καμπύλης) αναφέρει την εξέλιξη δύο ή περισσότερων από τα ανωτέρω, τα συσχετίζει σωστά και καταλήγει σε συμπέρασμα

5 ^ο εκτεταμένης θεώρησης	Λαμβάνει υπόψη το φαινόμενο (τη μορφή της καμπύλης), εστιάζει στο είδος της κίνησης, συνδυάζει την μορφή της καμπύλης (τη μαθηματική έννοια με το φυσικό μέγεθος) και εντάσσει τη συγκεκριμένη περίπτωση στο γενικό πλαίσιο
--	---

3. Αποτελέσματα

Οι απαντήσεις των φοιτητών παρουσιάζονται μέσω των ιεραρχικών επιπέδων Solo, ως μέσοι όροι των επιπέδων των φοιτητών κάθε ομάδας πριν και μετά την παρέμβαση. Ο μέσος όρος για τις τρεις πρώτες ερωτήσεις (1 – 3) αναφέρεται στη μετάβαση από το φαινόμενο στις αναπαραστάσεις $x(t)$, $v(t)$, $a(t)$. Ο μέσος όρος για τις ερωτήσεις 4 και 5 αφορά στην αντίστροφη μετάβαση, από τις αναπαραστάσεις των παραπάνω μεγεθών σε πιθανά κινηματικά φαινόμενα.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Όπως φαίνεται, όλοι οι φοιτητές της θεωρητικής κατεύθυνσης ξεκινούν από το μεταβατικό στάδιο μεταξύ του πρώτου, προδομικού και δεύτερου, μονοδομικού επιπέδου Solo. Μετά την παρέμβαση με το MBL οι φοιτητές μετακινούνται σε όλες τις περιπτώσεις εκτός μίας κατά ένα επίπεδο, στο μεταβατικό στάδιο μεταξύ του δεύτερου, μονοδομικού και τρίτου, πολυδομικού επιπέδου. Οι φοιτητές, από τις πρώτες απλοϊκές απαντήσεις τους, περνούν σε ένα επίπεδο που χαρακτηρίζεται από την παράθεση στοιχείων χωρίς σαφή συσχετισμό τους, αναφέροντας για παράδειγμα απλά την εξέλιξη ενός ή περισσότερων μεγεθών. Φαίνεται ότι για τους φοιτητές της θεωρητικής κατεύθυνσης, παρότι ξεκινούν και παραμένουν σε χαμηλά επίπεδα, το MBL παρέχοντας ταυτόχρονη παρατήρηση του φαινομένου και της αναπαράστασης των σχετικών φυσικών μεγεθών, συμβάλλει στη βελτίωση του γνωστικού τους επιπέδου.

Οι φοιτητές που προέρχονται από τη θετική και τεχνολογική κατεύθυνση ξεκινούν από ανώτερα επίπεδα Solo από ότι οι φοιτητές της θεωρητικής, γεγονός αναμενόμενο. Και οι δύο ομάδες των φοιτητών της θετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης ανέβηκαν κατά ένα επίπεδο στην περίπτωση της μετάβασης από το φαινόμενο στις αναπαραστάσεις, φτάνοντας στο μεταβατικό στάδιο μεταξύ του τρίτου, πολυδομικού και τέταρτου, συσχετιστικού επιπέδου. Φαίνεται ότι η παρέμβαση με το MBL συνέβαλε ικανοποιητικά στην περιγραφή του φαινομένου, την εξέλιξη δύο ή περισσότερων μεγεθών, την ορθή μεταξύ τους συσχέτιση, και την κατάληξη σε συμπέρασμα. Στην περίπτωση της μετάβασης από τις αναπαραστάσεις στο φαινόμενο, οι φοιτητές ξεκινούν από ήδη σχετικά υψηλό επίπεδο (μεταβατικό στάδιο μεταξύ τρίτου και τέταρτου επιπέδου) και παραμένουν στο ίδιο και μετά την παρέμβαση με το MBL.

Πίνακας 2: Μέσοι όροι επιπέδων Solo κατά την αμφίδρομη μετάβαση μεταξύ φαινομένου και αναπαραστάσεων.

ΟΜΑΔΕΣ	ΜΕΤΑΒΑΣΗ	
	ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ → ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ → ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ
ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ		
ΑΛΛΑΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	μεταβατικό 1 → 2 σε μεταβατικό 2 → 3	μεταβατικό 1 → 2 σε 3
ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ		
ΑΛΛΑΓΗ ΚΛΙΣΗΣ	μεταβατικό 1 → 2 σε μεταβατικό 2 → 3	μεταβατικό 1 → 2 σε μεταβατικό 2 → 3
ΘΕΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ		
ΑΛΛΑΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ	μεταβατικό 2 → 3 σε μεταβατικό 3 → 4	μεταβατικό 3 → 4 χωρίς μετάβαση
ΘΕΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ		
ΑΛΛΑΓΗ ΚΛΙΣΗΣ	μεταβατικό 2 → 3 σε μεταβατικό 3 → 4	μεταβατικό 3 → 4 χωρίς μετάβαση

Την παραπάνω ποιοτική ανάλυση ακολούθησε και στατιστική μελέτη. Επειδή το δείγμα ήταν μικρό, χρησιμοποιήθηκε μη παραμετρικό τεστ για ανεξάρτητα δείγματα.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά της βελτίωσης που παρουσίασαν οι φοιτητές σε καμία από τις ομάδες τους (αλλαγή συστήματος αναφοράς και αλλαγή κλίσης) ($p > .05$).

Στη συνέχεια έγινε συσχέτιση για να διαπιστωθεί αν η βελτίωση κατά τη μετάβαση από το φαινόμενο στις αναπαραστάσεις (δεύτερη στήλη του πίνακα 3) συνδέεται στατιστικά με την αντίστροφη μετάβαση, από τις αναπαραστάσεις στο φαινόμενο (τρίτη στήλη του πίνακα 3). Διαπιστώθηκε ότι για τους φοιτητές της θεωρητικής κατεύθυνσης υπάρχει συσχέτιση τόσο πριν ($r=0.297$, $p=0.045$) όσο και μετά την παρέμβαση ($r=0.380$, $p=0.009$). Για τους φοιτητές της θετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης, η συσχέτιση εμφανίστηκε μόνο πριν ($r=0.329$, $p=0.044$) και όχι μετά την παρέμβαση ($r=0.044$, $p=0.793$).

4. Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία διερευνά τη δεξιότητα μετάβασης φοιτητών μεταξύ κινηματικών φαινομένων και των αναπαραστάσεων αντίστοιχων φυσικών μεγεθών σε δύο διαφορετικές περιπτώσεις, την αλλαγή του συστήματος αναφοράς και την αλλαγή της επιτάχυνσης στη μελέτη επιταχυνόμενης κίνησης με τη βοήθεια συστήματος MBL.

Η διδακτική παρέμβαση:

- α) λαμβάνει υπόψη τις υπάρχουσες μαθηματικές γνώσεις των φοιτητών
- β) χρησιμοποιεί αυθεντικά παραδείγματα με κύρια χαρακτηριστικά την ευκολία και την επαναληψιμότητα
- γ) ζητά από τους φοιτητές να μεταβούν μεταξύ των φυσικών φαινομένων και των αντίστοιχων αναπαραστάσεων θέσης, ταχύτητας και επιτάχυνσης. Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό διευκολύνει την ερμηνεία της χρονικής εξέλιξης φαινομένου – αναπαραστάσεων.

Στο ανωτέρω πλαίσιο η χρήση του υπολογιστή δημιουργεί μια αλληλεπιδραστική διαδικασία που απαιτεί τη συσχέτιση μεταξύ των αλλαγών στο πείραμα και των αντίστοιχων αναπαραστάσεων.

Παρατηρήθηκε ότι οι φοιτητές συναντούν δυσκολία μετάβασης και προς τις δύο κατευθύνσεις και επιπλέον:

- 1) καταγράφηκε μεγαλύτερη βελτίωση των φοιτητών της θεωρητικής κατεύθυνσης, αλλά μεταξύ χαμηλών ιεραρχικά γνωστικών επιπέδων. Οι φοιτητές της θετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης παραμένουν στο τρίτο με τέταρτο επίπεδο Solo. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί από το ότι έχουν τις βασικές γνώσεις και δεξιότητες να χειρισθούν μαθηματικές έννοιες και εκφράσεις, αλλά δεν μπορούν να τις εφαρμόσουν αποτελεσματικά στο πλαίσιο προβλημάτων φυσικής.
- 2) δεν εμφανίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο πειραματικών ομάδων.
- 3) υπήρξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση των δύο μεταβλητών (αμφίδρομη μετάβαση) πριν και μετά την πειραματική διαδικασία για τους φοιτητές της θεωρητικής κατεύθυνσης, ενώ για τους φοιτητές της θετικής – τεχνολογικής υπήρξε μόνο πριν αλλά όχι μετά την παρέμβαση. Θεωρούμε ότι η δυσκολία βελτίωσης των γνωστικών επιπέδων για την κατηγορία αυτού του δείγματος ήταν μεγαλύτερη (από το 3^ο προς το 4^ο επίπεδο) σε αντίθεση με τους φοιτητές της θεωρητικής όπου η βελτίωση συνέβαινε από το 2^ο προς το 3^ο επίπεδο.
- 4) η δεξιότητα μετάβασης εμφανίστηκε σε μεγαλύτερο βαθμό κατά τη μετάβαση από τις αναπαραστάσεις στο φαινόμενο, από ότι το αντίστροφο. Η διαπίστωση αυτή συνδέεται με την επίδραση της διδασκαλίας στα πλαίσια του αναλυτικού προγράμματος σπουδών, όπου υπάρχει η αντίστοιχη πρακτική εξάσκηση μέσω των ασκήσεων.

Συμπεραίνοντας διαπιστώθηκε ότι ο τρόπος αλλαγής των αναπαραστάσεων δεν επηρεάζει τη βελτίωση μεταξύ των δύο πειραματικών ομάδων για τις δύο κατευθύνσεις φοιτητών. Εμφανίστηκε όμως συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβάσεων που καταγράφεται στη βιβλιογραφία ως διδακτική πρόταση, ότι δηλαδή για την κατανόηση των αναπαραστάσεων απαιτείται αμφίδρομη μετάβαση των φοιτητών μεταξύ φαινομένου και αναπαραστάσεων (McDermott, Rosenquist & van Zee, 1987).

Βιβλιογραφία

- Ainley, J., Nardi, E., & Pratt, D. (1999). Constructing Meaning for Formal Notation in Active Graphing, in I. Scwank (Ed.) Proceedings of the First Conference of the European Society for Research in Mathematics Education, Forschungsinstitut fuer Mathematikdidaktik, Osnabrueck, Vol. 1. ISBN 3-925386-50-5, http://www.fmd.uni-osnabrueck.de/ebooks/erme/cerme1-proceedings/cerme1_contents1.html.
- Beichner, R. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62(8), 750-762.
- Biggs, J.B. & Collins, K.F. (1982). Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy. Academic Press, New York.
- Brassel, H., (1987). The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representations of distance & velocity, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 24, No 4, 385-395.
- Clement, J. (1985). Misconceptions in Graphing, Proceedings of the ninth International Conference for the Psychology of Mathematics Education, Vol. 1, p. 369 - 375.
- Hadjidemetriou, C. & Williams, J. S. (2000). Assessing Graphical Literacy In Year 10 Mathematics pupils. British Educational Research Association Student Symposium.
- Gipps, J. (2002). Data Logging and Inquiry Learning in Science. Proceedings of the Seventh world conference on computers in education conference on Computers in education: Australian topics-Volume 8 Pages: 31 – 34, Denmark
- Lapp, D. A. (1999). Using Calculator-Based Laboratory Technology: Insights from Research, Presented at the Fourth International Conference on Technology in Mathematics Teaching, Plymouth, United Kingdom, 9-13 August 1999.
- Linn, M. C., Layman, J. W., & Nachmias, R. (1987). Cognitive consequences of microcomputer-based laboratories: Graphing skills development. *Contemporary Education Psychology*, 12(3) 244-253.
- 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.
- Svec, M., (1999). Improving graphing interpretation skills and understanding of motion using microcomputer based laboratories. *Electric Journal of Science Education*, 3(4), <http://unr.edu/homepage/jcannon/ejse/ejse.html>.
- Unesco, (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>
- Γεωργόπουλος, Κ., Μπέλλου, Ι., Μικρόπουλος, Τ. Α. (2009). Μελέτη της μετάβασης σε διαφορετικές αναπαραστάσεις μεταβαλλόμενης κίνησης με την εφαρμογή μαθηματικών εννοιών. 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Φλώρινα, υπό παρουσίαση
- Καράνης, Γ., Τσώνος, Χ., Μπισδικιάν, Γ. και Ψύλλος, Δ. (2000). Διερεύνηση όψεων της αποτελεσματικότητας εργαστηριακών ασκήσεων υποστηριζόμενων από Συγχρονικές Διατάξεις σε μαθητές Λυκείου. 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο: Οι τεχνολογίες της πληροφορίας και της επικοινωνίας στην εκπαίδευση, Πάτρα 13, 14 και 15 Οκτωβρίου 2000.
- Μπέλλου, Ι. (2003). Ποιοτική αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών μετά την αλληλεπίδρασή τους με εκπαιδευτικό λογισμικό, 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη, Σύρος, Μάιος.
- Μπισδικιάν, Γκ., Ψύλλος, Δ. (1998). Ανάπτυξη γνώσης περιεχομένου και απόκτηση δεξιοτήτων γραφικών παραστάσεων: Η περίπτωση της Θερμότητας, Πρακτικά 1^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, Αριστ. Πανεπιστ. Θεσσαλονίκης, Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.
- Μώλ Α. (2001). Διδασκαλία Κινηματικής με το MBL. Πρακτικά 1^{ου} Συνεδρίου για την αξιοποίηση των Τ.Π.Ε στη Διδακτική πράξη. Σύρος.