

# ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΣΤΗ ΒΑΘΥΤΕΡΗ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ ΤΗΣ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗΣ

Στέλιος Ορφανός\* & Αγγελική Δημητρακοπούλου\*\*

\*Καθηγητής Φυσικός, Υπ. Διδάκτορας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου,  
Πελοποννήσου 22, 85100, Ρόδος, stelios@rhodes.aegean.gr

\*\*Επ. Καθηγήτρια, Εργαστήριο Μαθησιακής Τεχνολογίας και Διδακτικής Μηχανικής,  
Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Λ. Δημοκρατίας 1, 85100, Ρόδος, adimitr@rhodes.aegean.gr

**Περίληψη:** Η παρούσα εργασία παρουσιάζει και συζητά τα αποτελέσματα έρευνας, που μελετά τη συμβολή της προσομοίωσης με «κινούμενη εικόνα» του εκπαιδευτικού λογισμικού μοντελοποίησης «ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ», στη βαθύτερη κατανόηση των εννοιών της κινηματικής. Σκοπός της έρευνας, είναι η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο συμβάλουν οι προσομοιώσεις αυτού του τύπου, σε σχέση με άλλους παράγοντες που επιδρούν στα μαθησιακά οφέλη των δραστηριοτήτων μέσω του λογισμικού. Από την ανάλυση των δεδομένων βρέθηκε ότι υπήρξαν συγκεκριμένα θετικά αποτελέσματα προς την κατεύθυνση: (α) της κατανόησης του διανυσματικού χαρακτήρα των μεγεθών της ταχύτητας και της θέσης, (β) της οικοδόμησης των επιστημονικών εννοιών, μέσω εμπλουτισμού του περιεχομένου τους. Παράλληλα, η ανάλυση των δεδομένων, δίνει σημαντικά στοιχεία για την εξελικτική πορεία του συλλογισμού των μαθητών, που είναι χρήσιμα για τους εκπαιδευτικούς που χρησιμοποιούν το εν λόγω λογισμικό στη διδακτική τους πρακτική.

**Λέξεις κλειδιά:** Μοντελοποίηση, οπτικοποίηση, προσομοίωση, κινούμενη εικόνα, κινηματική, ταχύτητα, θέση.

## Εισαγωγή

Οι εκπαιδευτικοί για να υποστηρίξουν τους μαθητές στη μάθηση των αφηρημένων επιστημονικών εννοιών χρησιμοποιούν παραδείγματα της άμεσης εμπειρίας των μαθητών, επιδείξεις πειραμάτων, απλές πειραματικές δραστηριότητες στο εργαστήριο, ή δραστηριότητες με εκπαιδευτικά λογισμικά προσομοιώσεων και μοντελοποιήσεων στο εργαστήριο υπολογιστών.

Τα εκπαιδευτικά λογισμικά προσομοιώσεων σχεδιάζονται για τη διδασκαλία, τη μελέτη και την κατανόηση ενός φαινομένου μέσα από την παρατήρηση της συμπεριφοράς του και της ανάδρασης που παράγεται από την προσομοίωσή του (με βάση 'κρυφό' μαθητικό μοντέλο που έχει ενσωματωθεί από το σχεδιαστή του λογισμικού). Τα εκπαιδευτικά λογισμικά μοντελοποίησης επιτρέπουν στους μαθητές να ασχοληθούν με την επινόηση και κατασκευή μοντέλων (που εμπεριέχει τη δημιουργία μοντέλου, τη δοκιμή του μέσα από προσομοίωση του φαινομένου που απορρέει από το μοντέλο, τη βελτίωση του μοντέλου μέσα από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων του με αυτά της πραγματικότητας). Σε όλες τις περιπτώσεις, βασικό συστατικό των λογισμικών αυτών είναι οι προσομοιώσεις των υπό μελέτη φαινομένων, αλλά και η 'οπτικοποίηση' των αφηρημένων εννοιών (de Jong et al. 1999, Mayer & Moreno, 2002, Smith & Blankinship, 1999).

Οι προσομοιώσεις επιτρέπουν στους μαθητές να παρατηρήσουν και να διερευνήσουν φυσικά φαινόμενα που είναι δύσκολο ή αδύνατο να διερευνηθούν πειραματικά, μελετώντας τις συνέπειες σημαντικού αριθμού αλλαγών στις πειραματικές συνθήκες, μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα. Ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμα, ότι τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα που βασίζονται σε προσομοιώσεις, μέσα από κατάλληλα σενάρια και διδακτικές προσεγγίσεις βοηθούν τους μαθητές να

ξεπεράσουν τις γνωστικές δυσκολίες που οφείλονται στις παρανοήσεις τους και να βελτιώσουν τις εναλλακτικές ιδέες τους (Trowbridge et al. 1999, de Jong, et al.1999, Jimoyiannis & Komis 2001, Jimoyannis et al. 2000).

Χρειάζεται όμως να σημειωθεί ότι τα μοντέλα που παράγουν προσομοιώσεις περιέχουν ένα βαθμό υποκειμενικότητας καθώς βασίζονται στις προσωπικές επιλογές των κατασκευαστών του προγράμματος. Ιδιαίτερα τα λογισμικά προσομοίωσης και όχι μοντελοποίησης, ενδεχόμενα να οδηγούν σε συγχύσεις και υπεραπλουστεύσεις από την πλευρά των μαθητών που τα χειρίζονται. Επιπρόσθετα, είναι πιθανόν οι μαθητές που εκτελούν προσομοιωμένα πειράματα να ενδυναμώνουν τις δικές τους ημι-διαισθητικές ιδέες, αντί να οδηγούνται πλησιέστερα στις παραδεκτές επιστημονικές θεωρίες (Clement 1989, Δημητρακοπούλου 1999).

Είναι λοιπόν απαραίτητο σε κάθε περίπτωση, να διερευνάται αν και με ποιο τρόπο συμβάλλουν τα λογισμικά αυτά, για ποια ηλικία μαθητών είναι κατάλληλα και σε σχέση με ποιες δραστηριότητες. Παρόλο που τα λογισμικά έχουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ τους, συχνά εμπεριέχουν διαφορετικά δομικά στοιχεία, που ενδεχόμενα να είναι κρίσιμα, όταν πρόκειται για μαθητές σε διαδικασία εννοιολογικής συγκρότησης. Η πειραματική έρευνα επιτρέπει να δοθούν σαφείς πληροφορίες για το πώς οι μαθητές χειρίζονται το λογισμικό, πώς οικοδομούν έννοιες και πώς αναπτύσσουν συλλογισμούς, προκειμένου: α) να εξακριβωθεί που και πώς συμβάλλει το κάθε λογισμικό, και αν ενδεχόμενα δημιουργεί πρόσθετες δυσκολίες, β) να δοθούν αναλυτικές και σαφείς πληροφορίες στους εκπαιδευτικούς για τις ιδέες, συλλογισμούς και συμπεριφορές των μαθητών, προκειμένου να βοηθηθούν στη διδακτική διαχείριση της διδασκαλίας μέσω διερεύνησης εκπαιδευτικών λογισμικών.

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει και συζητά τα αποτελέσματα έρευνας, που μελετά τη συμβολή της προσομοίωσης με «κινούμενη εικόνα» του εκπαιδευτικού λογισμικού μοντελοποίησης «ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ», στη βαθύτερη κατανόηση των εννοιών της κινηματικής. Σκοπός της έρευνας, είναι η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο συμβάλουν οι προσομοιώσεις αυτού του τύπου, σε σχέση με άλλους παράγοντες που επιδρούν στα μαθησιακά οφέλη των δραστηριοτήτων μέσω του λογισμικού.

### **Χαρακτηριστικά του Λογισμικού Δημιουργός Μοντέλων**

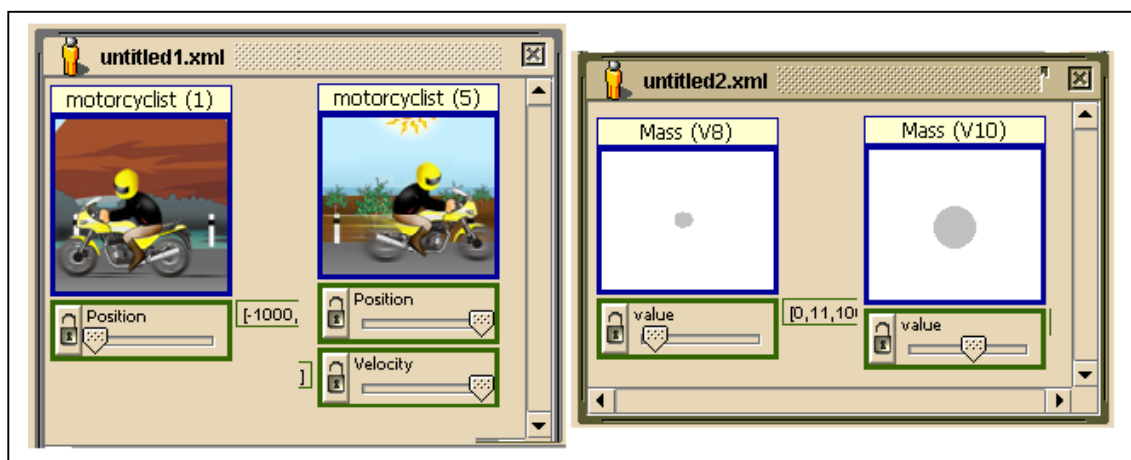
Οι επιστήμονες αναλύουν τα φαινόμενα με όρους εννοιών και νόμων. Όμως η πραγματικότητα μπορεί να 'ειδωθεί' δίχως κανένα είδος επιστημονικής έννοιας. Οι μαθητές που είναι σε διαδικασία οικοδόμησης εννοιών, ερμηνεύουν και κατηγοριοποιούν την πραγματικότητα με όρους πραγματικών αντικειμένων και γεγονότων και όχι αφηρημένων εννοιών (Chi et al.1981). Παρόλα αυτά, τα περισσότερα περιβάλλοντα μοντελοποίησης και προσομοίωσης προαπαιτούν και επιβάλλουν τον αφηρημένο συλλογισμό και ειδικά τη χρήση μεταβλητών. Οι προσομοιώσεις που παρουσιάζουν, είναι αφηρημένες, παρουσιάζοντας για παράδειγμα την κίνηση ενός αντικειμένου που είναι εκ των προτέρων μοντελοποιημένο (ένα υλικό σημείο, ή ένας μικρός κύκλος ή τετράγωνο, που αναπαριστά ένα κινητό), όπως συμβαίνει στο Interactive Physics, Modellus, κ.ά.)

Ο ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ είναι ένα εκπαιδευτικό λογισμικό μοντελοποίησης (Dimitracopoulou et al. 1999), που έχει πιστοποιηθεί από το Ελληνικό Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, και σχεδιάστηκε ειδικά για να επιτρέπει σε ένα ευρύ φάσμα μαθητών (11-17 ετών) να εκφράσει τις ιδέες του και να τις εξελίξει σταδιακά. Έχει σχεδιαστεί και αναπτυχθεί με στόχο, τόσο την υποστήριξη της μάθησης μέσω διαδικασίας μοντελοποίησης, όσο και την οικοδόμηση των εννοιών που εμπλέκονται στα υπό μοντελοποίηση φαινόμενα.

Προκειμένου να επιτρέψει στους μαθητές να εκφράσουν καταρχάς τις ιδέες τους, προ-απαιτούμενο κάθε εννοιολογικής αλλαγής (Twigger et al. 1994) βασίζεται σε ένα

ευρύ φάσμα βασικών 'συστατικών στοιχείων' μοντελοποίησης στη θέση των μοναδικών αφηρημένων 'μεταβλητών'. Έτσι, προσφέρει τρεις βασικές κατηγορίες 'οντοτήτων' από τις πιο αντικειμενοστραφείς στις πιο αφηρημένες. α) «οντότητες αντικείμενα» με ιδιότητες που μπορούν να θεωρηθούν ως «πρωτο-μεταβλητές», ικανές να εξελιχθούν σε πιο αφηρημένες (βλέπε Εικόνα 1<sup>α</sup>). β) οντότητες «αφηρημένα αντικείμενα», με μία μόνο μεταβλητή, όπως αυτά των περισσότερων λογισμικών μοντελοποίησης ή προσομοίωσης (βλέπε Εικόνα 1<sup>β</sup>), γ) οντότητες «αφηρημένες μεταβλητές» - επιστημονικές έννοιες.

Οι οντότητες που εστιάζουν σε αντικείμενα (και τις οποίες συνήθως επιλέγουν για να εργαστούν μαθητές 11-15 ετών), αναπαριστούν συγκεκριμένα αντικείμενα με ιδιότητες, που είτε εμπλέκονται και παίζουν ρόλο σε ένα φαινόμενο είτε όχι (π.χ. χρώμα κινητού). Ο χειρισμός της ιδιότητας κάθε οντότητας έχει συνήθως οπτική συνέπεια: π.χ. η μικρή μεγάλη μάζα ενός αυτοκινήτου, παρουσιάζεται ως διαφορετική κατηγορία αυτοκινήτου, π.χ. μικρό ιδιωτικό αυτοκίνητο, φορτηγάκι, μεγάλο φορτηγό. Η προσομοίωση που δημιουργείται, είναι τελικά προσομοίωση μέσω «κινούμενης εικόνας» (animation), που παράγεται μέσω απεικόνισης διαδοχικών σχεδιασμένων εικόνων ('στιγμιότυπα'), που αναπαριστούν πιστά (και όχι μέσω αφαίρεσης) τα πραγματικά αντικείμενα. Παράλληλα, είναι δυνατή η ταυτόχρονη οπτικοποίηση παραπάνω από μιας μεταβλητών. Η προσομοίωση μέσω εικονικής 'πιστής' αναπαράστασης όσο και η ταυτόχρονη οπτικοποίηση των τιμών πολλαπλών μεταβλητών αποτελεί σημαντική ιδιαιτερότητα του συγκεκριμένου λογισμικού, σε σχέση με άλλα λογισμικά προσομοίωσης ή μοντελοποίησης (παρουσιάζουν μόνο μια έννοια κάθε φορά ενώ μικτές οπτικοποιήσεις γίνονται ουσιαστικά μόνο στο διανυσματικό χώρο, και όχι στην οπτική αποτύπωση του φαινομένου).



**Σχήμα 1.:** (α) Προσομοίωση με «κινούμενη εικόνα», (β) Προσομοίωση με αφηρημένο αντικείμενο

Για την περίπτωση των σχεδιασμένων κινούμενων εικόνων έχουν διερευνηθεί και υιοθετηθεί σε αρκετές περιπτώσεις ειδικές κωδικοποιήσεις προκειμένου να οπτικοποιηθεί η μεταβολή των τιμών των μεταβλητών (π.χ. η οπτικοποίηση της θέσης, γίνεται ουσιαστικά με το φόντο της κίνησης, αυτή της ταχύτητας με σκίαση (θόλωμα) της εικόνας του κινούμενου αντικείμενου, κλπ.).

## Στοιχεία Έρευνας

Το κύριο ερώτημα της παρούσας έρευνας, είναι η διερεύνηση της συμβολής προσομοίωσης μέσω «κινούμενης εικόνας» στην οικοδόμηση του επιστημονικού περιεχομένου των εννοιών 'θέση' και 'ταχύτητα'. Το κύριο ερώτημα αναλύθηκε στα εξής επιμέρους ερωτήματα:

- Η προσομοίωση-οπτικοποίηση μέσω 'κινούμενης εικόνας', συμβάλει στην ανάδειξη των εναλλακτικών ιδεών και στην εννοιολογική αλλαγή;
- Κατανοούν οι μαθητές βαθύτερα το επιστημονικό περιεχόμενο των εννοιών της Κινηματικής και συγκεκριμένα της ταχύτητας και της θέσης;
- Ερμηνεύουν σύμφωνα με τα φυσικά μεγέθη τα φαινόμενα που συναντούν στην καθημερινή ζωή;

Οι μαθητές (ηλικίας 14 ετών) εργάστηκαν σε ομάδες των δύο ατόμων, σχετικά με δύο ειδικά επιλεγμένες δραστηριότητες (θέματα μελέτης), με το εκπαιδευτικό λογισμικό ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ (έκδοση 2.01), καθώς και με τη βοήθεια συνοδευτικών φύλλων εργασίας. Τόσο οι δραστηριότητες πάνω στις οποίες εργάστηκαν οι μαθητές όσο και τα φύλλα εργασίας είχαν δοκιμαστεί σε προηγούμενες πιλοτικές έρευνες.

Οι δραστηριότητες εντάσσονται σε ανοικτά θέματα μελέτης, και αφορούν ένα θέμα της καθημερινής ζωής: την κίνηση ενός μοτοσικλετιστή που ταξιδεύει στην εθνική οδό. Συγκεκριμένα η πρώτη δραστηριότητα ζητά από τους μαθητές να τοποθετήσουν το μοτοσικλετιστή σε διάφορα σημεία και να απαντήσουν ερωτήματα σχετικά με τη θέση του μοτοσικλετιστή σε συγκεκριμένα σημεία, την κατεύθυνσή του, αλλά και το πρόσημο της μεταβολής της θέσης μεταξύ συγκεκριμένων θέσεων. Η δεύτερη δραστηριότητα ενέπλεκε ερωτήματα σχετικά με την προσομοίωση της ταχύτητας, ενώ απαιτούσε τη ρύθμιση των μεταβολών (sliders) των ιδιοτήτων του κινητού, προκειμένου να προσομοιωθεί μια συγκεκριμένη κίνηση (π.χ. να κινείται προς τα δεξιά με σταθερή ταχύτητα, ενώ ξεκίνησε από αρνητική αρχική θέση).

Κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας, κατεβλήθη προσπάθεια ώστε η συμμετοχή του ερευνητή να είναι μηδενική, και να μη δίδονται υποδείξεις στους μαθητές για το τι θα πρέπει να κάνουν. Αν και αρχικά οι μαθητές επέμεναν για την παρέμβαση του ερευνητή ώστε να ελέγχει τις προβλέψεις ή τις ενέργειές τους, η επιμονή τους αυτή είχε φθίνουσα πορεία.

Χρησιμοποιήθηκαν προ-τεστ και μετα-τεστ για να ελεγχθεί και να αναλυθεί η συμβολή των δραστηριοτήτων στη βαθύτερη κατανόηση των εννοιών. Τα τεστ αυτά είχαν τη μορφή ηλεκτρονικού αρχείου κειμένου. Αποτελείτο από δύο τμήματα. Στο επάνω τμήμα περιέχονται οι όροι εννοιών της κινηματικής όπως: 'Ταχύτητα', 'Αλλαγή ταχύτητας', 'Θετική Ταχύτητα', κλπ, ενώ στο κάτω τμήμα, ένας μεγάλος αριθμός προτάσεων μέσα σε πλαίσια- καρτελάκια όπως: 'το κινητό αλλάζει θέση', 'κινείται αργά', 'κινείται προς τα δεξιά', 'ξεκινάει', κλπ. Κατά τη διάρκεια του τεστ, ζητείται από τους μαθητές να ταιριάξουν τις προτάσεις- καρτελάκια με τις έννοιες της κινηματικής. Το ίδιο ακριβώς τεστ δόθηκε στους μαθητές μετά το πέρας των δραστηριοτήτων με το λογισμικό (re-test), ένα μήνα περίπου από το αρχικό τεστ. Όλη η διαδικασία βιντεοσκοπήθηκε, ώστε να ενταχθούν στα πειραματικά δεδομένα οι προφορικές εξηγήσεις που έδιναν οι δυάδες των μαθητών κατά τη διάρκεια των τεστ.

Τα δεδομένα της ποιοτικής έρευνας που συνιστούν και το υλικό προς ανάλυση, αποτελείται από: (α) βιντεοσκοπήσεις των ενεργειών που πραγματοποιούσαν οι μαθητές στην οθόνη του υπολογιστή, με σύγχρονη ηχογράφηση των διαλόγων τους, διάρκειας τριών διδακτικών ωρών. (β) βιντεοσκοπήσεις από τα προ-τεστ & μετα-τεστ., (γ) έντυπο υλικό με απαντήσεις και σχόλια των μαθητών, (δ) συνεντεύξεις στο τέλος της κάθε δραστηριότητας.

### **Ανάλυση αποτελεσμάτων**

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων βασίστηκε τόσο στην αλληλεπίδραση των μελών δύο ομάδων μαθητών με το λογισμικό και την διαλογική αλληλεπίδραση των μαθητών της κάθε ομάδας μεταξύ τους όσο και στις απαντήσεις και τις εξηγήσεις που έδιναν κατά τη διάρκεια των τεστ.

Χρειάζεται να σημειωθεί ότι, για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων κατά τα προ/μετα-τεστ, θεωρήθηκε ως δείκτης του βαθμού κατανόησης των εννοιών, ο βαθμός ως προς τον οποίο ο μαθητής μπορεί να ορίσει μία έννοια με ένα αποδεκτό λειτουργικό τρόπο, και να τη διακρίνει από σχετικές αλλά διαφορετικές έννοιες. Κατά τη διάρκεια της μελέτης των δραστηριοτήτων, ως μέτρο κατανόησης μιας κινηματικής έννοιας θεωρήθηκε ο βαθμός με τον οποίο ένα άτομο εφαρμόζει επιτυχώς αυτή την έννοια για να ερμηνεύσει απλές κινήσεις πραγματικών αντικειμένων που παρατηρούνται στην καθημερινή ζωή (Trowbridge, David & McDermott, 1980),

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε συνοπτικά τα κύρια ευρήματα της έρευνας ταξινομημένα σε τέσσερις βασικούς άξονες:

*A. Αναδείχθηκαν μια σειρά από εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σε σχέση με τις έννοιες θέση και ταχύτητα:*

- Η ταχύτητα είναι μηδέν στο σημείο αναφοράς, "όταν περνάς από την αφετηρία έχεις σταθερή ταχύτητα".
- Οι τιμές της ιδιότητας που είναι 'αριστερότερα' είναι μικρότερες.
- Το πρόσημο της ταχύτητας εκφράζει για τους μαθητές: (α) το που βρίσκεται το κινητό σε σχέση με την αφετηρία. Συνέδεαν το θετικό πρόσημο με την κίνηση προς τα δεξιά, ξεετάζοντάς το όμως στατικά, όπως συμβαίνει με τη θέση (που βρίσκεται) και όχι με το νόημα της κατεύθυνσης (που πηγαίνει), (β) τη μεταβολή της ταχύτητας «...για να έχεις αρνητική ταχύτητα σημαίνει ότι επιβραδύνεις»
- Σύγκυση μεταξύ του περιεχομένου της ταχύτητας και της θέσης. Η ταχύτητα εξαρτάται από τη θέση που βρίσκεται το κινητό «...ναι, αλλά το ότι κινείται (με ταχύτητα) προς τα δεξιά άρα είναι και θέμα θέσης»

*B. Καταγράφηκε συμβολή στην εννοιολογική αλλαγή:* Οι δραστηριότητες παράλληλα με την αλληλεπίδραση των μαθητών στην αντιμετώπιση δύσκολων καταστάσεων συνέβαλλαν: (α) στην ανάδειξη του δυναμικού περιεχομένου των εννοιών της κινηματικής (σε αντίθεση με τη στατική αναπαράσταση των βιβλίων), (β) στη κατανόηση του πρόσημου της ταχύτητας και στην αποσύνδεση (διαφοροποίηση) από τη μεταβολή της ταχύτητας, αλλά και από τη θέση του κινητού ως προς την αφετηρία.

*Γ. Καταγράφηκε συμβολή στη λεκτική αλληλεπίδραση μεταξύ μαθητών:* Οι δραστηριότητες με το λογισμικό σε συνδυασμό με τα προτεινόμενα θέματα μελέτης, προήγαγαν την αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών, και κυρίως την έκφραση και την εξωτερίκευση των ιδεών τους (μέσω διαδικασιών πρόβλεψης, εξήγησης, επιχειρηματολόγησης).

*Δ. Καταγράφηκε συμβολή στη βαθύτερη κατανόηση της έννοιας της ταχύτητας αλλά και της θέσης:* όπως ανέδειξε η σύγκριση προ-μετα τεστ. Φάνηκε ότι οι μαθητές, εμπλούτισαν το περιεχόμενο της έννοιας της ταχύτητας, κατανόησαν και διέκριναν το τι καθορίζει η ταχύτητα και τι η θέση. Από τους αρχικούς διάλογους, (πριν την κύρια δραστηριότητα με το λογισμικό), φάνηκε ότι τα επιχειρήματα των μαθητών ήταν βασισμένα κυρίως στους ορισμούς των εννοιών, δεν μπορούσαν να τα συνδέσουν με συγκεκριμένα παραδείγματα, και αδυνατούσαν να απαντήσουν στα ερωτήματα. Συγκρίνοντας την επιχειρηματολογία του ίδιου μαθητή 25 μέρες μετά το προ τεστ, παρατηρούμε ότι χρησιμοποίησε συγκεκριμένα παραδείγματα με κινητά (προσωποποιώντας την κίνηση) και συνέδεσε τις αφηρημένες έννοιες με πραγματική κίνηση από την καθημερινή ζωή, γεγονός που του επέτρεπε να συλλογίζεται σε δύσκολα ερωτήματα και να επαληθεύει τα συμπεράσματά του.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα ερωτήματα που αφορούν μια μεταβλητή, οι μαθητές τα απαντούν άμεσα και ευκολότερα (π.χ. στην ερώτηση ο μοτοσικλετιστής είναι ακίνητος). Όταν τα ερωτήματα εμπλέκουν ταυτόχρονα περισσότερες από μια

μεταβλητές παρατηρούμε ότι χρειάζεται να κάνουν περισσότερες δοκιμές με το εκπαιδευτικό λογισμικό και να συζητήσουν σε μεγαλύτερο βαθμό μεταξύ τους. Σημαντική βελτίωση παρατήρησαν επίσης στις δραστηριότητες με αντικείμενα που κινούνται ομαλά. Στις δραστηριότητες, που εμπλέκουν κινητά με επιτάχυνση τα αποτελέσματα ήταν λιγότερο ικανοποιητικά, αφού η ταυτόχρονη διάκριση μεταξύ της αλλαγής θέσης και αλλαγής ταχύτητας στη μονάδα του χρόνου, απαιτεί συλλογισμό υψηλότερης τάξης, συμπέρασμα που επιβεβαιώνει αυτά προηγούμενων ερευνών (Jimoyiannis & Komis, 2001).

### **Συμπεράσματα**

Οι μαθητές πολλές φορές δίνουν σωστές απαντήσεις ή λύνουν προβλήματα των σχολικών εγχειριδίων, χωρίς να έχουν κατανοήσει πλήρως το περιεχόμενο των εννοιών. Ταυτόχρονα ενώ έχουν διδαχθεί τις αντίστοιχες ενότητες, διατηρούν εναλλακτικές ιδέες, η ανίχνευση των οποίων δεν είναι πάντα εύκολη από τους διδάσκοντες. Η προσομοίωση μέσω 'κινούμενης εικόνας' - αναπαράστασης πραγματικού αντικειμένου, φαίνεται να συμβάλλει ουσιαστικά τόσο στην ανάδειξη κατ' αρχάς των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, όσο και στην μετέπειτα οικοδόμηση του περιεχόμενου διανυσματικών εννοιών όπως αυτές της ταχύτητας και της θέσης, μέσα από ένα σύντομο χρονικό διάστημα διεργασίας.

### **Βιβλιογραφία**

- Chi, M.T.H., Feltovich, P. and Glaser, R. (1981) Categorisation and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, pp 121-152.
- Dimitracopoulou A., Komis B., Apostolopoulos P. & Politis P. (1999). "Design principles of a new modelling environment for young students, supporting various types of reasoning and interdisciplinary approaches" *AI-ED 99, 9<sup>th</sup> International Conference on Artificial Intelligence in Education*, Le Mans, France, pp. 109-120
- Jimoyiannis, A. & Komis V., (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education* 36, 183-204.
- Clement, J. (1989) Learning via model construction and criticism. In G. Glover, R. Ronning and C. Reynolds (Eds). *Handbook of creativity, assessment, theory and research*. (New York, NY: Plenum).
- Jimoyiannis, A., Mikropoulos, T. A. & Ravanis, K., (2000). Students' performance towards computer simulations on kinematics. *Themes in Education*, 1(4), 357-372 .
- Jong T., Martin E., Zamarro J.-M., Esquembre F., Swaak J. , Joolingen Wouter R., (1999). The Integration of Computer Simulation and Learning Support: An Example from the Physics Domain of Collisions. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(5) 597–615.
- Mayer, R. and Moreno, R, (2002). Animation as an Aid to Multimedia Learning. *Educational Psychology Review*, Vol. 14, No. 1.
- Trowbridge, David E. and McDermott, L., (1980). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension. *Am. J. Physics* 48(12), 1020-1028.
- Twigger L, Byard M., Driver R., Draper S., Hartley R., Hennesy S., Mohamed R., O' Malley C., O'Shea T., & Scanlon E., (1994). The conception of force and motion of students aged between 10 and 15 years: an interview study designed to guide instruction. *Int. J. Sci. Educ.*, 5(16), 523-537 .
- Smith, B. & Blankinship, E., (1999). Imagery as Data: Structures for Visual Model Building. *Computer Support for Collaborative Learning* 549-557
- 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*, 3<sup>η</sup> Περίοδος, Vol. Η', No 30, Άνοιξη 1999, σελ.48-58.