

# Συνεργατικές διαδικασίες μοντελοποίησης με το μισοψημένο μικρόκοσμο του Ζογκλέρ

**Ζαχαρούλα Σμυρναίου, Φωτεινή Μουστάκη, Χρόνης Κυνηγός, Μαρία Δασκολιά**  
[zsmyrnaiou@ppp.uoa.gr](mailto:zsmyrnaiou@ppp.uoa.gr), [fotmous@ppp.uoa.gr](mailto:fotmous@ppp.uoa.gr), [kynigos@ppp.uoa.gr](mailto:kynigos@ppp.uoa.gr), [mdaskol@ppp.uoa.gr](mailto:mdaskol@ppp.uoa.gr)  
Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, Τμήμα Φιλοσοφίας Παιδαγωγικής και  
Ψυχολογίας, Τομέας παιδαγωγικής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

## Περίληψη

Η κατασκευή μοντέλων, ο ρόλος και η χρησιμότητά τους στην εκπαιδευτική διαδικασία αλλά και η σχέση τους με τη διερευνητική ή επιστημονική μέθοδο καθώς και με άλλα σύγχρονα θεωρητικά δομήματα, όπως «το μαθαίνω πώς να μαθαίνω σε ομάδες» (I212), αποτελεί το επίκεντρο πολλών ερευνών στο πεδίο των φυσικών επιστημών. Το ενδιαφέρον μας στην παρούσα εργασία εστιάζεται στο πώς οι διαδικασίες μοντελοποίησης στις οποίες ενεπλάκησαν οι μαθητές καθώς σχεδίαζαν ένα παιχνίδι με το μισοψημένο μικρόκοσμο του Ζογκλέρ, έφεραν στο προσκήνιο διαδικασίες ανάπτυξης νοημάτων για έννοιες της φυσικής που σχετίζονται με την κίνηση και τις κρούσεις στο Νευτώνειο χώρο. Ειδικά ο ρόλος της έννοιας της δύναμης στην διδιάστατη κίνηση αποτέλεσε αντικείμενο συζήτησης και διαπραγμάτευσης για τους μαθητές. Ο χειρισμός του αντίστοιχου διανύσματος έφερε στο προσκήνιο τη σταδιακή μετάβαση από την αντίληψη της δύναμης ως ένα μονοδιάστατο μέγεθος στην αντίληψή της ως διανυσματικό μέγεθος.

**Λέξεις κλειδιά:** μοντελοποίηση, μισοψημένος μικρόκοσμος, κίνηση και κρούσεις στο Νευτώνειο χώρο

## Εισαγωγή

Τα τελευταία τριάντα χρόνια το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών έχει επικεντρωθεί στη μοντελοποίηση και στη σημασία που έχει στη δημιουργία νοημάτων για τις φυσικές επιστήμες (Lemeignan & Weil-Barais, 1993; Bliss, 1994). Το βασικό επιχείρημα είναι ότι ταιριάζει με τη φύση των φυσικών επιστημών (Neumann, 1947; Ljung, 1987) και με τον τρόπο που σκέφτονται, δρουν και επικοινωνούν οι άνθρωποι. Την τελευταία εικοσαετία μάλιστα οι έρευνητες έχουν επικεντρωθεί στη δημιουργία λογισμικών μοντελοποίησης για τις φυσικές επιστήμες που βασίζονται στη γλώσσα Logo (Harel & Papert, 1991; Kafai & Resnick, 1996; Wilensky and Reisman, 2006; Smyrniou and Dimitracopoulou, 2007) ή σε άλλη γλώσσα προγραμματισμού, όπως java, unity, κλπ. (Dimitracopoulou & Komis 2005; De Jong & van Joolingen, 2008).

Στις μέρες μας η δημιουργία μοντέλων, ο ρόλος και η χρησιμότητά τους στην εκπαιδευτική διαδικασία αλλά και η σχέση της με τη διερευνητική ή επιστημονική μέθοδο (Njoo & De Jong, 1993; Van Joolingen, 2004), καθώς και με άλλα σύγχρονα θεωρητικά δομήματα, όπως «το μαθαίνω πώς να μαθαίνω σε ομάδες» (I212), αποτελεί το επίκεντρο πολλών ερευνών (Smyrniou et al., 2011). Οι De Jong και van Joolingen (2008) προτείνουν τη μοντελοποίηση ως πραγμάτωση της επιστημονικής διαδικασίας, υποστηρίζοντας την ύπαρξη μιας ισχυρής σύνδεσης μεταξύ αυτών των δύο. Οι Smyrniou & Dimitracopoulou (2007) τονίζουν ότι η μοντελοποίηση μπορεί να είναι ανεξάρτητη διαδικασία ή να εμπεριέχεται στη διερευνητική μάθηση.

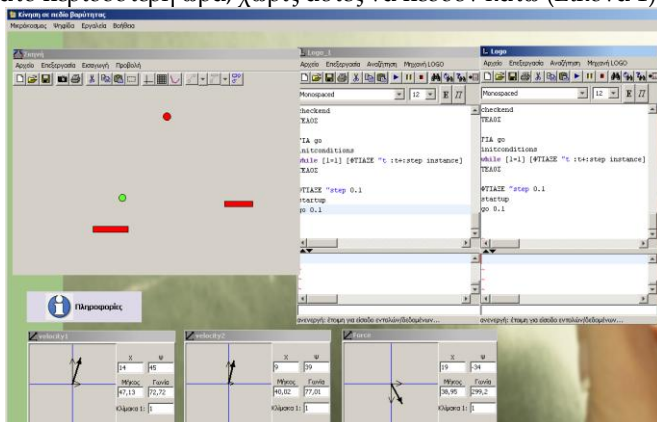
Στη διδακτική φυσικών επιστημών, η μοντελοποίηση γίνεται αντιληπτή ως ένα σημαντικό πλαίσιο για να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν τη φύση της επιστημονικής έρευνας και να εκτιμήσουν το ρόλο των μοντέλων ως μια εξελισσόμενη δραστηριότητα, η οποία έχει βασική σημασία για το επιστημονικό εγχείρημα (Sherin, 2001; Wilensky and Resnick, 1999; Louca & Constantinou, 2002). Οι ερευνητικές προσπάθειες στον

τομέα της διδακτικής των φυσικών επιστημών αποκαλύπτουν την επίδραση που μπορεί να έχει ο συνδυασμός της επιστημονικής έρευνας (ως πλαίσιο μέσα στο οποίο πραγματοποιούνται συνεργατικές δραστηριότητες) και της μοντελοποίησης (βασική επιστημονική και γνωστική δραστηριότητα) στην εννοιολογική κατανόηση των επιστημονικών εννοιών από τους μαθητές, ειδικά όταν χρησιμοποιούνται εκπαιδευτικά ψηφιακά εργαλεία (Smyrniotou & Weil-Barais, 2005; Zacharia & Anderson, 2003). Πρόσφατα, η έρευνα έδειξε ότι οι διαδικασίες μοντελοποίησης θα μπορούσαν να είναι ένα ισχυρό «εργαλείο» που μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές στην ανάπτυξη συλλογισμών και στη βελτίωση της κατανόησης των επιστημονικών εννοιών (De Jong & van Joolingen, 2008).

Στην παρούσα έρευνα εστιάζουμε στο πώς οι διαδικασίες μοντελοποίησης στις οποίες εμπλέκονται οι μαθητές, καθώς σχεδιάζουν ένα παιχνίδι με το μισοψημένο μικρόκοσμο του Ζογκλέρ (Κυρίγος, 2007), μπορούν να φέρουν στο προσκήνιο διαδικασίες ανάπτυξης νοημάτων για έννοιες της φυσικής που σχετίζονται με την κίνηση και τις κρούσεις στο Νευτώνειο χώρο.

### Ο μισοψημένος μικρόκοσμος του Ζογκλέρ

Ο μισοψημένος μικρόκοσμος του Ζογκλέρ (Κυρίγος, 2007) έχει σχεδιαστεί για να αποτελεί ένα διαμενύσιμο και βελτιώσιμο ψηφιακό αντικείμενο που η διαμεσολάβηση του ανάμεσα στους μαθητές μπορεί να τους εμπλέξει σε διαδικασίες διερεύνησης και κατασκευής μοντέλων κίνησης και κρούσης στο Νευτώνειο χώρο. Ο Ζογκλέρ αποτελείται από δύο μπάλες και δύο ρακέτες και οι παίχτες δεν έχουν παρά να τρέξουν το υπάρχον μοντέλο ή αυτό που θα κατασκευάσουν και να προσπαθήσουν να κρατήσουν τις μπάλες στον αέρα, για όσο το δυνατόν περισσότερη ώρα, χωρίς αυτές να πέσουν κάτω (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Ο μισο-ψημένος μικρόκοσμος του Ζογκλέρ

Για να παίξουν το παιχνίδι του Ζογκλέρ, οι μαθητές χρειάζεται πρώτα απ' όλα να ορίσουν τις αρχικές συνθήκες για τις οποίες θα τρέξει το μοντέλο πίσω από την προσομοίωση. Για το σκοπό αυτό έχουν στη διάθεσή τους τρία Διανύσματα: ένα διάνυσμα για την αρχική ταχύτητα της κόκκινης μπάλας, ένα διάνυσμα για την αρχική ταχύτητα της πράσινης μπάλας και ένα διάνυσμα για τη δύναμη του πεδίου. Οι μαθητές μπορούν να ορίσουν τιμές για τις αρχικές ταχύτητες και τη δύναμη του πεδίου μέσω του δυναμικού χειρισμού των διανυσμάτων αυτών, αλλάζοντας τόσο το μήκος του βέλους του διανύσματος, όσο και τη φορά του. Οι καρτεσιανές συντεταγμένες της άκρης του βέλους του διανύσματος

εμφανίζονται σε δύο πλαίσια κειμένου δίπλα στο διάνυσμα, όπως ακριβώς και το μήκος του και η γωνία που σχηματίζει το διάνυσμα με τον οριζόντιο άξονα.

Όταν οι μαθητές εκκινούν την προσομοίωση, οι τιμές που έχουν δοθεί στο μήκος και τη γωνία του κάθε διανύσματος παίρνουν τη θέση τους σε μία σειρά από εξισώσεις κίνησης που έχουν εκφραστεί σε γλώσσα Logo και αποτελούν το μοντέλο πίσω από την προσομοίωση. Οι μπάλες ξεκινούν να κινούνται με βάση αυτές τις εξισώσεις κίνησης και ο παίχτης χρησιμοποιώντας δύο ρακέτες που μπορεί να χειρίζεται όπως επιθυμεί και να τοποθετεί όπου επιθυμεί προσπαθεί να ελέγξει τις μπάλες και να μην τις αφήσει να πέσουν κάτω. Στην περίπτωση που το διάνυσμα της δύναμης έχει οριστεί με τρόπο που να αντιστοιχεί στη βαρυτική δύναμη, οι μπάλες κάνουν πλάγια βολή μέχρι να χτυπήσουν πάνω στις ρακέτες που χειρίζεται ο παίχτης. Η πρόσκρουση πάνω στις ρακέτες έχει σαν αποτέλεσμα να φεύγει η μπάλα προς την αντίθετη κατεύθυνση στον άξονα X και Y, κινούμενη και πάλι σε τροχιά πλάγιας βολής.

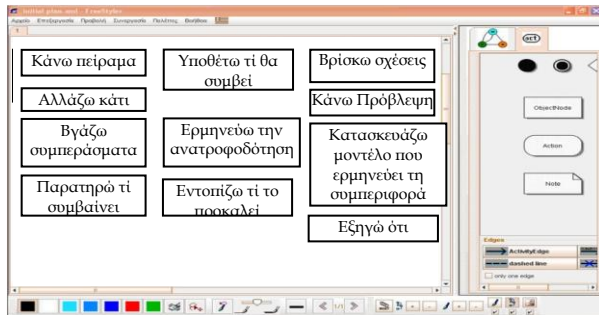
Για να κρατηθούν οι μπάλες στον αέρα, είναι σημαντικό οι παίχτες να επιλέξουν τιμές για την αρχική ταχύτητα και τη βαρυτική δύναμη που θα τους επιτρέψουν να προλαβαίνουν να χτυπούν τις μπάλες -χωρίς να τις αφήσουν να εξαφανίζονται από την οθόνη - φεύγοντας εκτός ορίων με μεγάλη ταχύτητα ή πέφτοντας στο έδαφος. Αν και στη διαδικασία σχεδιασμού ενός παιχνιδιού Ζογκκέρ -με σκοπό να παίξει με αυτό κάποιος άλλος παίχτης- μπορεί να καθορίζεται ακριβώς το αντίθετο αποτέλεσμα, σε κάθε περίπτωση, οι συνεργατικές διαδικασίες μοντελοποίησης στις οποίες εμπλέκονται οι μαθητές, μπορούν να φέρουν στο προσκήνιο διαδικασίες διεύρυνσης που σχετίζονται με την κίνηση και τις κρούσεις στο Νευτώνειο χώρο.

### ***Το περιβάλλον FreeStyler***

Το FreeStyler (Hoppe and Gafner, 2002) είναι ένα συνεργατικό ψηφιακό περιβάλλον (CSCL) που σχεδιάστηκε να υποστηρίζει σύγχρονες συζητήσεις μεταξύ μαθητών. Οι μαθητές (δουλεύοντας μόνοι τους ή σε ομάδες) μπορούν να χρησιμοποιούν το FreeStyler για να συζητούν και να επικοινωνούν διαδικτυακά τις ιδέες τους μέσω καρτών που τοποθετούν στην διαμοιραζόμενη επιφάνεια εργασίας. Στις κάρτες αυτές ενσωματώνεται κείμενο, το νόημα του οποίου σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί καθορίζει και το γεωμετρικό σχήμα της κάρτας μέσα στην οποία περικλείεται. Τοποθετώντας τις κάρτες αυτές στην επιφάνεια εργασίας και κάνοντας συνδέσεις μεταξύ τους, οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν στην επιφάνεια του FreeStyler συνεργατικούς χάρτες -όπως εννοιολογικούς χάρτες και χάρτες επιχειρηματολόγησης- καθώς και συνεργατικά «Πλάνα Εργασίας» για να περιγράψουν την πορεία των δραστηριοτήτων τους όταν διερευνούν μία κατάσταση. Οι κάρτες, που στην περίπτωση της κατασκευής ενός «Πλάνου Εργασίας» μπορεί να αντιστοιχούν σε φάσεις/στάδια διερεύνησης, μπορεί να είναι «κλειδωμένες» ή να επιτρέπουν στους μαθητές να συμπληρώνουν και τις δικές τους λέξεις και φράσεις.

Για τις ανάγκες του δικού μας σεναρίου, δημιουργήσαμε μία σειρά από κάρτες που τοποθετήσαμε σε τυχαία σειρά μέσα στην επιφάνεια εργασίας του FreeStyler. Οι κάρτες αυτές περιλάμβαναν κείμενο που αντιστοιχούσε σε φάσεις από τις οποίες είναι πιθανόν να περάσουν οι μαθητές καθώς θα εργαζόνταν με το μισο-ψημένο μικρόκοσμο του Ζογκκέρ για να σχεδιάσουν ένα παιχνίδι. Οι φάσεις αυτές προέκυψαν από το θεωρητικό πλαίσιο που αναφέρεται στη δόμηση της γνώσης μέσω κατασκευής (Constructionism) (Yiannoutsou et al., 2011) και συμπεριλάμβανε φράσεις όπως: «Κάνω πείραμα», «Αλλάζω κάτι», «Παρατηρώ τι συμβαίνει», «Βγάζω συμπεράσματα», «Υποθέτω τι θα συμβεί», «Ερμηνεύω την ανατροφοδότηση», «Εντοπίζω τι το προκαλεί», «Εξηγώ ότι», «Βρίσκω σχέσεις», «Κάνω Πρόβλεψη», «Κατασκευάζω μοντέλο που ερμηνεύει τη συμπεριφορά». Καθώς οι κάρτες δεν

ήταν «κλειδωμένες», οι μαθητές θα μπορούσαν να ενσωματώσουν σε αυτές επιπλέον σχόλια, λέξεις ή φράσεις για να εξηγήσουν με όσο το δυνατό μεγαλύτερη λεπτομέρεια την πορεία εργασίας τους.



**Εικόνα 2:** Το περιβάλλον FreeStyler. Στην επιφάνεια εργασίας του έχουν τοποθετηθεί μια σειρά από έτοιμες κάρτες.

## Μέθοδος

### Πλαίσιο και Συμμετέχοντες

Η έρευνα που περιγράφεται στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας με έξι μαθητές της 3ης Τάξης του 2ου Πειραματικού Γυμνασίου Αθηνών στο πλαίσιο ενός Ομίλου Φυσικής που είχε δημιουργηθεί στο σχολείο. Οι μαθητές που έλαβαν μέρος στην έρευνα χωρίστηκαν σε δύο Ομάδες με δική τους επιλογή και δούλεψαν για 3 σχολικές ώρες με τα ψηφιακά εργαλεία που τους δώσαμε. Από το Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας συμμετείχαν στη διαδικασία δύο ερευνητές, ενώ στο χώρο διεξαγωγής της έρευνας βρισκόταν και ο υπεύθυνος για τον Όμιλο Φυσικής εκπαιδευτικός που, όμως, δε συμμετείχε ενεργά.

Η μεθοδολογική προσέγγιση που υιοθετήθηκε βασίστηκε στη συμμετοχική παρατήρηση των δραστηριοτήτων των μαθητών σε πραγματικό χρόνο. Οι ερευνητές παρενέβαιναν στις συζητήσεις των μαθητών μόνο για να τους θέσουν καίρια ερωτήματα, να τους ενθαρρύνουν ώστε να επεξηγήσουν στα υπόλοιπα μέλη της ομάδας τις στρατηγικές που ακολουθούσαν και να τους παροτρύνουν να εκφράσουν και να υλοποιήσουν τις ιδέες τους.

### Συλλογή δεδομένων

Για τη συλλογή δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ένα λογισμικό που επέτρεπε την ταυτόχρονη καταγραφή ήχου και εικόνας από τον υπολογιστή και ήταν διαθέσιμο σε κάθε Ομάδα μαθητών.

Το σώμα των δεδομένων συμπληρώθηκε από τα Πλάνα Εργασίας που κατασκεύασαν οι μαθητές στο λογισμικό FreeStyler, τους νέους μικρόκοσμους που έφτιαξαν και προήλθαν από την αναδόμηση του μισοψημένου μικρόκοσμου του Ζογκλέρ, καθώς και τις σημειώσεις των ερευνητών.

Για την ανάλυση των δεδομένων εστιαστήκαμε σε ενδιαφέροντα επεισόδια όπου οι μαθητές χρησιμοποιώντας τα ψηφιακά εργαλεία προσπαθούν: 1) να εντοπίσουν τον τρόπο που δουλεύει το μοντέλο και συζητούν για τις έννοιες Φυσικής που είναι ενσωματωμένες, 2) να δημιουργήσουν Πλάνα Εργασίας για να αποτυπώσουν την πορεία των δραστηριοτήτων τους στη διαδικασία σχεδιασμού ενός παιχνιδιού.

Μονάδα ανάλυσης αποτέλεσε το θεματικό επεισόδιο, το οποίο ορίστηκε ως ένα απόσπασμα διαλόγων και πράξεων των μαθητών γύρω από κάποιο συγκεκριμένο θέμα.

### Δραστηριότητες

Μετά την ολοκλήρωση μιας δραστηριότητας εξοικείωσης με το περιβάλλον FreeStyler, δώσαμε στους μαθητές το μισοψημένο μικρόκοσμο του Ζογκλέρ (Κυπρίος, 2007). Ζητήσαμε από την κάθε Ομάδα μαθητών να δημιουργήσει ένα δικό της παιχνίδι με σκοπό να το δώσει

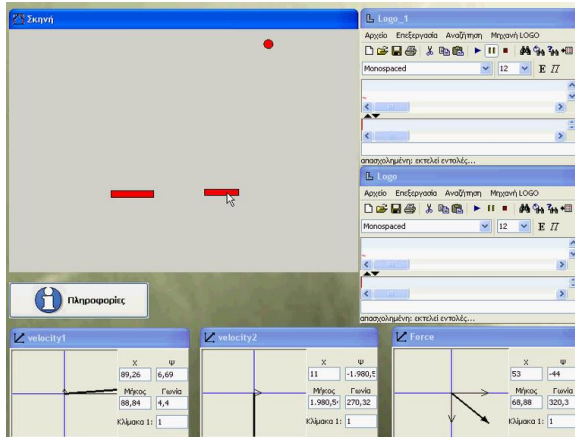
στην άλλη ομάδα να παίξει. Καθώς ο μισοψημένος μικρόκοσμος του Ζογκλέρ είναι ημιτελής από το σχεδιασμό του, προσκαλεί τους μαθητές να διερευνήσουν το μοντέλο που κρύβεται πίσω από την προσομοίωση που παράγεται και να το αλλάξουν ενσωματώνοντας τις δικές τους ιδέες σχετικά με τη δομή και τη λειτουργία του, σύμφωνα με το πώς αυτοί αντιλαμβάνονται τις έννοιες της φυσικής.

Για να περιγράψουν την πορεία εργασίας τους σε αυτή τη διαδικασία, τους ζητήθηκε να χρησιμοποιήσουν το περιβάλλον του FreeStyler. Στην επιφάνεια εργασίας του FreeStyler είχαμε ήδη τοποθετήσει χωρίς συγκεκριμένη δομή και σειρά, ένα σύνολο από κάρτες που περιέγραφαν συγκεκριμένες φάσεις εργασίας, όπως αυτές προέκυψαν μέσα από το θεωρητικό πλαίσιο που αναφέρεται στη δόμηση της γνώσης μέσω κατασκευής (Constructionism) (Yiannoutsou et al., 2011). Οι μαθητές μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν οποιεσδήποτε από τις διαθέσιμες κάρτες επιθυμούσαν και να τις τοποθετήσουν με τη σειρά που θεωρούσαν κατάλληλη ώστε να εκφράσουν την πορεία εργασίας τους κατά το σχεδιασμό ενός παιχνιδιού Ζογκλέρ. Καθώς οι κάρτες αυτές δεν ήταν κλειδωμένες, οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να προσθέσουν και δικό τους κείμενο ώστε να περιγράψουν – όπου το θεωρούσαν απαραίτητο – το πλάνο εργασίας τους με όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακρίβεια.

## Αποτελέσματα

Αφού δώσαμε αρκετό χρόνο στους μαθητές να παίξουν με το αρχικό παιχνίδι του μισοψημένου μικρόκοσμου του Ζογκλέρ (Κυπρίος, 2007), τους ζητήσαμε να συνεργαστούν ώστε να σχεδιάσουν ένα παιχνίδι με το οποίο θα έπαιζε η άλλη Ομάδα.

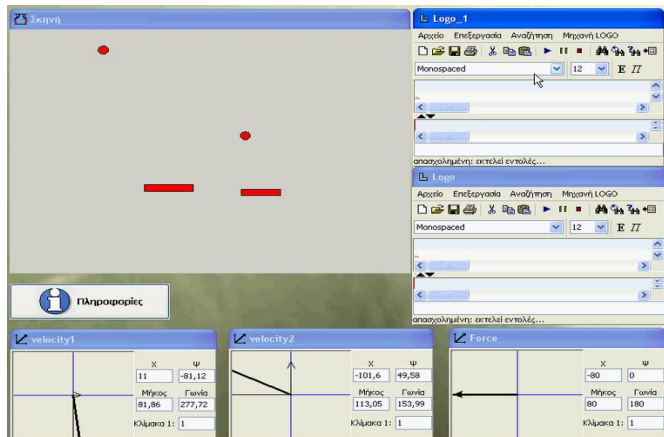
Οι μαθητές της Ομάδας Β, αφού έπαιξαν για αρκετή ώρα το παιχνίδι, αποφεύγοντας να κάνουν κάποια αλλαγή στα διανύσματα των αρχικών ταχυτήτων και της δύναμης του πεδίου, μετέβησαν στο FreeStyler και τοποθέτησαν τις ακόλουθες τέσσερις κάρτες στην επιφάνεια εργασίας του: «Υποθέτω τι θα συμβεί», «Κάνω Πείραμα», «Παρατηρώ τι συμβαίνει», «Αλλάζω κάτι» και «Εξηγώ ότι».



Πηγαινόντας πίσω στο μικρόκοσμο, τοποθέτησαν το διάνυσμα της δύναμης σε μια τυχαία, όπως φαίνεται, γωνία (320,03 μοίρες) και έτρεξαν το μοντέλο για να παρατηρήσουν το αποτέλεσμα της ενέργειας τους αυτής. **Εικόνα 3:** Οι μαθητές χειρίζονται το διάνυσμα της δύναμης και τρέχουν το μοντέλο.

Καθώς η μπάλα «εξαφανίστηκε» από την οθόνη, οι μαθητές πρόσθεσαν στην κάρτα «Αλλάζω κάτι» τη φράση «τη δύναμη που ασκεί το χέρι στο μπαλάκι» και στην κάρτα «Παρατηρώ ότι» το σχόλιο «το μπαλάκι ξέφυγε». Στην κάρτα «Εξηγώ» οι μαθητές επιχειρήσαν να δώσουν μία ερμηνεία στο γιατί δεν πρόλαβαν την μπάλα και εντόπισαν ότι αυτό που έφταιγε δεν ήταν η γωνία του διανύσματος αλλά το γεγονός ότι «μεγάλωσαν το μέτρο της δύναμης» (Εικόνα 5).

Στη συνέχεια των πειραματισμών τους, οι μαθητές δοκίμασαν μια σειρά από μικρές τιμές για το μέτρο της δύναμης, τόσο για φορά 90, όσο και για φορά 270 μοιρών. Παρατήρησαν ότι για τις 270 μοίρες κατάφεραν, χωρίς ιδιαίτερο κόπο, να χτυπήσουν τις μπάλες με τις

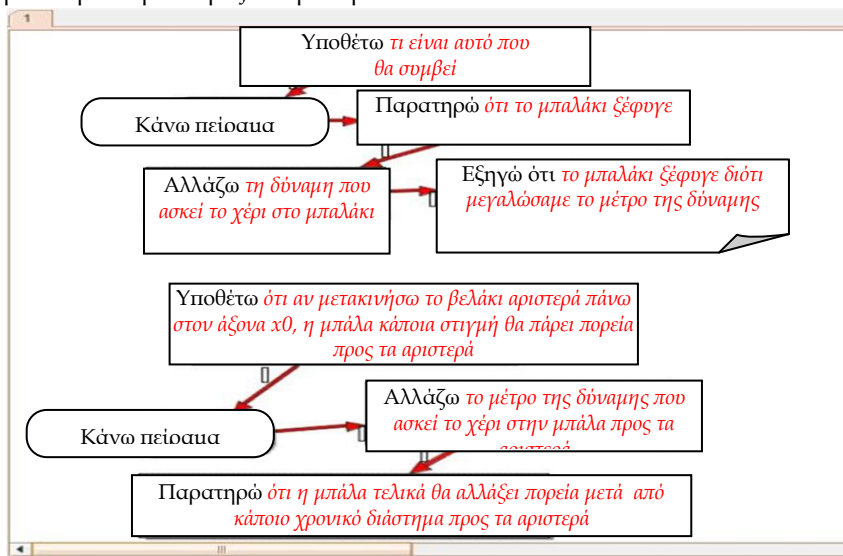


ρακέτες και να τις κρατήσουν για αρκετό διάστημα στον αέρα. Για να κάνουν, όμως, λίγο πιο δύσκολο το παιχνίδι για την άλλη Ομάδα, δοκίμασαν για το διάνυσμα της δύναμης και τις 180 μοίρες, γεγονός που είχε ως αποτέλεσμα η μπάλα να κινηθεί προς τα αριστερά και τελικά να εξαφανιστεί.

**Εικόνα 4:** Οι μαθητές χειρίζονται και πάλι το

διάνυσμα της δύναμης και τρέχουν το μοντέλο.

Οι μαθητές κατέγραψαν τις ενέργειες τους με το μικρόκοσμο τοποθετώντας και πάλι τις κάρτες «Υποθέτω τι θα συμβεί», «Κάνω Πείραμα», «Παρατηρώ τι συμβαίνει» και «Αλλάζω κάτι». Αυτή τη φορά όμως, τα επιπλέον σχόλια που τοποθέτησαν οι μαθητές στις κάρτες διακρίνονται από μεγαλύτερη λεπτομέρεια σε σχέση με πριν. Έτσι, στην κάρτα «Υποθέτω τι θα συμβεί» η φράση που πρόσθεσαν είναι πιο αναλυτική σε σχέση με πριν και αναφέρεται στην ιδέα ότι «αν μετακινήσω το βελάκι αριστερά πάνω στον άξονα  $x_0$ , η μπάλα κάποια στιγμή θα πάρει πορεία προς τα αριστερά».



**Εικόνα 5:** Το «Πλάνο Εργασίας» που δημιούργησαν οι μαθητές της Ομάδας Β

Με παρόμοιο τρόπο, η περιγραφή της ενέργειάς τους στο μικρόκοσμο στην κάρτα «Αλλάζω κάτι», αναφέρεται συγκεκριμένα στο τι είναι αυτό που άλλαξαν στο διάνυσμα της δύναμης («το μέτρο της δύναμης που ασκεί το χέρι στην μπάλα προς τα αριστερά»). Για να εξηγήσουν με ακρίβεια το τι είναι αυτό που παρατήρησαν να συμβαίνει ως αποτέλεσμα της ενέργειάς τους αυτής, στην κάρτα «Παρατηρώ τι συμβαίνει», εισήγαγαν και μια ακόμα, σημαντική για την κινηματική, έννοια, την έννοια του χρόνου.

## Συζήτηση

Το ενδιαφέρον μας στην παρούσα εργασία εστιάζεται στο πώς οι διαδικασίες μοντελοποίησης στις οποίες ενεπλάκησαν οι μαθητές καθώς σχεδιάζαν ένα παιχνίδι με το μισοψημένο μικρόκοσμο του Ζογκλέρ, έφεραν στο προσκήνιο διαδικασίες ανάπτυξης νοημάτων για έννοιες της φυσικής που σχετίζονται με την κίνηση στο Νευτώνειο χώρο. Για την αποτύπωση των διαδικασιών αυτών, ζητήσαμε από τους μαθητές να καταγράψουν στο περιβάλλον του FreeStyler τις ενέργειές τους με το μικρόκοσμο, χρησιμοποιώντας έτοιμες κάρτες στις οποίες μπορούσαν να εισάγουν και δικό τους κείμενο, ώστε να περιγράψουν με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια την πορεία εργασίας τους. Αν και οι προκατασκευασμένες κάρτες δεν είχαν καμία αναφορά σε έννοιες σε σχέσεις μεταξύ εννοιών που αναφέρονται σε νόμους κίνησης στο νευτώνειο χώρο, η ενασχόληση των μαθητών με το σχεδιασμό ενός παιχνιδιού για μια άλλη Ομάδα φαίνεται να έφερε στο προσκήνιο διερευνήσεις που αφορούσαν κυρίως το ρόλο της δύναμης στο μοντέλο πίσω από την παραγόμενη προσομοίωση.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι μαθητές της Ομάδας Β προσθέτουν αρκετά διευκρινιστικά σχόλια στο Πλάνο Εργασίας τους και η εξέλιξη της διαδικασίας ανάπτυξης νοημάτων αποτυπώνεται ανάγλυφα στο χάρτη που δημιουργείται στο FreeStyler.

Οι μαθητές ξεκινούν τον πρώτο γύρο των πειραματισμών τους βλέποντας τη δύναμη ως μονοδιάστατο μέγεθος, καθώς δεν λαμβάνουν υπόψη το γεγονός ότι, όταν χειρίζονται το διάνυσμα της δύναμης, δεν αλλάζουν μόνο το μέτρο της, αλλά και τη φορά της. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εξηγούν τα αποτελέσματα των πειραματισμών τους με το μικρόκοσμο, στο πρώτο κομμάτι του Πλάνου Εργασίας τους, κάνοντας αναφορά αποκλειστικά και μόνο στο μέτρο της δύναμης («Εξηγώ ότι το μπαλάκι ξέφυγε διότι μεγαλώσαμε το μέτρο της δύναμης»). Στο δεύτερο κομμάτι, όμως, του Πλάνου Εργασίας τους, οι μαθητές γίνονται πιο αναλυτικοί σε σχέση με τις ενέργειες που κάνουν στο μικρόκοσμο και τα αποτελέσματα που παρατηρούν ως αποτέλεσμα των ενεργειών αυτών. Έτσι, προσθέτουν στις κάρτες του Πλάνου Εργασίας σχόλια που αναφέρονται και στις παρεμβάσεις τους σε σχέση με το μέτρο της δύναμης που ασκεί η ρακέτα στη μπάλα, αλλά και στις παρεμβάσεις τους σε σχέση με τη φορά της. Τα εξειδικευμένα σχόλια που εισάγουν οι μαθητές στο Πλάνο Εργασίας τους φαίνεται να είναι το αποτέλεσμα μίας νέας σειράς πειραματισμών με το μικρόκοσμο, όπου, στην προσπάθειά τους να φτιάξουν ένα παιχνίδι που να μην είναι ούτε πολύ εύκολο αλλά ούτε και πολύ δύσκολο, δοκιμάζουν διαφορετικές τιμές για το μέτρο του διανύσματος, και διαφορετικές φορές. Καθώς η διαδικασία αυτή διακρίνεται από συστηματικότητα («Υποθέτω τι θα συμβεί», «Κάνω Πείραμα», «Αλλάζω κάτι» και «Παρατηρώ τι συμβαίνει»), οι μαθητές, μετά από κάθε αλλαγή στο μέτρο ή στη φορά του διανύσματος της δύναμης, ερμηνεύουν την ανατροφοδότηση που προκύπτει από την προσομοίωση του μοντέλου, και νοηματοδοτούν το ρόλο της έννοιας της δύναμης στην κίνηση που εκτελούν κάθε φορά οι μπάλες του Ζογκλέρ.

## Ευχαριστίες

Metafora: "Learning to learn together: A visual language for social orchestration of educational activities". EC - FP7-ICT-2009-5, Technology-enhanced Learning, Project No. 257872.

## Αναφορές

- Bliss, J. (1994). From mental models to modelling. In H. Mellar, J. Bliss, R. Boohan & J. Ogborn (Eds.) *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*. London: s.n.
- Dimitracopoulou, A. & Komis, V. (2005). Design Principles for a modeling environment for learning, modeling & collaboration in sciences, in C. Constantinou, Z. Zacharia and P. Commers (Guest Editors), *International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning (IJCEELL)*, Special issue on The Role of Information and Communication Technology in Science Teaching and Learning.
- Harel, I. & Papert, S. (1991). *Constructionism*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- Hoppe, H. U. & Gaßner, K. (2002). Integrating collaborative concept mapping tools with group memory and retrieval functions. In: G. Stahl, ed. *Computer Support for Collaborative Learning: Foundations for a CSCL Community*. s.l.:Lawrence.
- Kafai, Y. & Resnick, M. (1996). *Constructionism in Practice: Designing, Thinking, and Learning in A Digital World*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Kynigos, C. (2007). Half-Baked Logo microworlds as boundary objects in integrated design. *Informatics in Education*, 6(2), 335-358.
- Lemeignan, G. and Weil-Barais, A. (1993). *Construire des concepts en physique; l'enseignement de la mécanique*. Paris: Hachette).
- Ljung, L. (1987). *System Identification: Theory for the User*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs: NJ.
- de Jong, T. & van Joolingen, W. R., 2008. Model-Facilitated Learning. In: J. M. Spector, M. D. Merrill, J. van Merriënboer & M. P. Driscoll, eds. *Handbook of research on educational communications and technology (3rd edition)*. New York: Lawrence Erlbaum, 457-468.
- Louca, L., Constantinou, C. (2002). The use of computer-based microworlds for developing modeling skills in physical science: An example from light. *International Journal of Science Education*.
- Njoo, M. & de Jong, T. (1993). Exploratory learning with a computer simulation for control theory: Learning processes and instructional support. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 821-844.
- Neumann, Von J. (1947). The Mathematician. In R.B. Heywood (Ed.) *The Works of Mind*. The University of Chicago Press.
- Sherin, B. L. (2001). A comparison of programming languages and algebraic notation as expressive languages for physics. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6, 1-61.
- Smyrniou, Z., Moustaki, F., & Kynigos, C. (2011). METAFORA Learning Approach Processes Contributing To Students' Meaning Generation In Science Learning. In D. Gouscos, & M. Meimaris (Eds.), Proceedings of the 5th European Conference on Games Based Learning (ECGBL) (pp. 657-664). Athens, Greece: Academic Publishing Limited.
- Smyrniou Z. & Dimitracopoulou A. (2007). Inquiry learning using a technology-based learning environment. In (Ed) C. Constantinou & Z. Zacharia, Proceedings of 8th International Conference on Computer Based Learning in science (CBLIS), 31 June-6 July, Heraklion, Crete, 90-100.
- Smyrniou, Z. & Weil-Barais, A. (2005). Évaluation cognitive d'un logiciel de modélisation auprès d'élèves de collège. *Didaskalia*, 27, 133-149.
- Wilensky, U. & Reisman, K. (2006). Thinking Like a Wolf, a Sheep, or a Firefly: Learning Biology Through Constructing and Testing Computational Theories. *Cognition & Instruction*, 24, 171-209.
- Yiannoutsou, N. et al. (2011). Deliverable 3.1 - The scenarios, the microworlds and a description of the research design. *The METAFORA Project: "Learning to learn together: A visual language for social orchestration of educational activities"*.
- Zacharia, Z. & Anderson, O. R. (2003). The effects of an interactive computer-based simulations prior to performing a laboratory inquiry-based experiments on students' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, 71, 618-629.