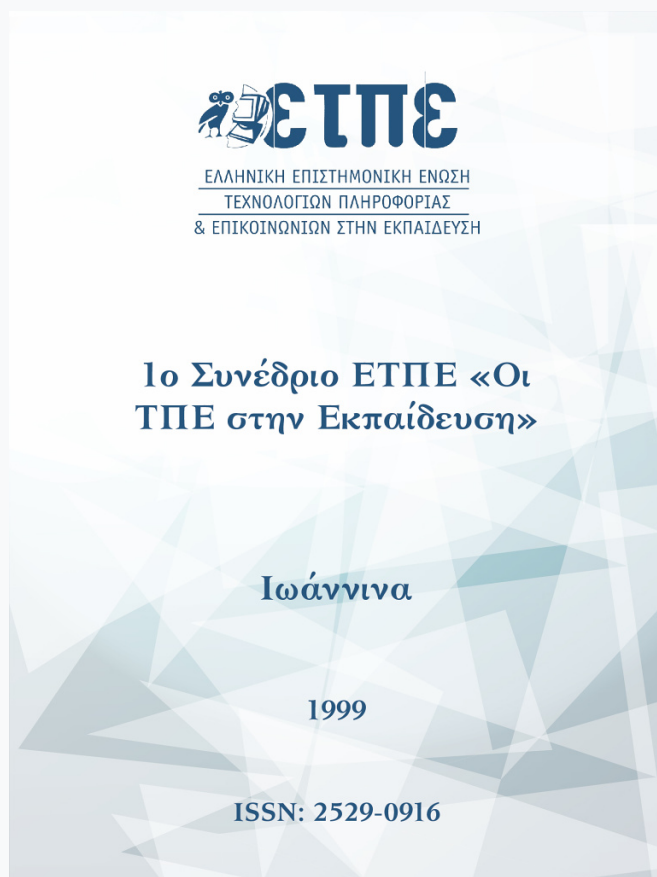


## Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (1999)

1ο Συνέδριο ΕΤΠΕ «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»



**MICRO WORLDS: ένα "ενοιολογικό" εργαστήριο για την εξερεύνηση Μαθηματικών, Φυσικής και Προγραμματισμού**

*N. Δαπόντες*

### Βιβλιογραφική αναφορά:

Δαπόντες Ν. (2022). MICRO WORLDS: ένα "ενοιολογικό" εργαστήριο για την εξερεύνηση Μαθηματικών, Φυσικής και Προγραμματισμού. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση, 1*, 288–296. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/4733>

# MICRO WORLDS:

## ένα "εννοιολογικό" εργαστήριο για την εξερεύνηση Μαθηματικών, Φυσικής και Προγραμματισμού

**N. Δαπόντες**

### **1. Ας θέσουμε το πρόβλημα**

Στο σχολικό περιβάλλον, από παράδοση η ανθρώπινη γνώση και οι μέθοδοι απόκτησης της παρέχονται στους νέους σε ασύνδετα μεταξύ τους μαθήματα ("στεγανά"). Στη σχολική τάξη, ο φυσικός, συχνά λέει στους μαθητές του ότι αυτό το κάνετε ή θα το κάνετε στα μαθηματικά, ο διδάσκων το μάθημα της Πληροφορικής επικαλείται τις γνώσεις των μαθητών του από τη φυσική ή τα μαθηματικά και ο διδάσκων τα Μαθηματικά ζητάει από τους μαθητές του να ανακαλέσουν τις γνώσεις τους από τη Φυσική.

*Με ποια προσέγγιση, στο πλαίσιο μαθημάτων στην αίθουσα Πληροφορικής, θα μπορούσαμε να σπάσουμε αυτά τα "στεγανά" ακόμα και με το δοσμένο σημερινό Αναλυτικό Πρόγραμμα;*

Μια πρώτη σκέψη μας οδηγεί στην πιο εύκολη λύση. Να αναζητήσουμε κάποιο έτοιμο εκπαιδευτικό λογισμικό (πρόγραμμα και παιδαγωγικές δραστηριότητες) το οποίο μας υπόσχεται ότι μπορούμε να πετύχουμε στη διδασκαλία μας τη διασύνδεση των τριών παραπάνω μαθημάτων. Αυτή η επιλογή είναι φανερό ότι στερεί το διδάσκοντα από το να συμμετέχει ο ίδιος και οι μαθητές του στη δημιουργία του λογισμικού. Με άλλα λόγια, τόσο η εργονομία του περιβάλλοντος διεπαφής όσο και οι λειτουργίες των κουμπιών και των επιλογέων (όπου υπάρχουν) είναι δοσμένα και αμετάβλητα. Απ' την άλλη, το μοντέλο στο οποίο βασίζεται κάθε φορά η συμπεριφορά ενός φαινομένου είναι "κρυμμένη", το γνωρίζει μόνο ο δημιουργός του λογισμικού και δεν επιτρέπεται στο χρήστη να παρεμβαίνει. Χαρακτηριστικό, επομένως, ενός τέτοιου λογισμικού είναι η *αδιαφάνεια* του μαθηματικού μοντέλου και η αδυναμία του χρήστη να παρεμβαίνει στο περιβάλλον διεπαφής.

*Όμως, τι θα μπορούσαμε να κάνουμε αν επιθυμούσαμε να έχει τόσο ο διδάσκων όσο και οι μαθητές δυνατότητες για πρωτοβουλίες σε όλες τις φάσεις διδασκαλίας και μάθησης;*

Μια καλή ιδέα είναι να αξιοποιήσουμε τις δυνατότητες που μας παρέχει ένα προγραμματιστικό περιβάλλον με σκοπό να πετύχουμε την επιθυμητή διασύνδεση αυτών των τριών μαθημάτων έτσι ώστε να εξοικειώνονται με φυσικό και ενεργητικό τρόπο οι μαθητές. Είναι προφανές ότι, θα χρειαστούμε ένα εργαλείο που να προσφέρει δυνατότητες εύκολου οπτικού και αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού πολυμέσων, με το οποίο θα επιδιώξουμε τους στόχους μας και μόνο για τις περιπτώσεις που μας εξυπηρετεί καλύτερα. Η πρότασή μας υποστηρίζει ότι το MICROWORLDS, ένα Logo-like περιβάλλον, αρκετά εύκολο στη χρήση και το οποίο προσφέρει δυνατότητες τόσο για τη διασύνδεση όσο και για την ανάπτυξη πρωτοβουλιών από το διδάσκοντα και ενεργητικής μάθησης από τη μεριά των

μαθητών. Αλλά, αυτό καθαυτό το λογισμικό ανοιχτού τύπου, δεν αρκεί. Έχουμε ανάγκη και από νέες *παιδαγωγικές δραστηριότητες* οι οποίες θα αποσκοπούν σε συγκεκριμένους στόχους γνώσης και μεθόδου. Ακόμα, οφείλουμε να λάβουμε υπόψη μας τόσο τις ιδέες για *πολλαπλές αναπαραστάσεις* (multiple representations) [1] όσο και για τον *άμεσο χειρισμό αντικειμένων* (direct manipulation) [2].

Ας συνοψίσουμε. Για να πετύχουμε το "σπάσιμο" των στεγανών και ταυτόχρονα να μη στερούμε από το διδάσκοντα την επιθυμία να παίρνει πρωτοβουλίες και από το μαθητή να συμμετέχει ενεργά και με δημιουργικό τρόπο στις διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης, προτείνουμε ένα συγκεκριμένο πληροφορικό περιβάλλον, το MICROWORLDS [3] του γνωστού S. Papert. Επιπλέον, τα δημιουργούμενα μικρά προγράμματα μπορούν να "τρέξουν" στο διαδίκτυο με τη βοήθεια ενός προγράμματος που προσφέρει δωρεάν η LCSÍ στη διεύθυνση [www.lcsi.ca.com](http://www.lcsi.ca.com).

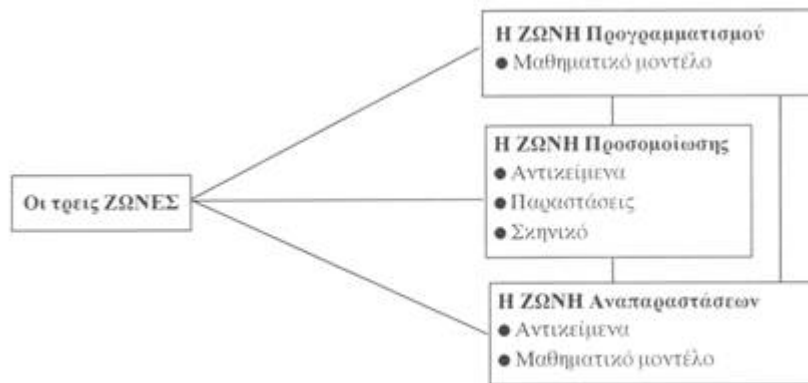
## **2. Τι επιθυμούμε να δημιουργήσουμε με το MICROWORLDS;**

Στην πιο απλή περίπτωση θέλουμε να έχουμε τρεις διαφορετικές περιοχές στην οθόνη, τις οποίες θα ονομάζουμε *ζώνες*, και που αντιπροσωπεύουν τις τρεις γνωστικές περιοχές. Σε κάθε περίπτωση θα θέλαμε να υπάρχει *επικοινωνία* μεταξύ των τριών ζωνών καθώς και η δυνατότητα να αισθητοποιείται κάθε *αλλαγή* που προκαλείται. Επιπλέον, έχουμε ανάγκη από μια σειρά *κουμπιών* (buttons) και *επιλογέων* (sliders) που θα μας εξυπηρετούν τόσο στο να επιτελείται κάποια εντολή με τα πρώτα όσο και στο να μπορούμε να αποδίδουμε τιμές σε μεγέθη με τα δεύτερα. Αυτά τα εργαλεία συνιστούν το *πεδίο των δράσεων*.

Σύμφωνα με την πρόταση μας, ο χρήστης θα έχει στη διάθεση του ταυτόχρονα τόσο το μοντέλο όσο και την προσομοίωση του φαινομένου μαζί με την αναπαράσταση της μεταβολής ενός σημαντικού μεγέθους.

### **α) Οι τρεις ζώνες και τα αντικείμενα**

Στην πρώτη περιοχή της οθόνης, την οποία ονομάζουμε *ζώνη προγραμματισμού*, επιθυμούμε να προγραμματίζουμε αυτό που θα θέλαμε να παρατηρούμε να εξελίσσεται στη δεύτερη περιοχή και που θα ονομάζουμε *ζώνη προσομοίωσης*. Εδώ, χρειαζόμαστε ένα ή *περισσότερα αντικείμενα* στα οποία εμείς δίνουμε τα σχήματα και τις ιδιότητες που επιθυμούμε. Το τι θα κάνουν τα αντικείμενα, αυτά προσδιορίζεται από το πρόγραμμα που καταγράφεται στην πρώτη ζώνη. Για παράδειγμα, στη ζώνη προσομοίωσης μπορούμε να έχουμε ως αντικείμενα δύο σφαίρες, μια μικρή κόκκινη και μια μεγαλύτερη μπλε, οι οποίες *vet* ταλαντώνονται με διαφορετικές συχνότητες. Στη ζώνη προγραμματισμού θα υπάρχουν τα αντίστοιχα μαθηματικά μοντέλα των ταλαντώσεων. Στην τρίτη περιοχή της οθόνης, που θα ονομάζουμε *ζώνη αναπαραστάσεων*, θα παίρνουμε ποικίλες (συμβολικές) αναπαραστάσεις είτε γραφικής μορφής είτε αλγεβρικής. Και εδώ, χρειαζόμαστε ένα ή περισσότερα αντικείμενα στα οποία να δίνουμε τις επιθυμητές ιδιότητες μέσα από τη ζώνη προγραμματισμού.



Η ζώνη προγραμματισμού συνιστά τον πυρήνα ενός μικρού εξειδικευμένου λογισμικού και μπορεί να εμπεριέχει ρητά τα μαθηματικά μοντέλα που είναι απαραίτητα για να λειτουργήσουν οι δύο άλλες ζώνες. Έτσι, στην πιο απλή περίπτωση, οι εντολές εκπορεύονται από τη ζώνη προγραμματισμού και απευθύνονται στα αντικείμενα των δύο άλλων ζωνών. Η ανατροφοδότηση επιτυγχάνεται είτε οπτικά είτε με την ανάγνωση των τιμών ειδικά επιλεγμένων μεγεθών.

### β) Το πεδίο δράσεων και ελέγχου

Με τον προγραμματισμό μπορούμε να έχουμε στην οθόνη την εξέλιξη ενός φαινομένου αλλά αυτό, βέβαια, δεν είναι ικανοποιητικό. Το πιο σημαντικό βρίσκεται στο να μπορούμε να παρεμβαίνουμε στην εξέλιξη με το να αλλάζουμε ή με το να ζητάμε την τιμή ενός μεγέθους. Μ' άλλα λόγια, να είμαστε σε θέση να ανακρίνουμε το φαινόμενο ή να ζητάμε κάποια αλλαγή του.

Γ' αυτό το σκοπό το πεδίο δράσεων περιλαμβάνει κυρίως δύο κατηγορίες εργαλείων: τα *κουμπιά* και τους *επιλογείς*. Το ενδιαφέρον είναι ότι η δράση-παρέμβαση γίνεται κατά τη στιγμή της εξέλιξης ενός φαινομένου με το πάτημα του κουμπιού ή με την αλλαγή της τιμής μιας μεταβλητής ενός επιλογέα. Επιπλέον, το περιβάλλον μας προσφέρει ένα μικρό *σχεδιαστικό πακέτο* με δυνατότητες να σχεδιάζουμε εύκολα και γρήγορα το "σκηνικό" της προσομοίωσης.

Η επιλογή του περιβάλλοντος MICROWORLDS μας εξασφαλίζει όλα τα παραπάνω εφόσον προσφέρει διάφορα εργαλεία όπως:

- *αντικείμενα* (objects) στα οποία εμείς δίνουμε το σχήμα και τις ιδιότητες που επιθυμούμε,
- *πλαίσια* τα οποία παίζουν το ρόλο editor για να παρουσιάζουμε ποικίλα μι-

κρά εξειδικευμένα προγράμματα ή να παρουσιάζεται ένα κείμενο.

- *κουμπιά* (buttons) τα οποία προγραμματίζονται και παίρνουν το σχήμα που εμείς θέλουμε,
- επιλογείς τιμών μεταβλητών (sliders) αλλά και παρουσίαση τιμών μιας μεταβλητής,
- προβολή *video*
- αυτόνομο *σχεδιαστικό* πακέτο για να σχεδιάζουμε το "σκηνικό" που επιθυμούμε
- μεταφορά εικόνων (.BMP, .GIF, JPG, .PCX και .TGA), ήχων, μουσικής και κειμένων από άλλα πακέτα
- δημιουργία προγραμμάτων τα οποία "τρέχουν" και σε ιστοσελίδα του διαδικτύου.

Ο προτεινόμενος δρόμος είναι και ο πιο απαιτητικός. Αφετηρία του έχει ένα περιβάλλον εφαρμογών όπως είναι το MICROWORLDS. Τόσο ο προγραμματισμός και το σενάριο όσο και οι παιδαγωγικές δραστηριότητες περιορίζονται μόνο από τη φαντασία των διδασκόντων και των μαθητών. Μπορούμε να πραγματοποιήσουμε απλές προσομοιώσεις στο πλαίσιο του Προγράμματος Σπουδών και να φτιάξουμε ότι κουμπιά και επιλογείς επιθυμούμε χωρίς περιορισμούς.

### **3. Πως δημιουργούμε μικρά και ευέλικτα προγράμματα μοντελοποίησης;**

*Με αφετηρία την υπόθεση ότι η μάθηση διευκολύνεται με την οικοδόμηση μοντέλων*[4,5] προτείνουμε στους διδάσκοντες να ασχοληθούν μαζί με τους μαθητές τους με διαδικασίες *μοντελοποίησης* απλών φυσικών φαινομένων ώστε να επιτευχθεί στο μέγιστο βαθμό η ποθητή οικοδόμηση των γνώσεων. Η προτεινόμενη προσέγγιση εξασφαλίζει την παιδαγωγική ελευθερία του διδάσκοντα και την ενεργητική μάθηση των μαθητών μέσα από τον πειραματισμό των ιδεών τους [6]. Αυτό σημαίνει ότι στην προτεινόμενη διδασκαλία που κυριαρχεί η ιδέα της μοντελοποίησης, ο διδάσκων αναλαμβάνει το ρόλο του *διαμεσολαβητή* ενώ για το μαθητή επιφυλάσσεται η εικόνα του *σχεδιαστή και εξερευνητή των ιδεών του* [7]. Απ' την άλλη, η στρατηγική του σχεδιασμού και της παραγωγής ενός μικρού λογισμικού (*τελικό προϊόν*) περνάει από διάφορες φάσεις μοντελοποίησης που προσφέρουν σημαντικές ευκαιρίες για τη μάθηση.

Σε ότι αφορά το περιβάλλον διεπαφής θεωρούμε ότι είναι ευνοϊκό για τη μάθηση το να εμφανίζονται στην οθόνη όλες οι αναπαραστάσεις και (σχεδόν) τίποτα να μην κρύβεται. Έτσι, διευρύνονται τα όρια παρέμβασης και η δυνατότητα ανάπτυξης πρωτοβουλιών.

Τα παραδείγματα που ακολουθούν σκοπό έχουν να πείσουν, όσο γίνεται, τους ενδιαφερόμενους εκπαιδευτικούς ότι για ορισμένα διδακτικά αντικείμενα (κυρίως από την περιοχή της Μηχανικής και των γραφικών παραστάσεων) είναι πολύ πιο ενδιαφέρον να δημιουργούν οι ίδιοι μαζί με τους μαθητές τους μικρά και ευέλικτα προγράμματα ώστε να ικανοποιούνται οι δικοί τους διδακτικοί στόχοι από το να "καταναλώνουν" τα έτοιμα από άλλους προγράμματα του εμπορίου.

Τα φαινόμενα που μας ενδιαφέρουν είναι απλά οπότε η μοντελοποίηση τους απαιτεί

στοιχειώδεις γνώσεις από τα μαθηματικά και τη φυσική. Ιδιαίτερα για τα φαινόμενα μονοδιάστατων κινήσεων η προσομοίωση τους απαιτεί την εφαρμογή της μεθόδου Newton - Feynman, κατάλληλη για την προσεγγιστική επίλυση της διαφορικής εξίσωσης  $\mathbf{F} = m \mathbf{dv}/dt$  όπου  $\mathbf{v} = d\mathbf{x}/dt$ . Στις περισσότερες περιπτώσεις χρειάζεται να επιστρατεύσουμε τους νόμους που διέπουν τα φαινόμενα και είναι γνωστοί στους μαθητές.

### α) Η ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση και η παραβολή

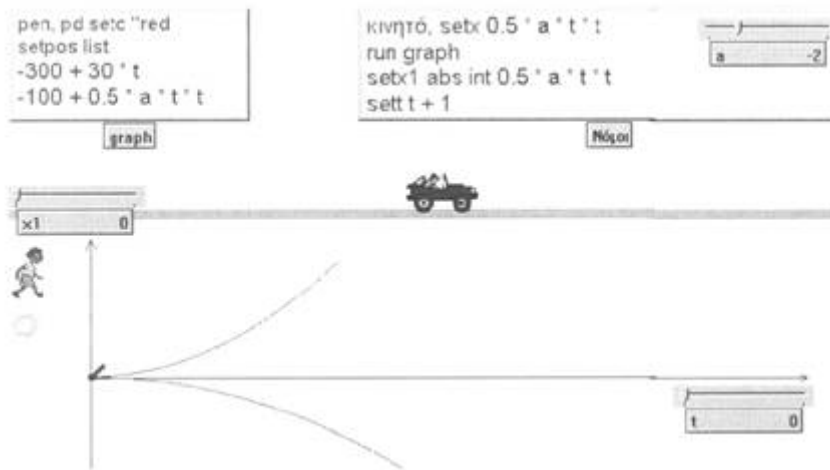
Μετά την απόφαση να επιλέξουμε το φαινόμενο *επιταχυνόμενη κίνηση οφείλουμε να επινοήσουμε* ένα "σενάριο" στο οποίο να περιγράφεται, σε γενικές γραμμές, όχι μόνο το τι θέλουμε να παρουσιάζεται στην οθόνη αλλά και τι άλλο θα μπορούσαμε να κάνουμε.

Στο παράδειγμα που ακολουθεί επιθυμούμε να έχουμε την *προσομοίωση* μιας επιταχυνόμενης κίνησης με *επιλεγόμενη επιτάχυνση* (θετική και αρνητική) και με δυνατότητα *ταυτόχρονης γραφικής αναπαράστασης* θέσης - χρόνου. Επίσης, θέλουμε να έχουμε την *αλγεβρική αναπαράσταση* της κίνησης (με τη μορφή εξίσωσης κίνησης) με δυνατότητα να παρεμβαίνουμε και να την αλλάζουμε. Επιπλέον, θέλουμε να εμφανίζεται στην οθόνη το πρόγραμμα το οποίο μας επιτρέπει να πραγματοποιείται τόσο η κίνηση όσο και η γραφική παράσταση.

Σύμφωνα με το σενάριο, το πρόγραμμα οφείλει να περιλαμβάνει: i) τις ζώνες και τα αντικείμενα που μας ενδιαφέρουν και ii) το πεδίο δράσεων.

Επιλέγουμε τρεις ζώνες. Μία για τον προγραμματισμό της προσομοίωσης και της γραφικής παράστασης (σε δύο ξεχωριστά πλαίσια), μία δεύτερη για την προσομοίωση της κίνησης και μία τρίτη για τη γραφική παράσταση. Ως αντικείμενα επιλέγουμε ένα αυτοκινητάκι (για την προσομοίωση) και ένα μολύβι (για να χαράσσει τη γραφική παράσταση). Αυτά τα αντικείμενα είναι οι γνωστές "χελώνες", έχουν ταυτότητα και όνομα (*κινήτο*, για το αυτοκινητάκι και *pen*, για το μολύβι), και παίρνουν εντολές από τη ζώνη προγραμματισμού. Για να παρουσιάζονται οι τιμές θέσης και χρόνου, ταυτόχρονα με την κίνηση, μπορούμε να χρησιμοποιούμε δύο sliders, τους  $x$  1 και  $t$ .

Το πεδίο δράσεων περιλαμβάνει ένα *slider επιλογής της επιτάχυνσης*, ένα κουμπί για το ξεκίνημα (run) και το πάγωμα της κίνησης και ένα δεύτερο για το σβήσιμο των γραφικών παραστάσεων.

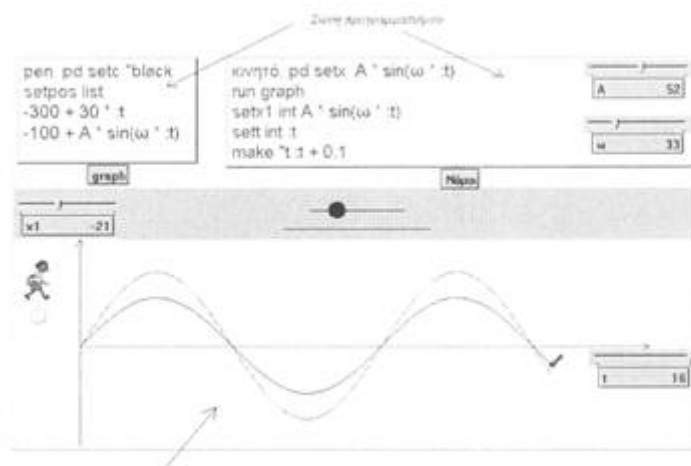


Χωρίς να υπεισεέλθουμε στη λογική του προγραμματισμού γίνεται φανερό ότι με μια και συγκεκριμένη εντολή σε κάθε αντικείμενο επιτυγχάνεται

- η προσομοίωση της κίνησης για το αυτοκινητάκι,  
**κινητό, setx 0.5 \* a \* t \* t** (που αντιπροσωπεύει την κίνηση με σταθερή επιτάχυνση δηλαδή την εξίσωση κίνησης  $x = 1/2 a t^2$ ) και
- η χάραξη της γραφικής παράστασης για το μολύβι,  
**pen, setpos list -300+30\*t -100+0.5 \* a \* t \* t** (που αντιπροσωπεύει την ιδέα να τοποθετείται το μολύβι στη θέση με τις παραπάνω συντεταγμένες για το χρόνο και τη θέση).  
 Απ' την άλλη, με την εντολή  
**setx1 abs int 0.5 \* a \* t \* t** ζητάμε από τον επιλογέα **x1** να παίρνει τις απόλυτες (**abs**) και ακέραιες (**int**) τιμές της θέσης που δίνεται από την εξίσωση  $0.5 * a * t * t$  και με την εντολή  
**set t + 1** ζητάμε από τον επιλογέα **t** να παίρνει ακέραιες τιμές του χρόνου.

## β) Η απλή αρμονική ταλάντωση και οι τριγωνομετρικές συναρτήσεις

Ένα από τα πιθανά σενάρια είναι και αυτό που ακολουθεί. Στο παράδειγμα επιθυμούμε να έχουμε την προσομοίωση της απλής αρμονικής ταλάντωσης ενός κινητού με επιλεγόμενο πλάτος και κυκλική συχνότητα και με δυνατότητα ταυτόχρονης γραφικής αναπαράστασης θέσης - χρόνου.



Επίσης, θέλουμε να έχουμε την *αλγεβρική αναπαράσταση* της κίνησης (με τη μορφή εξίσωση κίνησης) με δυνατότητα να παρεμβαίνουμε και να την *αλλάζουμε*. Επιπλέον, θέλουμε να εμφανίζεται στην οθόνη το πρόγραμμα το οποίο μας επιτρέπει να πραγματοποιείται τόσο η κίνηση όσο και η γραφική παράσταση.

Με άλλα λόγια, ακολουθούμε τη λογική του πρώτου παραδείγματος και έχουμε

- την προσομοίωση της κίνησης για τη σφαίρα,

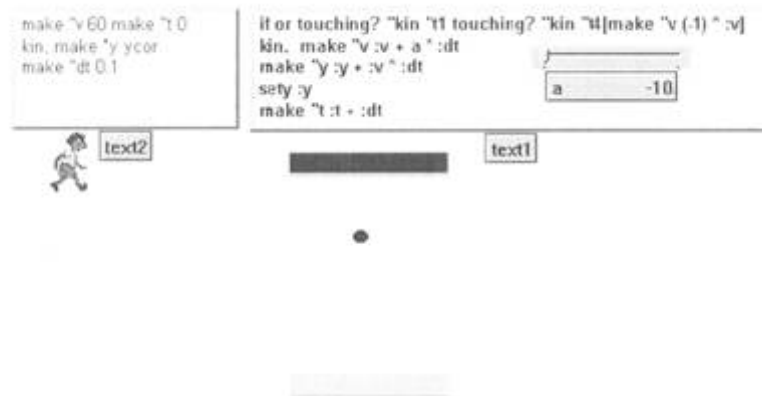
**κίνητο**, **setx**  $A * \sin(\omega * t)$  (που αντιπροσωπεύει την απλή αρμονική δηλαδή την εξίσωση κίνησης  $x = A * \sin(\omega * t)$ ) και

- τη χάραξη της γραφικής παράστασης,

**pen**, **setpos list**  $-300+30*t$   $-100+ A * \sin(\omega * t)$  (που αντιπροσωπεύει την ιδέα να τοποθετείται το μολύβι στη θέση με τις παραπάνω συντεταγμένες για το χρόνο και τη θέση).

### γ) Οι αναπηδήσεις μιας σφαίρας και η επίλυση διαφορικής εξίσωσης

Το σενάριο. Ένα αντικείμενο - μια μικρών διαστάσεων σφαίρα - εκτοξεύεται με αρχική ταχύτητα σε πεδίο με επιλεγόμενη *επιτάχυνση βαρύτητας* (θετική ή αρνητική) και όποτε συναντάει μία από τις δύο επιφάνειες αντιστρέφεται η ταχύτητα του αντικειμένου.



Με κλικ και σύρσιμο μεταφέρουμε τόσο τη σφαίρα όσο και τις δύο επιφάνειες που λειτουργούν ως ανακλαστήρες σε όποια θέση επιθυμούμε. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η παρακολούθηση της κίνησης σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη αλλαγή των τιμών της επιτάχυνσης της βαρύτητας με τη βοήθεια του επιλογέα  $a$ .

Στο πρόγραμμα διακρίνουμε το πλαίσιο των αρχικών συνθηκών και το πλαίσιο της κίνησης. Για το τελευταίο, χρησιμοποιούμε τους ορισμούς

της ταχύτητας  $v \rightarrow v + a \, dt$  (η ταχύτητα ισούται με την προηγούμενη ταχύτητα αυξημένη κατά  $a \, dt$ )

και της θέσης  $x \rightarrow x + v \, dt$  (η θέση ισούται με την προηγούμενη θέση αυξημένη κατά  $v \, dt$ ) με το χρόνο να αυξάνει κατά  $dt=0.1$  ( $t \rightarrow t+dt$ ) [8] σε μια επαναληπτική διαδικασία.

#### 4. Επίλογος

Η εισήγησή μας σκοπό έχει να επαναφέρει την ιδέα του S. Papert, να αξιοποιήσουμε ένα περιβάλλον Logo-like με σκοπό να "κάνουμε" Μαθηματικά ή Φυσική. Κατά τη γνώμη μας, μέχρι τώρα, η πρόταση συναντούσε ανυπέβλητες δυσκολίες εξαιτίας των φτωχών δυνατοτήτων που προσέφερε το περιβάλλον της Logo. Σήμερα, το ανοιχτό περιβάλλον πολυμέσων MICROWORLDS προσφέρει τέτοιες ευκολίες που δεν διστάζουμε να φέρουμε ξανά στο προσκήνιο την ιδέα να προγραμματίζει ο μαθητής με την καθοδήγηση του διδάσκοντα τον υπολογιστή με σκοπό να εξερευνά τις ιδέες του, να επικοινωνεί με άλλους, να μοιράζεται τις ιδέες του [9,10]. Με την προτεινόμενη προσέγγιση εξασφαλίζεται στο μεγαλύτερο βαθμό τόσο η ενεργητική μάθηση όσο και η παιδαγωγική ελευθερία του διδάσκοντα.

## Αναφορές

1. Δαπόντες Ν., Ραβόνης Κ. (1998). Ο ρόλος των πολλαπλών αναπαραστάσεων και των δραστηριοτήτων στη σχεδίαση ενός εκπαιδευτικού λογισμικού κινηματικής, παρουσίαση στο 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο του Π.Τ.Δ.Ε. Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 29-31 Μαΐου.
2. Teodoro V. (1990). *Direct manipulation of physical concepts in a computerized exploratory laboratory*. In "Proceedings of the NATO Advanced Workshop on Computer - Based learning Environments and Problem Solving" Leuven, Belgium.
3. MICROWORLDS (1998), LCSl, έκδοση 2.03. 1998 (www.lcsi.ca.com)
4. Miller R. (1993). *Educational tools for computational modelling*. In "Computers and Education", 22.
5. Webb M. (1993), *Computer-based modeling in school science*. In "School Science Review", Vol. 74.
6. Nathan M. (1991), *A simple learning environment improves mathematical reasoning*. In "Intelligent Tutoring media" Vol. 2.
7. Disessa A. (1990). *Image of learning*. In "Proceedings of the NATO Advanced Workshop on Computer - Based learning Environments and Problem Solving" Leuven, Belgium.
8. Δαπόντες Ν. (1989), *Η διδασκαλία της Logo στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Μια εναλλακτική παιδαγωγική. Επιμέλεια - πρόλογος, Ανθουλιάς Τάσος, εκδ. Gutenberg, Αθήνα*.
9. Friendly M. (1989). *Advanced Logo, a language for learning*. LEA, N.Jersey.
10. LoughT. (1986), *Logo and Physics*. In *Physics Teacher*. Jan.