ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2003)

2ο Συνέδριο Σύρου στις ΤΠΕ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΚΑΙ ΡΟΛΟΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ - ΜΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΒΟΛΗΣ

Αντώνης Αντωνίου

Βιβλιογραφική αναφορά:

Αντωνίου Α. (2025). ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΚΑΙ ΡΟΛΟΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ - ΜΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΒΟΛΗΣ . *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 601–611. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/7177

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΚΑΙ ΡΟΛΟΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ - ΜΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΒΟΛΗΣ

Αντωνίου Αντώνης
Φυσικός Δ.Ε., Επιμορφωτής ΤΠΕ
antoniou@sch.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με την παρούσα εργασία επιχειρείται, αφ' ενός μια προσέγγιση ενός γνωστικού αντικειμένου της φυσικής, το οποίο είναι η οριζόντια βολή, και αφ' ετέρου η ανάδειξη ρόλων για τρία από τα λογισμικά που έχουμε στην διάθεσή μας, το Interactive Physics, το Geometer's Sketchpad και το Modellus.

Οι γενικές παιδαγωγικές αρχές, στις οποίες στηρίζεται η ανάπτυξη της προσέγγισης, είναι:

- *να ανατίθεται στους μαθητές ο σχεδιασμός και η χρήση των μικρόκοσμων που παρέχουν τα λογισμικά, ώστε να είναι ενεργοί και συμμετοχικοί στην μαθησιακή διαδικασία.*
- *να αντιληφθούν οι μαθητές την φύση και την λειτουργία της επιστήμης. Η επιστήμη δεν αφορά μόνο κάποιες δυσνόητες ιδιοφυΐες αλλά όλους τους ανθρώπους και*
- *να συνειδητοποιήσουν ότι η προσπάθεια που σκοπεύει στην γνώση δεν αρχίζει και τελειώνει με την αποστήθιση του περιεχόμενου ενός βιβλίου, αλλά είναι συνεχής προσπάθεια που συντελείται σε ένα περιβάλλον, το οποίο περιλαμβάνει τους συμμαθητές τους, τους δασκάλους, τα βιβλία, τους υπολογιστές και τα λογισμικά, το εργαστήριο.*

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Εκπαιδευτικά λογισμικά, Modellus, The Geometer's Sketchpad, Interactive Physics, οριζόντια βολή, προσομοίωση, μοντελοποίηση.*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γιατί τα σώματα που βάλλονται οριζόντια κινούνται διαγράφοντας αυτές τις γνωστές καμπύλες τροχιές; Τι μεταβάλλεται και τι παραμένει σταθερό στην κίνησή τους; Είναι δυνατόν να περιγραφεί η κίνηση αυτών των σωμάτων, οι μεταβολές με άλλα λόγια που παθαίνουν, με τον ακριβή τρόπο που προσφέρουν τα μαθηματικά; Ποια μέσα – εργαλεία υπάρχουν διαθέσιμα στο ελληνικό σχολείο τα οποία βοηθούν την διδασκαλία και την μάθηση σε αυτή την γνωστική περιοχή;

Ο Γαλιλαίος είχε ανακαλύψει πειραματικά ότι η τροχιά ενός βλήματος είναι μια παραβολή, μια καμπύλη γνωστή στους αρχαίους Έλληνες. Ο Νεύτωνας αντιλήφθηκε ότι είναι αναγκαίο να βρούμε σχέσεις ανάμεσα στις μεταβολές των μεγεθών και συμπέρανε ότι αν η θέση του βλήματος μεταβάλλεται με πολύπλοκο τρόπο, η ταχύτητα μεταβάλλεται απλούστερα και η επιτάχυνση πολύ απλά.

Ας θεωρηθεί, λοιπόν, ότι ένα σώμα βάλλεται οριζόντια με ταχύτητα 5m/s, από ύψος 10 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας.

INTERACTIVE PHYSICS

Είναι το βασικό λογισμικό για προσομοιώσεις. Στο περιβάλλον του IP εισάγονται σώματα που έχουν φυσικές ιδιότητες, όπως μάζα, φορτίο και η επιφάνεια εργασίας μπορεί να οριστεί να είναι πεδίο βαρυτικών, ηλεκτρικών δυνάμεων. Οι θέσεις των σωμάτων καθορίζονται στο καρτεσιανό επίπεδο.

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΙΑΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΒΟΛΗΣ

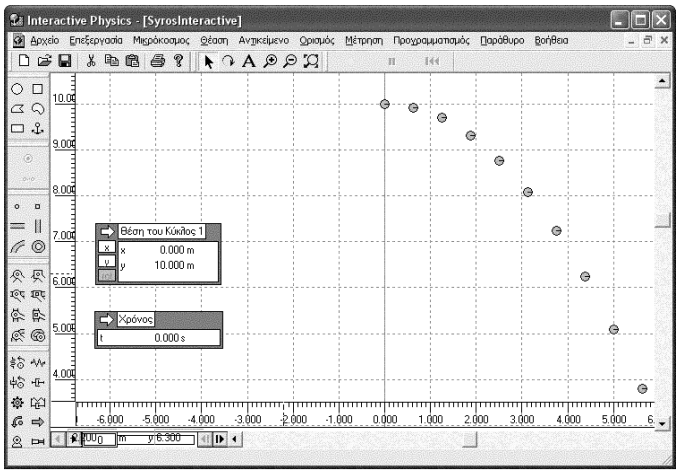
Στο παραδοσιακό μάθημα γίνεται συνήθως ένα σκαρίφημα, στον πίνακα ή στο χαρτί, σχεδιάζεται η τροχιά που διαγράφει το σώμα και καλούνται όλοι να συμφωνήσουν, βασισμένοι στην εμπειρία, ότι η τροχιά αυτή είναι καμπύλη γενικά. Γίνεται λόγος για μετρήσεις μηκών και χρόνου. Επίσης συχνά αναφέρεται η μέθοδος της χρονοφωτογράφησης.

Στην προσομοίωση συμπεριλαμβάνονται όλα αυτά τα στοιχεία. Η διαδικασία της σύνθεσης αφήνεται στους μαθητές, οι οποίοι με την κατάλληλη καθοδήγηση:

- Δημιουργούν ένα κυκλικό σώμα στο περιβάλλον του IP και από την επιλογή Παράθυρο - Ιδιότητες θέτουν συντεταγμένες (0,10) και ταχύτητα του σώματος κατά τα θετικά του οριζόντιου άξονα ίση με 5 m/s.
- Εισάγουν μετρητές για την θέση του σώματος από την επιλογή Μέτρηση - Θέση – Όλα
- Εισάγουν χρονόμετρο από την επιλογή Μέτρηση – Χρόνος
- Επιλέγουν να αποτυπώνεται το ίχνος του σώματος σε κάθε πλαίσιο (Μικρόκοσμος – Εμφάνιση ίχνους – Κάθε πλαίσιο)

Στην επιλογή Μικρόκοσμος – Βαρύτητα καθορίζεται να υπάρχει κατακόρυφη βαρύτητα. Αυτό σημαίνει ότι ο χώρος εργασίας του λογισμικού είναι ένα πεδίο βαρύτητας με ένταση αυτή που αναφέρεται και όλα τα σώματα που βρίσκονται μέσα στο χώρο αυτό δέχονται βαρυτική δύναμη.

Επίσης στην επιλογή Μικρόκοσμος - Ακρίβεια ορίζεται βήμα ολοκλήρωσης 0,125. Αυτό θα είναι και το χρονικό βήμα με το οποίο αποτυπώνονται τα ίχνη στην κίνηση του σώματος. Είναι, αν επρόκειτο για χρονοφωτογράφηση, το χρονικό διάστημα ανάμεσα στην λήψη δύο στιγμιότυπων.



Εικόνα 1

Εκτελείται η προσομοίωση και γίνονται παρατηρήσεις για το βήμα με το οποίο λαμβάνονται στιγμιότυπα (dt) και το πόσα στιγμιότυπα καταγράφονται μέχρι το σώμα να φτάσει στο έδαφος (ο άξονας των χ).
Με εκτέλεση της προσομοίωσης βήμα προς βήμα παρέχεται η δυνατότητα να συμπληρωθεί η πρώτη στήλη του Πίνακα 1.

Η ΕΞΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΕ ΑΡΧΕΙΟ.

Για να εξαχθούν τις μετρήσεις των θέσεων του σώματος σε αρχείο επιλέγεται:

- Ο κατάλληλος μετρητής
- Αρχείο – Εξαγωγή και ακολουθείτε η διαδικασία αποθήκευσης αρχείου. Υπάρχει η δυνατότητα να καθορίζεται ο αριθμός των μετρήσεων που θα καταγραφούν.

Το αρχείο που παράγεται, με την επέκταση dta, είναι αναγνώσιμο από το Notepad και από το Excel. Η ανάγνωση με το Excel είναι προτιμότερη γιατί με επιλογή και αντιγραφή των κελιών, που περιέχουν τις μετρήσεις, εξασφαλίζεται η αυτόματη εισαγωγή τους, επικόλληση, στο επόμενο λογισμικό, το Sketchpad.

SKETCHPAD

Είναι ένα λογισμικό που απευθύνεται, κυρίως, στους μαθηματικούς για το μάθημα της Γεωμετρίας. Γίνεται όμως ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο και για τους φυσικούς. Στη παρούσα μελέτη της οριζόντιας βολής, θα χρησιμοποιηθεί το Sketchpad για τον εύκολο χειρισμό του καρτεσιανού επιπέδου και τους μετασχηματισμούς γεωμετρικών αντικειμένων που παρέχει.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Τα δεδομένα είναι οι μετρήσεις που ελήφθησαν από την μελέτη της προσομοίωσης του φαινομένου της οριζόντιας βολής. Είναι αφ' ενός οι θέσεις του

σώματος και αφ' ετέρου το χρονικό βήμα με το οποίο λαμβάνονταν τα στιγμιότυπα. Στο περιβάλλον του Sketchpad

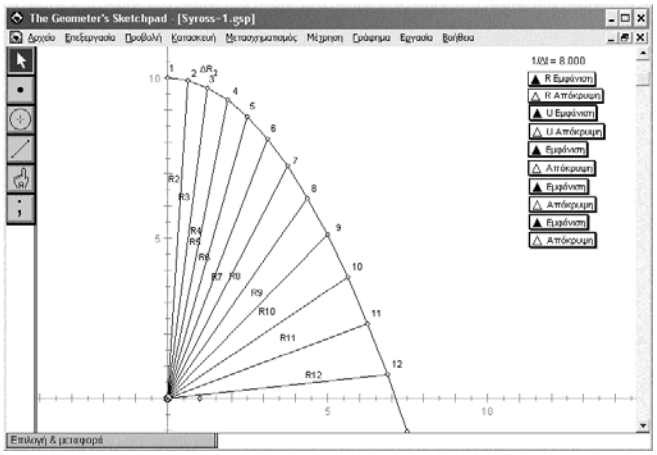
- εισάγονται τα ζεύγη των τιμών (χ,ψ), που αντιστοιχούν στις θέσεις του σώματος:
  - είτε πληκτρολογώντας τις τιμές, διαβάζοντας από το αρχείο dta
  - είτε επικολλώντας τις τιμές που αντιγράφηκαν από το Excel

στο πλαίσιο που εμφανίζεται στην επιλογή Γράφημα – Αποτύπωση σημείων.

- Εισάγεται η ποσότητα $\frac{1}{dt}$, όπου dt το χρονικό βήμα με το οποίο ελήφθησαν τα στιγμιότυπα, από την επιλογή Μέτρηση – Υπολογισμός.

(Στο σύστημα αξόνων του Sketchpad οι αριθμοί εκφράζουν εκατοστά του μέτρου).

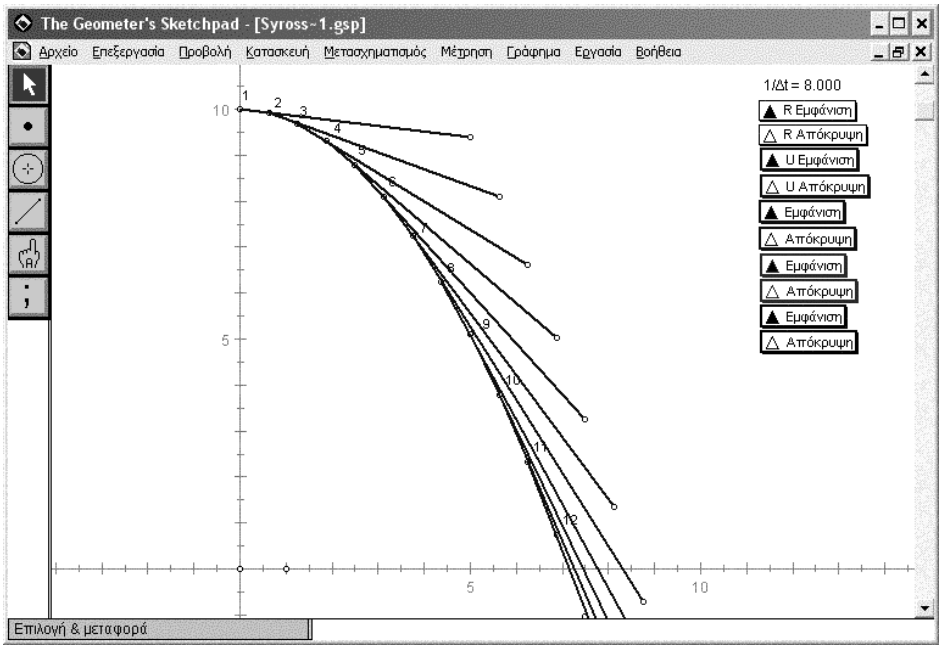
Τα σημεία που αποτυπώνονται στο σύστημα των αξόνων είναι σημεία της τροχιάς που διέγραψε το σώμα. Η θέση του κάθε σημείου δίνεται με το διάνυσμα θέσης $\vec{R}_\nu$ και η μετατόπιση είναι η $d\vec{R}_\nu = \vec{R}_{\nu+1} - \vec{R}_\nu$.



Εικόνα 2

Στην συνέχεια υπολογίζουμε τον ρυθμό μεταβολής της μετατόπισης $\frac{d\vec{R}}{dt}$ από την επιλογή Μετασχηματισμός – Αυξομείωση. Η λειτουργία αυτή απαιτεί να ορίσουμε

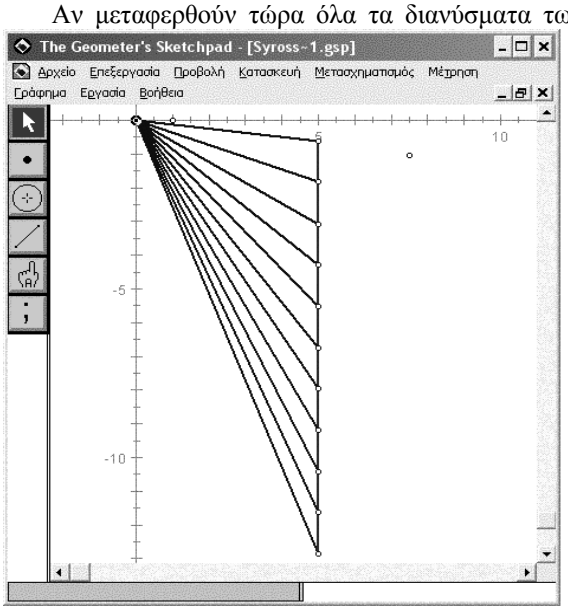
- κέντρο του μετασχηματισμού το εκάστοτε πειραματικό σημείο
- συντελεστή κλίμακας την ποσότητα $\frac{1}{dt}$
- και την εκάστοτε μετατόπιση μαζί με το επόμενο πειραματικό σημείο, ως αντικείμενο που θα μετασχηματισθεί.



Εικόνα 3

Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας υπολογισμού του ρυθμού μεταβολής της μετατόπισης, σε κάθε πειραματικό σημείο αντιστοιχεί ένα διάνυσμα αυτό της ταχύτητας στο σημείο εκείνο (Εικόνα 3).

Αν μεταφερθούν τώρα όλα τα διανύσματα των ταχυτήτων που υπολογίστηκαν έτσι ώστε να έχουν κοινή αρχή την αρχή των αξόνων εξάγονται τα εξής συμπεράσματα (Εικόνα 4):



Εικόνα 4

- το διάνυσμα της ταχύτητας μεταβάλλεται σταθερά δηλαδή αυξάνεται κατά το ίδιο διάνυσμα σε κάθε διαδοχικό διάστημα $d\vec{\upsilon}$. Επομένως κατά στο νιοστό στιγμιότυπο η ταχύτητα μπορεί να παρασταθεί ως:
$$\vec{\upsilon}_{\nu} = \vec{\upsilon}_1 + \nu \cdot d\vec{\upsilon}$$
- υπάρχει μια σταθερή οριζόντια συνιστώσα της

ταχύτητας ίση με αυτή που είχε το σώμα στην αρχή του φαινομένου.

Ο υπολογισμός του ρυθμού μεταβολής της ταχύτητας γίνεται από την επιλογή Μέτρηση – Υπολογιστής. Υπολογίζεται η μεταβολή της ταχύτητας από το δεύτερο στιγμιότυπο έως το ενδέκατο, διαιρείται με το μοναδιαίο διάνυσμα και πολλαπλασιάζεται με την ποσότητα 1/dt. Ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας είναι ένα σταθερό διάνυσμα στο χώρο και αυτό δείχνει να είναι μια ποσότητα με μεγάλη σπουδαιότητα.

Τα αποτελέσματα της διερεύνησης, συνοψίζοντας, είναι:

- Ο ρυθμός μεταβολής του ρυθμού μεταβολής της μετατόπισης του σώματος είναι ένα σταθερό διάνυσμα με μέτρο 9,805 και κατεύθυνση προς τα αρνητικά του άξονα ψ.
- Ο ρυθμός μεταβολής της μετατόπισης κατά τον άξονα χ είναι σταθερός με μέτρο 5 και κατεύθυνση κατά τα θετικά του άξονα χ.

Στο σημείο αυτό υπογραμμίζεται η μετάβαση από την διανυσματική αναπαράσταση στη αλγεβρική. Τα διανύσματα μπορούν να ορίζονται και να αντικαθιστώνται από τις συνιστώσες τους σε ορθοκανονικό σύστημα αξόνων στο περιβάλλον του Sketchpad. Εισάγεται η έννοια της αρχής της επαλληλίας ή της ανεξαρτησίας των κινήσεων. Το σώμα μπορεί να θεωρηθεί ότι κινείται, όπως δείχνουν τα αποτελέσματα της διερεύνησης, με σταθερή ταχύτητα κατά τον άξονα των χ και με σταθερή επιτάχυνση κατά τον άξονα ψ.

MODELLUS

Το λογισμικό Modellus διαθέτει editor (επιλογή Παράθυρο - Μοντέλο) με τον οποίο εισάγονται λογικομαθηματικές παραστάσεις που με την βοήθεια του διερμηνευτή επιλύονται. Στην συνέχεια, με ποικίλες αναπαραστάσεις όπως γραφικές παραστάσεις, πίνακες τιμών και παρουσίαση με κίνηση (animation), προβάλλονται οι ποσότητες που συμμετέχουν στις παραστάσεις αυτές. Στην παρούσα εργασία οι παραστάσεις – εξισώσεις που κατέληξε η διερεύνηση με το Sketchpad αποτελούν δεδομένα για το Modellus.

Η ΔΟΜΗΣΗ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Στο παράθυρο Μοντέλο του λογισμικού Modellus εισάγονται τα αποτελέσματα της διερεύνησης με το Sketchpad. Αυτά είναι:

$$\frac{dx}{dt} = ux\,,\ \frac{dy}{dt} = uy\,,\ \frac{duy}{dt} = a$$

δηλαδή ux είναι ο ρυθμός μεταβολής της μετατόπισης κατά τον άξονα των χ, uy είναι ο ρυθμός μετατόπισης κατά τον άξονα των ψ, και a είναι ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας κατά τον άξονα ψ.

Μετά την σύνταξη των παραπάνω διερμηνεύεται το μαθηματικό μοντέλο και με την επιλογή Παράθυρο – Αρχικές Συνθήκες ορίζονται, σύμφωνα με το πρόβλημα, οι παράμετροι:

$$ux = 5\,,\ a = -9.805$$

καθώς και οι αρχικές τιμές, δηλαδή οι τιμές των μεγεθών κατά την χρονική στιγμή μηδέν:

$$x = 0,\ y = 10,\ uy = 0$$

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Είναι κοινή επιστημονική πρακτική η αποτίμηση ενός μοντέλου να είναι θέμα επιστημονικής συζήτησης. Έτσι οι μαθητές ενθαρρύνονται να ελέγξουν και να επιχειρηματολογήσουν για το πόσο καλά το μοντέλο περιγράφει το φαινόμενο που μελετάται. Η προσέγγιση αυτή, όχι το αν το μοντέλο είναι σωστό ή λάθος, τονίζει την φύση της επιστήμης ως διαρκούς διαδικασία της οποίας τα αποτελέσματα - γνώσεις είναι ανοικτά θέματα σε αμφισβήτηση και έρευνα.

Τα υπολογιστικά περιβάλλοντα στα σχολικά εργαστήρια υποστηρίζουν την ταυτόχρονη εκτέλεση του λογισμικού προσομοίωσης (Interactive Physics) και του λογισμικού μοντελοποίησης (Modellus). Δραστηριότητες που μπορούν να αναπτυχθούν είναι να ελεγχθούν μεγέθη που έχουν ενδιαφέρον στο φαινόμενο όπως το βεληνεκές, ο χρόνος μέχρις το σώμα να φτάσει στο έδαφος (ολικός χρόνος), η ταχύτητα με την οποία προσγειώνεται και να συγκριθούν με αυτές που δίνει το μοντέλο (Πίνακας 1).

Στο Modellus αυτό γίνεται, χωρίς πολύ χρόνο προετοιμασίας από το παράθυρο, των γραφημάτων προβάλλοντας τα κατάλληλα φυσικά μεγέθη στους άξονες.

	Τιμές Προσομοίωση	Τιμές Μαθηματικού Μοντέλου
Βεληνεκές		
Ολικός χρόνος		
Ταχύτητα προσγείωσης		

Πίνακας 1

ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Πως συμπεριφέρεται το μαθηματικό μοντέλο για διάφορες τιμές των παραμέτρων και των αρχικών συνθηκών; Υπάρχουν κάποιες κρίσιμες τιμές των παραμέτρων και των αρχικών συνθηκών που να περιγράφουν αξιοσημείωτες διακριτές περιπτώσεις; Μπορεί να διαμορφωθεί ένα γενικότερο ή και απλούστερο μαθηματικό μοντέλο;

ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Με αφετηρία το τελευταίο ερώτημα παρατηρείται ότι στις εξισώσεις των διαφορών δεν υπάρχει αντίστοιχη εξίσωση για την συνιστώσα της επιτάχυνσης κατά τον άξονα των χ. Το μαθηματικό μοντέλο θα ήταν πιο πλήρες και "συμμετρικά" συνεπέστερο αν περιείχε και την εξίσωση που να εκφράζει ότι ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας κατά τον άξονα των χ είναι μηδενικός αφού η ταχύτητα παραμένει σταθερή. Επομένως προστίθεται η κατάλληλη εξίσωση:

$$\frac{dx}{dt} = ux,\ \frac{dy}{dt} = uy,\ \frac{dux}{dt} = ax,\ \frac{duy}{dt} = ay$$

ΔΙΑΚΡΙΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ

Η απόδοση κρίσιμων τιμών, κυρίως η τιμή μηδέν θεωρείται κρίσιμη, στις αρχικές συνθήκες και ο χαρακτηρισμός του φαινόμενου, που περιγράφει ο συγκεκριμένος

συνδυασμός, είναι χρήσιμο για να γίνει κατανοητό ότι το μαθηματικό μοντέλο έχει γενική ισχύ. Στο σημείο αυτό το πέρασμα από το ένα λογισμικό στο άλλο, από το Modellus στο Interactive Physics και αντίστροφα, είναι συνεχές ανάλογα με το επίπεδο δεξιοτήτων των χρηστών και με κριτήριο την ποιότητα της αναπαράστασης που επιτυγχάνεται. Στο Modellus μπορεί να γίνει χρήση και του παραθύρου "Παρουσίαση", που παρέχεται η δυνατότητα επιλεγμένες εικόνες – αντικείμενα να κινούνται με σύμφωνα με ποσότητες του μαθηματικού μοντέλου.

Ενδεικτικά, στον Πίνακα 2, οι μαθητές καλούνται να δώσουν τιμές στις αρχικές συνθήκες των συνιστωσών των ταχυτήτων με δεδομένη την θέση του σώματος (0,10):

	Ταχύτητα	
Χαρακτηρισμός κίνησης	ux	uy
	5	5
	5	0
	0	5
	0	0
	0	-5

Πίνακας 2

Στην στήλη "Χαρακτηρισμός κίνησης" χρησιμοποιούνται όροι όπως πλάγια, οριζόντια, κατακόρυφη, βολή, ελεύθερη πτώση, προς τα πάνω, προς τα κάτω.

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Το πέρασμα από τις εξισώσεις των διαφορών στις αλγεβρικές εξισώσεις της κίνησης είναι αντικείμενο που απασχολεί κάθε σχολικό εγχειρίδιο. Με τις διαφορετικές αναπαραστάσεις που προσφέρει το Modellus είναι δυνατόν να ακολουθηθεί μια προσέγγιση βασισμένη στην ερμηνεία των γραφικών παραστάσεων των μεγεθών της κίνησης σε σχέση με τον χρόνο. Ας ληφθεί η γενικότερη περίπτωση όπου, για παράδειγμα, οι αρχικές τιμές είναι διάφορες από μηδενικές. Έστω

$$y_0 = 10\,, x_0 = 10\,, ux_0 = 5\,, uy_0 = 5$$

όπου οι μονάδες μέτρησης είναι στο SI. (Στο Modellus δεν εμφανίζονται οι δείκτες "0" που δηλώνουν αρχικές συνθήκες).

Η γραφική παράσταση των συνιστωσών της επιτάχυνσης σε σχέση με τον χρόνο είναι ευθείες γραμμές παράλληλες με τον άξονα των χρόνων. Επομένως είναι σταθερές ποσότητες με τιμές αυτές που εμφανίζονται στον αντίστοιχο άξονα.

$$ax = 0m/s^2\,,\ ay = -9{,}807m/s^2$$

Η γραφική παράσταση της συνιστώσας της ταχύτητας ux είναι μια ευθεία γραμμή παράλληλη με τον άξονα των χρόνων επομένως είναι μια σταθερή ποσότητα με τιμή αυτή που διαβάζουμε στον άξονα των ταχυτήτων.

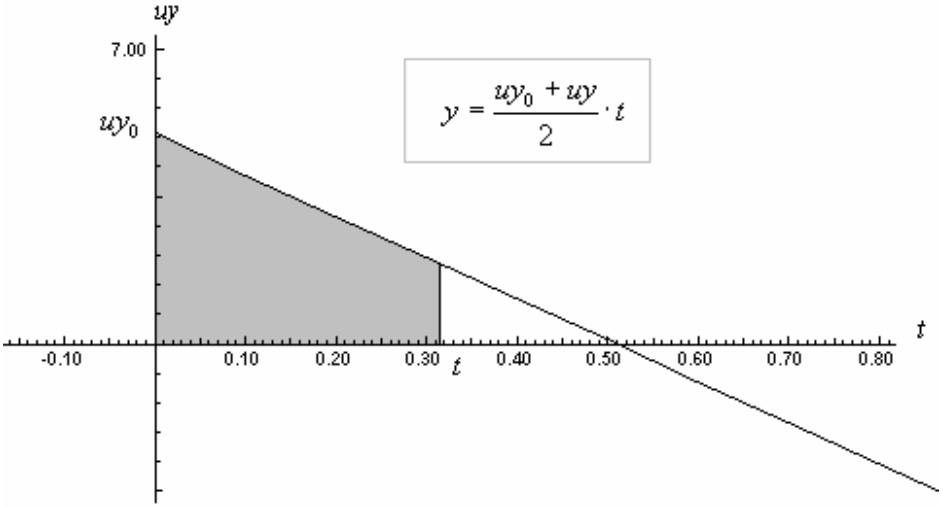
Η γραφική παράσταση της συνιστώσας της ταχύτητας uy είναι μια ευθεία γραμμή που τέμνει τον άξονα των ψ στο σημείο (0,5) και τον άξονα των χρόνων στο σημείο (0,51 ,0). Η εξίσωση της ευθείας είναι πρώτου βαθμού, ως προς τον χρόνο με σταθερή ίση με την τιμή της επιτάχυνσης κατά τον άξονα των ψ. Επομένως

$$ux = ux_0 = 5m/s\ ,\ uy = uy_0 + ay \cdot t$$

Η γραφική παράσταση της μετατόπισης κατά τον άξονα χ σε σχέση με τον χρόνο είναι μια ευθεία γραμμή που διέρχεται από την αρχή των αξόνων. Άρα είναι ανάλογη με τον χρόνο με συντελεστή αναλογίας την σταθερή ταχύτητα.

$$x = ux \cdot t$$

Η γραφική παράσταση της μετατόπισης κατά τον άξονα των ψ σε σχέση με τον χρόνο είναι μια καμπύλη. Όμως είναι γνωστό ότι το εμβαδόν που περικλείεται από την γραφική παράσταση, τον άξονα των χρόνων και μεταξύ δύο χρονικών στιγμών, σε μια γραφική παράσταση της ταχύτητας σε σχέση με τον χρόνο, δίνει την μετατόπιση. Επομένως



και τελικά από την αντικατάσταση του uy και την πρόσθεση των αρχικών μετατοπίσεων είναι:

$$x = x_0 + ux_0 \cdot t\ ,$$

$$y = y_0 + uy_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot ay \cdot t^2$$

Οι δύο αυτές εξισώσεις μπορεί να αποτελέσουν ένα νέο μαθηματικό μοντέλο και να ελεγχθεί αν δίνει τα ίδια αποτελέσματα με εκείνο των εξισώσεων των διαφορών. Απομένει να εισαχθούν με την βοήθεια του editor του Modellus και παρατηρηθούν οι γραφικές παραστάσεις των μεγεθών που εμπλέκονται.

ΡΟΛΟΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ

Ο εξοπλισμός των ελληνικών σχολείων με υπολογιστές και λογισμικά τα τελευταία χρόνια, σε ένα μεγάλο μέρος με την ενέργεια "Οδύσσεια", αποτελεί σύγχρονη υποδομή που με σωστή χρήση μπορεί να αποτελέσει εκσυγχρονιστικό παράγοντα του σχολείου.

- Τα εργαστήρια των υπολογιστών, τα σύγχρονα εργαστήρια φυσικών επιστημών, ο δικτυακός εξοπλισμός και υπηρεσίες μαζί με την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών και την οργάνωση της σχολικής ζωής, ώστε να ενσωματώνει όλα αυτά, μπορούν να μεταμορφώσουν το σημερινό σχολείο σε ένα σύγχρονο και πλούσιο περιβάλλον μάθησης.
- Το νέο περιβάλλον πρέπει, σύμφωνα με τις σύγχρονες παιδαγωγικές αντιλήψεις, να έχει σαφές κέντρο ενδιαφέροντος τον μαθητή. Άρα θα πρέπει σταδιακά να οδηγούμαστε προς την κατεύθυνση ώστε οι μαθητές να ενημερώνονται για το τι προσφέρει το κάθε λογισμικό, να επιδιώκεται να είναι χρήστες, απλών αρχικά, λειτουργιών των λογισμικών, και όχι μόνο χρήστες εφαρμογών άλλων ή απλοί θεατές παρουσιάσεων.
- Υπάρχει αναμφισβήτητη αξία στο να αναγνωρίζουν οι μαθητές ότι στην προσπάθεια τους να κατακτήσουν την γνώση, έχει διαφορά από το να μάθουν την διδακτέα ύλη, έχουν στην διάθεσή τους, εκτός από τους εκπαιδευτικούς, εργαλεία με τα οποία μπορούν να διερευνήσουν, να σχεδιάσουν να αξιολογήσουν μοντέλα, δηλαδή να δράσουν σαν μικροί επιστήμονες. Έτσι παύουν να είναι προσκολλημένοι στο ένα και μοναδικό βιβλίο το οποίο από εργαλείο μάθησης έχει καταλήξει να είναι, το ίδιο, μοναδικό αντικείμενο της μαθησιακής διαδικασίας.
- Το λογισμικό Interactive Physics στην παρούσα εργασία προτείνεται να χρησιμοποιηθεί από τους μαθητές σαν το βασικό εργαλείο μίμησης του φυσικού κόσμου για την εκτέλεση ενός πειράματος με προφανή πλεονεκτήματα σε σχέση με το πραγματικό πείραμα. Ενσωματώνεται στην σύνθεση του πειράματος, εδώ απλούστατης, ο καθορισμός του υπό εξέταση συστήματος, οι σχέσεις που συνδέουν τα σώματα που αποτελούν το σύστημα καθώς και εικονικοί μετρητές.
- Το λογισμικό Sketchpad είναι ο καμβάς για την διερεύνηση. Χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη του γεωμετρικού μοντέλου, για το συγκεκριμένο πρόβλημα φυσικής, για παράδειγμα την αποτύπωση των θέσεων του κινητού στο σύστημα αξόνων. Ακολούθως, προσφέρεται για την μαθηματική επεξεργασία οντοτήτων όπως, το διάνυσμα θέσης και ο ρυθμός μεταβολής. Προϊόν της διερεύνησης είναι ή σύνθεση του περιγραφικού – χρονικού μοντέλου της κίνησης.
- Στο λογισμικό Modellus το μαθηματικό μοντέλο αξιολογείται και επεκτείνεται. Το Modellus αποτελεί βασικό εργαλείο για εργασία με τα πολλαπλές αναπαραστάσεις. Είναι το πεδίο για την εξάσκηση των μαθητών στην ανάγνωση των γραφικών παραστάσεων και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Τελικό προϊόν είναι οι αλγεβρικές, χρονικά εξαρτώμενες, εξισώσεις της κίνησης οι οποίες αποτελούν ένα ισοδύναμο, με εκείνο των διαφορικών εξισώσεων, μαθηματικό μοντέλο.

- Στις φυσικές επιστήμες κεντρικό σημείο αφετηρίας είναι η παρατήρηση και το πείραμα. Δεν θα πρέπει να μας διαφεύγει ότι με την παρούσα διδακτική προσέγγιση η παρατήρηση και οι μετρήσεις έγιναν σε περιβάλλον προσομοίωσης του πραγματικού κόσμου. Οι προσομοιώσεις, μέσω του Interactive Physics για παράδειγμα, υπακούουν σε μαθηματικά μοντέλα παρόμοια με αυτά που "ανακαλύφθηκαν" στην διάρκεια της δραστηριότητας. Έτσι διαγράφουμε κύκλους που δεν περιέχουν την "ανάκριση της φύσης", κύκλους χωρίς φυσική. Τα σύγχρονα εργαστηριακά περιβάλλοντα βασισμένα σε μικροϋπολογιστές, Microcomputers Based Laboratories (MBL), δίνουν την δυνατότητα να πραγματοποιήσουμε πραγματικά πειράματα όπου η συλλογή και η μεταφορά των μετρήσεων βασικών μεγεθών της φυσικής, όπως η θέση στην παρούσα περίπτωση, γίνεται μέσω αισθητήρων σε σύνδεση με τον υπολογιστή.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ

Ή παρούσα εργασία περιορίστηκε στο να περιγράψει το γεωμετρικό και περιγραφικό – χρονικό μοντέλο της βολής ενός σώματος. Η "ύποπτα" σταθερή τιμή της επιτάχυνσης είναι συνδετικό στοιχείο για να περάσουμε στο αιτιακό μοντέλο, στην έννοια της δύναμης και του βαρυτικού πεδίου.

Τα μοντέλα και η μοντελοποίηση είναι θέματα που συζητούνται συνεχώς τα τελευταία χρόνια στην εκπαίδευση, ειδικότερα στην φυσική. Είναι κοινή πεποίθηση στους ερευνητές ότι η ικανότητα να επινοούν και να χρησιμοποιούν μοντέλα αποτελεί κεντρικό σημείο στην μάθηση της φυσικής. Επιπλέον μια τέτοια προσέγγιση έχει αξία γιατί η κατασκευή μοντέλων είναι η βασική εργασία των επιστημόνων. Έτσι προστίθεται μια πιο αυθεντική εικόνα στην έννοια "οι μαθητές εργάζονται σαν μικροί επιστήμονες".

Τα τρία λογισμικά είναι καλοί αντιπρόσωποι λογισμικών στις κατηγορίες των προσομοιώσεων και των μοντελοποιήσεων. Η συνδυασμένη χρήση αυτών, η οποία πραγματοποιείται πολύ εύκολα αφού πρόκειται για ψηφιακά εργαλεία, τα καθιστά ισχυρά εργαλεία στα χέρια των εκπαιδευτικών και των μαθητών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Arons B. Arnold, *Οδηγός διδασκαλίας της φυσικής,* εκδόσεις ΤΡΟΧΑΛΙΑ
2. David Hestenes, *Modeling methodology for physics teachers*, Department of Physics and Astronomy, Arizona State University
3. Ian Stewart, *Οι αριθμοί της φύσης*, εκδόσεις ΚΑΤΟΠΤΡΟ.
4. *PSSC ΦΥΣΙΚΗ,* ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
5. Walter G. S., *Review of Research in Education,* University of Winconsin – Madison
6. Δαπόντες Ν., Κασσέτας Ι. Α. *Φυσική Ενιαίου Λυκείου* ΟΕΔΒ (1998)