

## ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΣΩΜΑΤΩΝ ΣΕ ΟΜΟΓΕΝΗ ΠΕΔΙΑ

**Βαρυπάτη Αθηνά**  
Φυσικός- Επιμορφώτρια  
Τ.Π.Ε.  
anarypat@de.sch.gr

**Μαστραλέξης Δημήτρης**  
Φυσικός-Επιμορφωτής  
Τ.Π.Ε.  
dmastral@de.sch.gr

**Χουλιάρης Γιάννης**  
Φυσικός-Επιμορφωτής  
Τ.Π.Ε.  
cgiannis@de.sch.gr

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Επειδή η μελέτη των ηλεκτρικών και μαγνητικών και των βαρυτικών φαινομένων συνήθως παρουσιάζεται ξεχωριστά, αποσπασματικά και σε διαφορετικό χρόνο σε διάφορες εκπαιδευτικές βαθμίδες (στο δημοτικό, στο γυμνάσιο ή στο λύκειο) ελάχιστοι μαθητές έχουν την ευκαιρία να συγκρίνουν και να αντιδιαστείλουν με λειτουργικό τρόπο τα αντίστοιχα φαινόμενα. Αποτέλεσμα : πολλοί από εκείνους που παρακολουθούν μια σειρά εισαγωγικών μαθημάτων φυσικής, σε οποιαδήποτε εκπαιδευτική βαθμίδα, συγχέουν σοβαρά τους όρους και τα φαινόμενα.

Από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί αναδεικνύεται ότι δεν αντιλαμβάνονται σαφώς της διάκριση μεταξύ των ηλεκτρικών και των μαγνητικών φαινομένων. Ενδεικτικά αναφέρουμε: συχνά χρησιμοποιούν με τυχαίο τρόπο τους όρους ως συνώνυμους, πολλοί θεωρούν ότι οι βόρειοι μαγνητικοί πόλοι απωθούν τα θετικά ηλεκτρικά φορτία, ορισμένοι έχουν την εντύπωση ότι η βαρύτητα είναι είδος ηλεκτρικού ή μαγνητικού φαινομένου και άλλοι θεωρούν ότι συμβαίνουν παράλογα και μη πραγματοποιήσιμα φαινόμενα,.

Δυστυχώς, ελάχιστοι μαθητές είχαν κάποτε άμεση, απτή εμπειρία φαινομένων στα οποία μελέτησαν, ταυτόχρονα , τις διαφορετικές αλληλεπιδράσεις και μπόρεσαν να προσδιορίσουν τις ομοιότητες και τις διαφορές τους. Έτσι καλό θα ήταν η διδασκαλία του ηλεκτρικού, μαγνητικού και βαρυτικού πεδίου να γίνουν παράλληλα και να μελετηθούν οι κινήσεις σωμάτων και στα τρία είδη πεδίων.

Αν οι μαθητές λάβουν υπόψη τους ,ταυτόχρονα ,τα διάφορα φαινόμενα, η αντίληψή τους εμπλουτίζεται ,κατανοούν καλύτερα τους όρους και συγκρατούν στη μνήμη τους τα φαινόμενα.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Ομογενές πεδίο, Ένταση πεδίου, Δύναμη πεδίου σε σώμα-υπόθεμα, δύναμη Lorentz, θεμελιώδης νόμος της δυναμικής, ταχύτητα επιτάχυνση, τροχιά., εξίσωση τροχιάς, ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση, ομαλή κυκλική κίνηση, κεντρομόλος δύναμη, κεντρομόλος επιτάχυνση, απόκλιση, βεληνεκές, παραβολή.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι σημαντικό να συνειδητοποιούν άμεσα τις ομοιότητες και διαφορές, παρατηρώντας τα ηλεκτρικά και τα μαγνητικά φαινόμενα και συγκρίνοντας τα με τα βαρυτικά.

Το Interactive Physics δίνει την δυνατότητα να ορίσουμε πεδίο (Ηλεκτρικό-

Βαρύτητας-Αντίσταση του αέρα- Πεδίο δύναμης) το οποίο όμως εκτείνεται σε όλο το χώρο εργασίας. Για τον λόγο αυτό δημιουργήθηκαν δύο νέες προσομοιώσεις για την διδασκαλία των κινήσεων σωματιδίων μέσα σε Ομογενές ηλεκτρικό, Ομογενές Μαγνητικό και μια τρίτη για το βαρυτικό πεδίο απλά τροποποιήθηκε ώστε να εξυπηρετήσει τις ανάγκες της διδασκαλίας. Καταλήξαμε στην δημιουργία νέων προσομοιώσεων επειδή πιστεύουμε ότι είναι πολύ σημαντικό το ηλεκτρικό και μαγνητικό ομογενές πεδίο να μην καταλαμβάνουν όλο το χώρο εργασίας αλλά να είναι χωρικά **περιορισμένα** αφού αυτή είναι και η πραγματικότητα (έτσι όπως διδάσκεται). Έτσι οι μαθητές έχουν την δυνατότητα- ανεξάρτητα από το είδος του πεδίου- να κάνουν τις παρατηρήσεις τους και να καταλήξουν στα κατάλληλα συμπεράσματα. Για το βαρυτικό πεδίο δεν είναι απαραίτητο αυτό, αφού είναι διαισθητικά συνηθισμένοι στο γεγονός ότι το βαρυτικό πεδίο είναι ομογενές (περίπου!) γύρω από τη Γη και σε μικρή απόσταση από αυτή.

Με αυτό τον τρόπο έχουμε την δυνατότητα:

- Να παρατηρήσουμε ότι δεν ασκείται δύναμη:
  - Αν δεν υπάρχει το κατάλληλο υπόθεμα
  - Θα πρέπει λοιπόν να επιλέξουμε το κατάλληλο υπόθεμα για ηλεκτρικό, βαρυτικό, μαγνητικό πεδίο.
- Να παρατηρήσουμε ότι δεν ασκείται δύναμη:
  - Εκτός πεδίου
  - Η δύναμη αρχίζει να ενεργεί μόλις το σώμα εισέλθει στο χώρο του πεδίου.

Μπορούμε να κάνουμε ποιοτικές παρατηρήσεις και να καταλήξουμε σε κατάλληλα ποιοτικά συμπεράσματα:

- Αλλάζουμε την ένταση και παρατηρούμε ότι η δύναμη
  - **Είναι ανάλογη της έντασης του πεδίου.**  $F \propto E$
- Αλλάζουμε το μέγεθος του υποθέματος ( $X$ ) και παρατηρούμε ότι η δύναμη:
  - **Είναι ανάλογη του υποθέματος**  $F \propto X$
  - $F = E \cdot X$

όπου  $X$  το κατάλληλο υπόθεμα  $M, q, υq$ .

- Για συγκεκριμένες τιμές του πεδίου(ομογενές) και του υποθέματος **η δύναμη είναι σταθερή.**

**Βάλλοντας το σώμα-υπόθεμα στο πεδίο με αρχική ταχύτητα σε ομογενές ηλεκτρικό η βαρυτικό πεδίο:**

- Μεταβάλλεται η συνιστώσα της ταχύτητας μόνο κατά τον άξονα πάνω στο οποίο ενεργεί η δύναμη του πεδίου (π.χ. του άξονα  $y$ ) ενώ η συνιστώσα κατά τον κάθετο άξονα είναι σταθερή.
- Αρχή ανεξαρτησίας των κινήσεων
- Η κίνηση λοιπόν είναι κατά τον ένα άξονα είναι ευθύγραμμη ομαλή ενώ κατά τον άλλο άξονα ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη (ή επιβραδυνόμενη) με αρχική ταχύτητα

**Βάλλοντας το σώμα-υπόθεμα στο πεδίο με αρχική ταχύτητα κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου:**

- Η δύναμη που ασκείται από το πεδίο είναι κάθετη στο διάνυσμα της ταχύτητας (κεντρομόλος δύναμη).
- Μεταβάλλεται η κατεύθυνση του διανύσματος της ταχύτητας (κεντρομόλος επιτάχυνση).

**Παρατήρηση:** Η μελέτη της κυκλικής κίνησης σωματιδίου σε ομογενές μαγνητικό πεδίο μπορεί να γίνει με ανάλογο εντελώς τρόπο όπως στο βαρυτικό και στο ηλεκτρικό πεδίο θεωρώντας την ως επαλληλία δύο κινήσεων. Εφαρμόζουμε:

- Αρχή ανεξαρτησίας των κινήσεων.
- Η ταχύτητα του σώματος στην κυκλική κίνηση σαν συνισταμένη δύο ταχυτήτων μιας σταθερής και μιας μεταβλητής κάθετων μεταξύ τους.

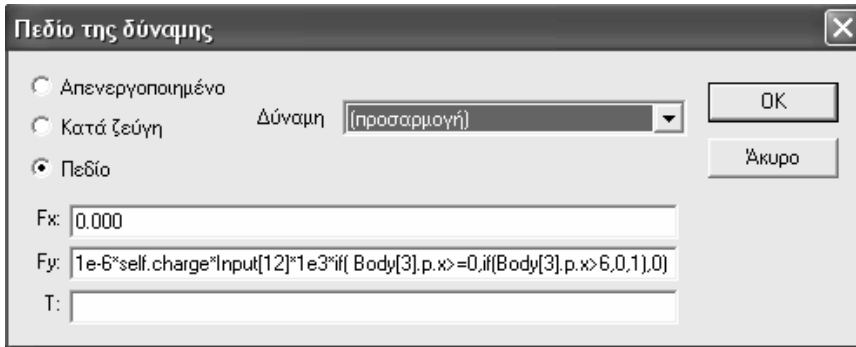
## **ΚΙΝΗΣΗ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΟΥ ΣΩΜΑΤΙΔΙΟΥ ΣΕ ΟΜΟΓΕΝΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ**

### **ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ**

Στην εφαρμογή αυτή προσομοιώνεται το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται μεταξύ δύο οριζόντιων ετερόνυμα φορτισμένων μεταλλικών πλακών (π.χ μεταξύ των οπλισμών ενός φορτισμένου πυκνωτή). Το πεδίο πρέπει είναι ομογενές και να περιορίζεται μόνο στην περιοχή μεταξύ των πλακών. Ας εξετάσουμε τις εναλλακτικές λύσεις για την δημιουργία της προσομοίωσης:

1. Να δημιουργήσουμε σώματα που θα παριστάνουν τους οπλισμούς του πυκνωτή και να ορίσουμε κατάλληλα τις ιδιότητες τους. Αν για τα σώματα αυτά ορίσουμε να έχουν φορτίο, το φορτίο αυτό από το Interactive φαίνεται να είναι συγκεντρωμένο στο Κέντρο μάζας του σώματος και δεν κατανέμεται σε όλη την μάζα του σώματος. Οπότε δεν είναι δυνατόν να προσομοιωθεί με τον αυτόν τον τρόπο.
2. Να ασκείται δύναμη πάνω στο σώμα όταν βρεθεί στην κατάλληλη θέση μέσα στο πεδίο. Στην περίπτωση αυτή θέλουμε όταν μεταβάλλουμε το φορτίο και την ένταση του πεδίου να μεταβάλλεται και η δύναμη που ασκείται πάνω στο σώμα.
3. Το Interactive Physics δίνει την δυνατότητα να ορίσουμε πεδίο (Ηλεκτρικό-Βαρύτητας-Αντίσταση του αέρα- Πεδίο δύναμης) το οποίο όμως εκτείνεται σε ολόκληρη την επιφάνεια εργασίας. Είναι απαραίτητο λοιπόν να γίνει κατάλληλος προγραμματισμός για να περιοριστεί το πεδίο στο χώρο μεταξύ των οπλισμών.

Από το μενού επιλογών επιλέγουμε μικρόκοσμος πεδίο δύναμης οπότε εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο διαλόγου



Τσεκάρουμε την επιλογή «πεδίο» και στο πλαίσιο  $F_x$  πληκτρολογούμε μηδέν ενώ στο πλαίσιο  $F_y$  πληκτρολογούμε την εντολή

«  $1e-6 * self.charge * Input[12] * 1e3 * if(Body[3].p.x \geq 0, if(Body[3].p.x > 6, 0, 1), 0)$  »

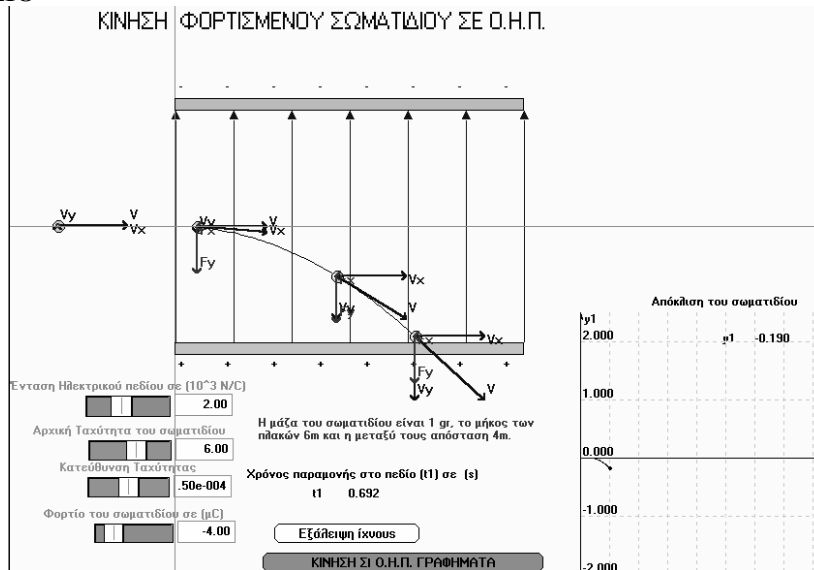
Ο παράγοντας  $1e-6 * self.charge$  δηλώνει το φορτίο του σωματιδίου

Ο παράγοντας  $Input[12] * 1e3$  δηλώνει ότι η ένταση του πεδίου θα παίρνει τις τιμές της εισόδου [12] πολλαπλασιασμένες επί τον παράγοντα  $10^3$ .

Άρα το γινόμενο  $q \cdot E$ , που παριστάνει την δύναμη του πεδίου.

Η δύναμη αυτή θα υπήρχε σε όλη την έκταση της προσομοίωσης και όχι μόνο μεταξύ των πλακών οπότε πολλαπλασιάζοντας με τον παράγοντα της λογικής συνάρτησης «if» πετυχαίνουμε να περιορίσουμε την εμφάνιση της δύναμης αυτής μόνο στον χώρο όπου  $*if(Body[3].p.x \geq 0, if(Body[3].p.x > 6, 0, 1), 0)$  δηλαδή η θέση  $x$  του σωματιδίου είναι μεγαλύτερη του μηδενός και μικρότερη του 6.

## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΣΕ ΟΜΟΓΕΝΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ



Στην επιφάνεια εργασίας ένα σωματίδιο μπορεί να βληθεί υπό γωνία μέσα σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται μεταξύ των οπλισμών ενός πυκνωτή.

Οι δυνατότητες που υπάρχουν είναι οι εξής:

Με τους αντίστοιχους μεταβολείς μπορούμε να μεταβάλλουμε

- την ένταση του πεδίου από 1000N/C-5000N/C.
- Το φορτίο του σωματιδίου από  $-6.10^{-6}$  C έως  $+6.10^{-6}$  C.
- Την ταχύτητα του σωματιδίου από 0 έως 10 m/s Την κατεύθυνση της ταχύτητας από  $-45^{\circ}$  έως  $+45^{\circ}$ .

Με τους αντίστοιχους μετρητές μπορούμε να μετρήσουμε:

- τον συνολικό χρόνο κίνησης του σωματιδίου
- τον χρόνο παραμονής μέσα στο πεδίο
- την απόκλιση του σωματιδίου στον άξονα y
- τις συνιστώσες της ταχύτητας του σωματιδίου
- την δύναμη που ασκείται πάνω στο σώμα

## ΚΙΝΗΣΗ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΟΥ ΣΩΜΑΤΙΔΙΟΥ ΣΕ ΟΜΟΓΕΝΕΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

### ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Στην εφαρμογή αυτή προσομοιώνεται ένα μαγνητικό πεδίο η εγκάρσια τομή του οποίου είναι ένα ορθογώνιο. Το πεδίο πρέπει είναι ομογενές και να περιορίζεται μόνο στην περιοχή του ορθογώνιου.

Από το μενού επιλογών επιλέγουμε μικρόκοσμος πεδίο δύναμης οπότε εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο διαλόγου

Τσεκάρουμε την επιλογή «πεδίο» και στα πλαίσια  $F_x$  και  $F_y$  πληκτρολογούμε αντίστοιχα τις παρακάτω εντολές

$F_x$ : `-Input[21] * self.charge * 1e-6 * self.v.y * if( Body[2].p.x >= 0, if( Body[2].p.x > 5, 0, 1), 0) * if( Body[2].p.y >= -3, if( Body[2].p.y > 3, 0, 1), 0)`

$F_y$ : `Input[21] * self.charge * 1e-6 * self.v.x * if( Body[2].p.x >= 0, if( Body[2].p.x > 5, 0, 1), 0) * if( Body[2].p.y >= -3, if( Body[2].p.y > 3, 0, 1), 0)`

Ο παράγοντας  $1e-6 * self.charge$  δηλώνει το φορτίο του σωματιδίου

Ο παράγοντας Input[21] δηλώνει ότι η ένταση του πεδίου θα παίρνει τις τιμές της εισόδου [21].

Ο παράγοντας self.v.y\* και self.v.x\* δηλώνει τη συνιστώσα της ταχύτητας στον άξονα y'y και x'x αντίστοιχα.

Άρα το γινόμενο B.v.q που παριστάνει την δύναμη του πεδίου.

Η δύναμη αυτή θα υπήρχε σε όλη την έκταση της προσομοίωσης και για να την περιορίσουμε πολλαπλασιάζουμε με τον παράγοντα της λογικής συνάρτησης «if»

if( Body[2].p.x>=0,if(Body[3].p.x>5,0,1),0) δηλαδή η θέση x του σωματιδίου είναι μεγαλύτερη του μηδενός και μικρότερη του 5 και αντίστοιχα

if( Body[2].p.y>=-3,if(Body[2].p.y>3,0,1),0) δηλαδή η θέση y του σωματιδίου είναι μεγαλύτερη του-3 και μικρότερη του 3.

ΚΙΝΗΣΗ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΟΥ ΣΩΜΑΤΙΔΙΟΥ ΣΕ Ο.Μ.Π.

Μάζα σωματιδίου 1mg  
Ακτίνα κυκλικής τροχιάς σε (m)  
 $R=mv/Bq= 1.000$

Περίοδος της κυκλικής τροχιάς σε (s)  
 $T= 1.571$

Ένταση Μαγνητικού πεδίου σε (Tesla)  
2.00

Φορτίο του σωματιδίου σε (μC)  
-2.00

Αρχική Ταχύτητα X του σωματιδίου  
4.00

Αρχική θέση X του σωματιδίου σε (m)  
2.50

Εξόπλιση ίκτους  
Εθήμα προς τα εμπρός  
Εθήμα προς τα πίσω

#### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Στην εφαρμογή αυτή προσομοιώνεται ομογενές μαγνητικό πεδίο που περιορίζεται στο χώρο ενός ορθογώνιου παραλληλογράμμου. Σωματίδιο βάλλεται με αρχική ταχύτητα μέσα στο πεδίο. Αν η ταχύτητα ή το φορτίο του σωματιδίου γίνει μηδέν δεν ασκείται δύναμη από το πεδίο. Η τροχιά του είναι κύκλος ή τμήμα κύκλου ανάλογα με την αρχική θέση του σωματιδίου, την ταχύτητα του και την ένταση του πεδίου.

Οι δυνατότητες που υπάρχουν είναι οι εξής:

Με τους αντίστοιχους μεταβολείς μπορούμε να μεταβάλλουμε

- την ένταση του πεδίου από 1-6 Tesla

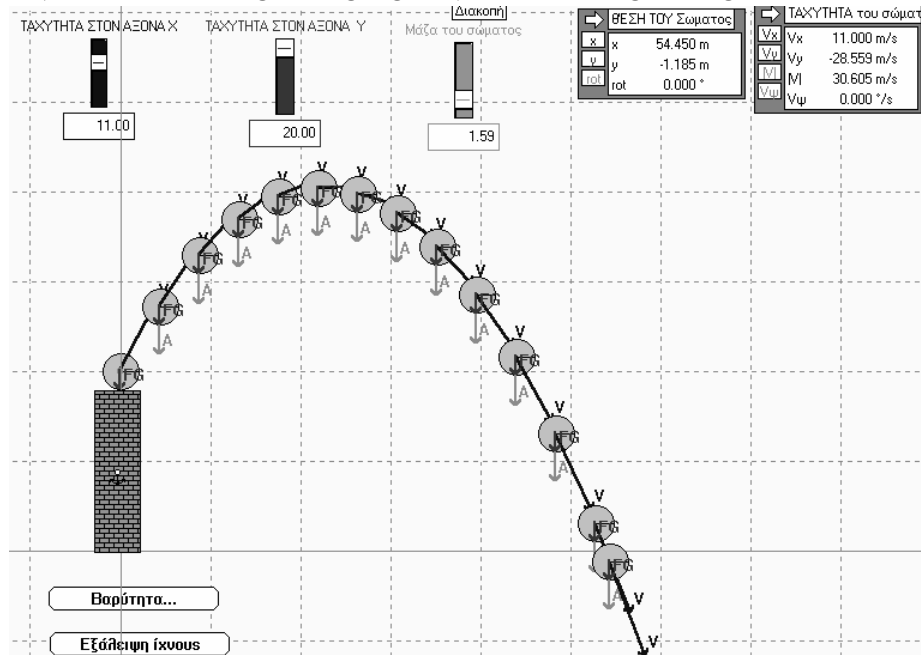
- Το φορτίο του σωματιδίου από  $-6 \cdot 10^{-6}$  C έως  $+6 \cdot 10^{-6}$  C.
- Την ταχύτητα του σωματιδίου από 0 έως 20 m/s
- Την αρχική θέση του σωματιδίου από  $-2$  m (εκτός πεδίου) έως 5m.

Με τους αντίστοιχους μετρητές μπορούμε να μετρήσουμε:

- Την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς και
- Την περίοδο της κυκλικής κίνησης

Η τιμή της μάζας του σωματιδίου απλά εμφανίζεται χωρίς να μπορούν να γίνουν αλλαγές.

### ΚΙΝΗΣΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΟΥ ΣΕ ΟΜΟΓΕΝΕΣ ΒΑΡΥΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ



Στην εφαρμογή αυτή προσομοιώνεται ομογενές βαρυτικό πεδίο που εφαρμόζεται σε όλο το χώρο εργασίας. Σωματίδιο βάλλεται με αρχική ταχύτητα μέσα στο πεδίο. Η μάζα του σωματιδίου μπορεί να μεταβάλλεται (για πολύ μικρές τιμές της μάζας η δύναμη που ασκείται από το πεδίο γίνεται επίσης πολύ μικρή).

Οι δυνατότητες που υπάρχουν είναι οι εξής:

Με τους αντίστοιχους μεταβολείς μπορούμε να μεταβάλουμε

- Την μάζα του σωματιδίου από .001 έως 10 Kg
- Την ταχύτητα του σωματιδίου κατά τον άξονα X από -10 έως 20 m/s
- Την ταχύτητα του σωματιδίου κατά τον άξονα Y από -10 έως 20 m/s

Επίσης από το αντίστοιχο κουμπί μπορούμε να αλλάξουμε την ένταση του πεδίου βαρύτητας.

Με τους αντίστοιχους μετρητές μπορούμε να μετρήσουμε:

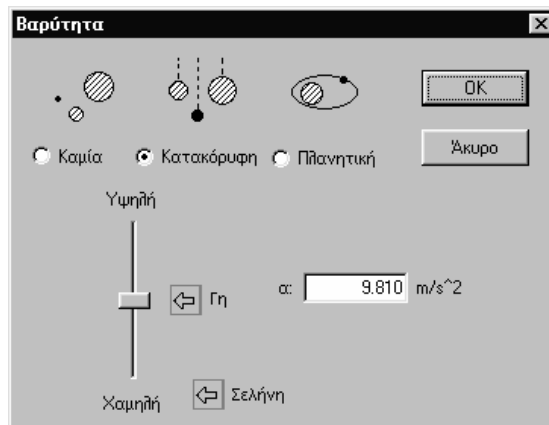
- Τη θέση του σώματος
- Την ταχύτητα του σώματος.

Παρατηρείται ότι η τροχιά του σώματος είναι παραβολή και γίνεται σύγκριση με την κίνηση σε ΟΗΠ.

Η προσομοίωση (όπως και οι υπόλοιπες) μπορεί να τροποποιηθεί ώστε να εξυπηρετήσει συγκεκριμένες ανάγκες ανάλογα με την διδακτική προσέγγιση που θα ακολουθηθεί.

Παρεμπιπτόντως, είναι απαραίτητο να έχουμε συνεχώς κατά νουν ότι οι μόνες συνηθισμένες εκδηλώσεις της βαρύτητας είναι το βάρος και η ελεύθερη πτώση των σωμάτων. Η ασθενέστατη βαρυτική αλληλεπίδραση μεταξύ συνηθισμένων σωμάτων και η βαρυτική αλληλεπίδραση σε κοσμική κλίμακα προϋποθέτουν την αφηρημένη επέκταση της έννοιας της βαρύτητας σε περιπτώσεις εκτός της περιοχής.

Στο Interactive Physics όμως δίνεται η δυνατότητα να επιλέξουμε το είδος της βαρύτητας καμία- κατακόρυφη –πλανητική και να γίνει μελέτη της κίνησης σε αυτές τις περιπτώσεις



Οι προσομοιώσεις συνοδεύονται από αντίστοιχα Φύλλα εργασίας και Παρουσιάσεις με Power Point με την αντίστοιχη θεωρία.

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Arons, (1992), *Οδηγός Διδασκαλίας της Φυσικής*, μτφρ. Α.Βαλαδάκης, Εκδόσεις Τροχαλία, Αθήνα.
2. Halliday – Resnick, (1976), *Φυσική μέρος Α' και Β'*, μτφρ. Ε. Πνευματικός, Εκδόσεις Πνευματικού, Αθήνα.
3. P. Hewitt, (1992), *Οι έννοιες της Φυσικής*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
4. Young, H. (1994), *Πανεπιστημιακή Φυσική, Τόμος Α' και Β'*, μτφρ. Ε. Αναγνωστάκης, εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα
5. Ιωάννου, Α. κ.ά., (2002), *Φυσική Θετικής και Τεχνολογικής Κατεύθυνσης Β' Τάξη Ενιαίου Λυκείου*, Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα.