

## Η αρχή της αδράνειας του Γαλιλαίου

### Φύλλο Εργασίας 15.2.1

#### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 15.2: Η αρχή της αδράνειας του Γαλιλαίου

Ονοματεπώνυμο: .....

Τάξη: .....

Ημερομηνία: .....

#### Τι θα μελετήσουμε

Σε αυτή τη δραστηριότητα, θα μελετήσουμε το τι συμβαίνει στην κίνηση ενός αντικείμενου, όταν εξασκείται σε αυτό μία δράση και κάποια στιγμή σταματά να υφίσταται αυτή η δράση. Για το σκοπό αυτό, θεωρούμε μια διάταξη κεκλιμένων επιπέδων και μια σφαίρα που αφήνεται ελεύθερη από το ανώτατο σημείο αυτής της διάταξης.

Μέσα από αυτή τη μελέτη θα δούμε και τη μεθοδολογία με την οποία βλέπουν το φαινόμενο της κίνησης ο Γαλιλαίος και ο Αριστοτέλης.

#### Η πειραματική διάταξη

Ας θεωρήσουμε, λοιπόν, δύο αντικριστά κεκλιμένα επίπεδα, όπου στο ανώτατο άκρο του αριστερού κεκλιμένου επιπέδου  $OAB$  τοποθετούμε μια σφαίρα και την αφήνουμε ελεύθερη. Στην οθόνη του υπολογιστή προσομοιώνεται η κίνηση της σφαίρας σε μια τέτοια πειραματική διάταξη.

#### Οδηγίες χειρισμού



Με αυτό το κουμπί από το παράθυρο Έλεγχος ενεργοποιείται η προσομοίωση και μπορείτε κατόπιν από τους *ρυθμιστές της διάταξης* να αλλάξετε τις παρακάτω παραμέτρους της πειραματικής διάταξης:

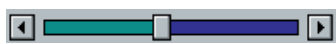
- Την κλίση  $u1$  και το ύψος  $OA$  του κεκλιμένου επιπέδου  $OAB$ .
- Την κλίση  $u2$  του κεκλιμένου επιπέδου  $CDE$ . Το ύψος  $ED$  είναι ίσο με το  $OA$  και ρυθμίζεται ταυτόχρονα με τη ρύθμιση του ύψους  $OA$ .
- Το μήκος  $BC$  του ενδιάμεσου οριζόντιου επιπέδου.
- Το είδος της επιφάνειας των επιπέδων ως προς την στιλπνότητά τους, δηλ. το συντελεστή τριβής  $n$ .



Η έναρξη του πειράματος γίνεται από το κουμπί Έναρξη, σύροντας δεξιά. Από το ίδιο κουμπί, σύροντας αριστερά, μπορείτε να τοποθετείτε τη σφαίρα στην αρχική της θέση και να αλλάζετε, εάν επιθυμείτε, τα ύψη, τις κλίσεις και το συντελεστή τριβής των επιπέδων της διάταξης από τους *ρυθμιστές διάταξης*.



Διακόπτεται προσωρινά η προσομοίωση του πειράματος.



Με συνεχή κλικ στα βέλη εκτελείται ξανά, βήμα βήμα, η προσομοίωση του πειράματος, εφόσον τη σταματήσατε ή τελείωσε ο χρόνος εκτέλεσής της.

**Η παρατήρηση**

Το πείραμα σχεδίασε και εκτέλεσε ο Γαλιλαίος. Ας δεχτούμε μια φανταστική συνάντηση μεταξύ του Αριστοτέλη και του Γαλιλαίου μπροστά σε αυτό το πείραμα, κι εσείς οι βοηθοί τους.

Ρυθμίστε τη διάταξη με τις τιμές:  $OA=350$ ,  $u1=40^\circ$ ,  $u2=0^\circ$  και  $n=0.60$ .

Ξεκινήστε το πείραμα και παρατηρήστε την κίνηση της σφαίρας.

Επαναλάβετε το πείραμα μερικές φορές και περιγράψτε με δικά σας λόγια τις παρατηρήσεις σας για την κίνηση της μπάλας στο αριστερό κεκλιμένο επίπεδο και στο οριζόντιο.

**Οι σημειώσεις**

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

Από το πείραμα παρατηρούμε ότι η μπάλα καθώς κατεβαίνει το αριστερό κεκλιμένο επίπεδο, υπάρχει μια δράση (η αιτία δεν μας απασχολεί) και η ταχύτητα αυξάνει. Όταν το σώμα εγκαταλείπει το κεκλιμένο επίπεδο, δεν υπάρχει(;) αυτή η αιτία, η ταχύτητά του ελαττώνεται, διανύει ένα διάστημα στο οριζόντιο επίπεδο μέχρι που σταματά.

**Το ερώτημα**

Πώς θα μπορούσε κανείς να επιμηκύνει αυτό το διάστημα στο οριζόντιο επίπεδο και το σώμα να κινηθεί για περισσότερο χρόνο;

Ο Αριστοτέλης και ο Γαλιλαίος απαντούν στο ερώτημα:

**Αριστοτέλης:** Για να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση ή για να κινείται συνεχώς θα πρέπει να ασκούμε μια δράση δηλ. να το σπρώχνουμε ή να το τραβάμε. Όσο δυνατά επιδρούμε, τόσο μεγάλη θα είναι και η ταχύτητά του. Η κίνηση χρειάζεται δράση.

**Η διατύπωση της υπόθεσης**

**Γαλιλαίος:** Μπορούμε να κάνουμε το σώμα να κινηθεί οριζόντια για μακρύτερο διάστημα, εάν ελαττώσουμε την τριβή. Ισχυρίζομαι ότι η κίνηση πάνω στο οριζόντιο επίπεδο μπορεί να είναι σταθερή, πρέπει να είναι σταθερή, όταν εξαλείψουμε τελείως τις εξωτερικές επιδράσεις, την τριβή και την αντίσταση του αέρα.

**Η αμφισβήτηση**

**Αριστοτέλης:** Αυτό δεν μπορεί να γίνει, γιατί είναι μία ιδανική κατάσταση που δεν μπορεί να υπάρξει στη φύση. Έτσι, αυτό που λες δεν περιγράφει ποτέ την πραγματικότητα.

**Το πείραμα**

Ας εκτελέσουμε λοιπόν το πείραμα που προτείνει ο Γαλιλαίος και ας συμφωνήσουμε με τον Αριστοτέλη ότι οι επιφάνειες δεν είναι δυνατόν να γίνουν τέλεια λείες. Έτσι στην πραγματική κατάσταση ο συντελεστής τριβής δεν μπορεί να γίνει μικρότερος πέρα από μια τιμή.

Από το ρυθμιστή *Συντελεστής τριβής* ελαττώνουμε την τριβή  $n$  και μετράμε κάθε φορά το διάστημα που διένυσε το σώμα μέχρι να σταματήσει. Εκτελέστε διαδοχικά το πείραμα και συμπληρώστε με τις μετρήσεις τον παρακάτω πίνακα:

**Οι μετρήσεις**

| Συντελεστής τριβής $n$ | Διάστημα που διένυσε το σώμα στο οριζόντιο επίπεδο |
|------------------------|----------------------------------------------------|
| 0.6                    |                                                    |
| 0.5                    |                                                    |
| 0.4                    |                                                    |
| 0.3                    |                                                    |
| 0.25                   |                                                    |

Τι συμβαίνει λοιπόν όταν περιορίζουμε τις εξωτερικές επιδράσεις δηλ. περιορίζουμε το αποτέλεσμα αυτό που λέγεται τριβή ανάμεσα στο σώμα και την επιφάνεια του επιπέδου; Γράψτε τις παρατηρήσεις σας.

**Επαλήθευση των ισχυρισμών;**

.....  
 .....  
 .....

Μπορούμε να ισχυριστούμε σε αυτό το σημείο ότι εάν μηδενίσουμε την τριβή, η σφαίρα θα κινείται συνεχώς στο οριζόντιο επίπεδο;

.....  
 .....

**Αριστοτέλης:** Αυτό που φαίνεται να συμπεραίνεται είναι αυθαίρετο. Μπορώ να πω πως η σφαίρα θα σταματήσει κάποια στιγμή και δεν μπορείτε να αντικρούσετε αυτόν τον ισχυρισμό μου.

Ο Γαλιλαίος, οξυδερκής, προτείνει μια δεύτερη σειρά πειραμάτων, αυτή τη φορά με δύο αντικριστά κεκλιμένα επίπεδα.

Ρυθμίστε το δεξιό κεκλιμένο επίπεδο, με κλίση  $u_2=60^\circ$ , και ελαττώνοντας κάθε φορά τον συντελεστή τριβής  $n$  μετρήστε το τελικό ύψος που φτάνει η σφαίρα στο αριστερό κεκλιμένο επίπεδο.

Για τα υπόλοιπα στοιχεία της διάταξης δώστε τις τιμές:  $OA=350$ ,  $BC=150$ ,  $u_1=40^\circ$ . Το σώμα ξεκινώντας από την ηρεμία κατέρχεται από το αριστερό επίπεδο, διατρέχει το οριζόντιο και ανεβαίνει στο αντικρινό επίπεδο μέχρι να σταματήσει (γιατί σταματά;).

Καταγράψτε τις μετρήσεις στον παρακάτω πίνακα.

#### Οι μετρήσεις

| Συντελεστής τριβής $n$ | Μέγιστο ύψος που ανήλθε στο δεξιό κεκλιμένο επίπεδο |
|------------------------|-----------------------------------------------------|
| 0.6                    |                                                     |
| 0.5                    |                                                     |
| 0.4                    |                                                     |
| 0.3                    |                                                     |
| 0.25                   |                                                     |

Τι συμπέρασμα βγάζετε για το τελικό ύψος που φτάνει η σφαίρα στο κεκλιμένο επίπεδο CDE, καθώς ελαττώνετε την τριβή;

.....  
 .....

#### Οι ιδανικές συνθήκες και το ιδεατό πείραμα

Στη συνέχεια εκτελέστε ένα ιδεατό πείραμα αυτή τη φορά, ιδεατό με την έννοια ότι μπορούμε να εξαλείψουμε τελείως την τριβή.

Ρυθμίστε τη διάταξη με τις τιμές:  $OA=350$ ,  $BC=150$ ,  $u_1=40^\circ$  και  $n=0$ .

Εκτελέστε το πείραμα ελαττώνοντας την κλίση  $u_2$  του δεξιού κεκλιμένου επιπέδου κάθε φορά και μετρήστε το χρόνο που έκανε, και το διάστημα που διένυσε για να βρεθεί στο μέγιστο ύψος.

Καταγράψτε τις μετρήσεις στον παρακάτω πίνακα.

Για κάποια κλίση του επιπέδου η σφαίρα χάνεται στα δεξιά της οθόνης και ίσως δεν μπορείτε να μετρήσετε το διάστημα που διένυσε, μέχρι να φτάσει στο μέγιστο ύψος. Φανταστείτε που έχει φθάσει μέχρι να σταματήσει. Σε αυτές τις περιπτώσεις υπολογίστε την απόσταση που διένυσε, εκτιμώντας πόσο είναι το μέγιστο ύψος που θα φτάσει.

| Κλίση του επιπέδου $\alpha$ | Χρόνος $t$ | Συνολικό διάστημα που διένυσε $s$ | Μέγιστο ύψος που ανήλθε στο δεξιό κεκλιμένο επίπεδο |
|-----------------------------|------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 60°                         |            |                                   |                                                     |
| 45°                         |            |                                   |                                                     |
| 30°                         |            |                                   |                                                     |
| 15°                         |            |                                   |                                                     |
| 5°                          |            |                                   |                                                     |

Γράψτε τις παρατηρήσεις σας:

.....  
 .....  
 .....  
 .....

Όταν η κλίση του επιπέδου μηδενισθεί, υπάρχουν πλέον εξωτερικές επιδράσεις; Σε αυτή την περίπτωση ποια θα είναι η τελική θέση της σφαίρας και πότε θα φτάσει στο αρχικό της ύψος; Είναι αναγκαίο πλέον να κάνουμε αυτές τις μετρήσεις για να διατυπώσουμε το συμπέρασμα για το τι συμβαίνει στη κίνηση ενός σώματος που κινείται σε οριζόντιο και λείο επίπεδο (τι σημαίνει λείο και οριζόντιο επίπεδο);

Συμπέρασμα:

.....  
 .....  
 .....

### Η διατύπωση μιας αρχής

Ονομάζουμε το παραπάνω συμπέρασμα *Αρχή της Αδράνειας του Γαλιλαίου*.

Ας φανταστούμε σε ιδανικές συνθήκες το οριζόντιο και λείο επίπεδο ως μια ταινία που επεκτείνεται και “δένει” τη γη. Ποια είναι η τροχιά που θα διαγράψει η σφαίρα, αφού κινηθεί σύμφωνα με την αρχή της αδράνειας του Γαλιλαίου μέχρι να φτάσει στο σημείο από το οποίο ξεκίνησε;

Ποια είναι η φυσική κίνηση των σωμάτων κατά τον Γαλιλαίο;

.....  
.....  
.....