

Μελέτη της οριζόντιας βολής – Πυροβολώντας τον πίθηκο

Μανδηλιώτης Σωτήριος¹, Ελληνούδης Γεώργιος², Ζαφειριάδης Φώτιος³

¹Γεωλόγος, Υπευθυνος ΕΚΦΕ Σερρών

sotmandili@gmail.com

²Φυσικός, ΓΕ.Λ. Ν. Σκοπού Σερρών

geoellin@yahoo.gr

³Φυσικός, ΓΕ.Λ. Σκουτάρεως Σερρών

fzafiriadis@sch.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργαστηριακή μελέτη της οριζόντιας βολής είναι αρκετά δύσκολη. Απαιτεί μια σειρά από πολύπλοκα και δυσεύρετα όργανα σε πολλές σχολικές μονάδες (όπως φωτοπύλες). Το πείραμα που προτείνουμε απαιτεί απλά όργανα που συναρμολογούνται εύκολα. Στόχος είναι να κατανοήσουν οι μαθητές ότι ένα σώμα που εκτοξεύεται οριζόντια από ένα συγκεκριμένο ύψος και που διαγράφει μια σχετικά μεγάλη καμπυλόγραμμη τροχιά (οριζόντια βολή), φτάνει ταυτόχρονα στην ίδια θέση με ένα άλλο σώμα που αφήνεται να πέσει από το ίδιο ύψος ελεύθερα, εκτελώντας μια σχετικά μικρή τροχιά (ελεύθερη πτώση). Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές αντιλαμβάνονται ότι η οριζόντια βολή είναι μια σύνθετη κίνηση, η οποία αποτελείται από τις παρακάτω κινήσεις:

- Την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, λόγω της αρχικής ταχύτητας v_0 .
- Την ελεύθερη πτώση λόγω της βαρύτητας.

Τέλος προτείνεται ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη της οριζόντιας βολής, η επεξεργασία του οποίου βασίζεται στις νέες τεχνολογίες (εικονικό εργαστήριο με εφαρμογή Geogebra) αξιοποιώντας τις δεξιότητες των μαθητών σε αυτές.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Οριζόντια βολή, Ελεύθερη πτώση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διδασκαλία και η μάθηση εννοιών της Φυσικής, αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην κατανόηση τους από τους μαθητές καθώς πολλές φορές οι εναλλακτικές ιδέες τους είναι έντονες και αντιστέκονται στην αλλαγή. Όταν χρησιμοποιούνται παραδοσιακές διδακτικές προσεγγίσεις, είναι αμφίβολο εάν οι μαθητές είναι σε θέση να αφομοιώσουν την επιστημονική θεώρηση (Αναγνωστόπουλος & Κώτσης, 2009). Μια προσέγγιση στο πλαίσιο της οποίας μπορούν να δημιουργηθούν οι συνθήκες για επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής είναι το πείραμα.

Ένα από τα θέματα που οι μαθητές αδυνατούν να κατανοήσουν, είναι το γεγονός ότι ένα σώμα που εκτοξεύεται οριζόντια κάποια χρονική στιγμή από ένα συγκεκριμένο ύψος και διαγράφει μια σχετικά μεγάλη καμπυλόγραμμη τροχιά (οριζόντια βολή) φτάνει ταυτόχρονα στην ίδια θέση με ένα άλλο σώμα που αφήνεται να πέσει την ίδια χρονική στιγμή από το ίδιο ύψος, διαγράφοντας μια σχετικά μικρή τροχιά (ελεύθερη πτώση).

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

Στο άρθρο αυτό περιγράφεται η κατασκευή μιας απλής πειραματικής διάταξης με υλικά που υπάρχουν στο εργαστήριο, ώστε να γίνει εύκολη η κατανόηση του φαινομένου της οριζόντιας βολής.

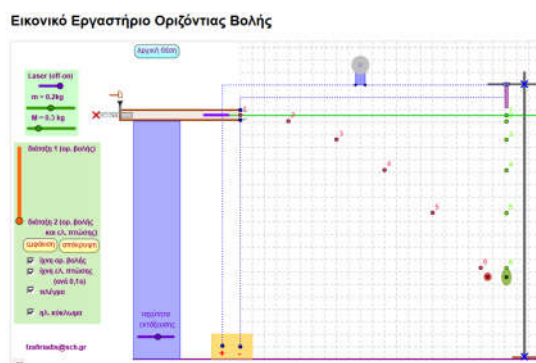
Επίσης παρουσιάζεται η ίδια διάταξη σε εικονικό περιβάλλον (εικονικό εργαστήριο με εφαρμογή Geogebra), ώστε εκτός από την παρατήρηση – σύγκριση της οριζόντιας βολής με την ελεύθερη πτώση, να πραγματοποιηθούν από τους μαθητές οι προτεινόμενες μετρήσεις, οι οποίες αξιοποιούνται στην επεξεργασία του φύλλου εργασίας για την εύρεση της επιτάχυνσης της βαρύτητας.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΜΕΣΑ



Σχήμα 1: Το σύνολο των εξαρτημάτων της πειραματικής διάταξης

Η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιούμε στο πρώτο μέρος είναι απλή και συναρμολογείται εύκολα (Σχήμα 1). Αποτελείται από ένα σωλήνα εκτόξευσης της σφαίρας κατάλληλα προσαρμοσμένο σε βάσεις στήριξης, μια σφαίρα, ένα ελατήριο (ενσωματωμένο στο αμαξίδιο), μια πηγή ρεύματος, καλώδια για το ηλεκτρικό κύκλωμα, έναν ηλεκτρομαγνήτη από τον οποίο αναρτούμε το στόχο - πίθηκο, ένα laser point για κατάδειξη του στόχου (προαιρετικά) και μια ταινία αλουμινοχαρτου για τον διακόπτη.

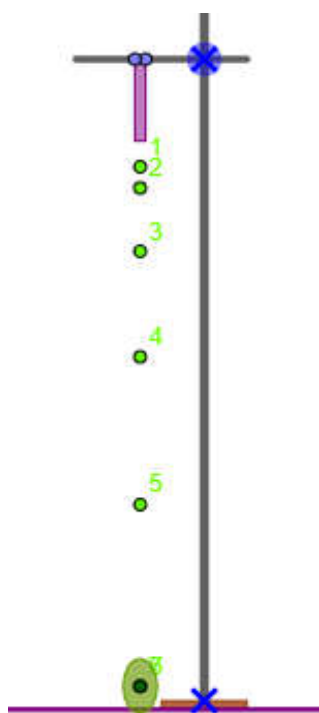


Σχήμα 2: Η οθόνη διεπαφής του εικονικού πειράματος

Για τη μελέτη του φαινομένου και τη συμπλήρωση του φύλλου εργασίας του δεύτερου μέρους χρησιμοποιείται το εικονικό πείραμα «or_voli_el_ptwsi_erg4_1.html» (Σχήμα 2) το οποίο είναι διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση του ΕΚΦΕ Σερρών <http://goo.gl/8ZQYaE> και στη διεύθυνση <http://goo.gl/O0UlyP>

Το αρχείο αυτό ανοίγει με οποιονδήποτε browser (προτείνεται ο Google Chrome). Για την εκτέλεση του αρχείου ο Η/Υ είναι απαραίτητο να είναι συνδεδεμένος στο internet.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ



Σχήμα 3: Ελεύθερη πτώση

διεύθυνση δεν ασκείται καμία δύναμη, το αντικείμενο κινείται ευθύγραμμα και ομαλά με ταχύτητα u_0 , δηλαδή με την αρχική ταχύτητα εκτόξευσης. Συγχρόνως, το αντικείμενο πέφτει ελεύθερα κατά την κατακόρυφη διεύθυνση υπό την επίδραση του βάρους του κινούμενο με την επιτάχυνση της βαρύτητας g .

Αν επιλέξουμε το κατάλληλο σύστημα συντεταγμένων, οι εξισώσεις που μας δίνουν τη θέση του αντικειμένου σε κάθε χρονική στιγμή, είναι:

$$x = u_0 t \quad (1) \quad \text{και} \quad y = \frac{1}{2} g t^2 \quad (2)$$

Με απαλοιφή του χρόνου t από τις εξισώσεις αυτές προκύπτει η εξίσωση της τροχιάς:

$$y = \frac{g}{2u_0^2} x^2 \quad (3)$$

Από την τελευταία σχέση παρατηρούμε ότι η γραφική παράσταση του y σε συνάρτηση με το x^2 είναι ευθεία γραμμή με κλίση: $\lambda = \frac{g}{2u_0^2}$ (4)

Τέλος από τη σχέση $y = \frac{1}{2} g t^2$ προκύπτει ότι ο χρόνος της οριζόντιας βολής είναι

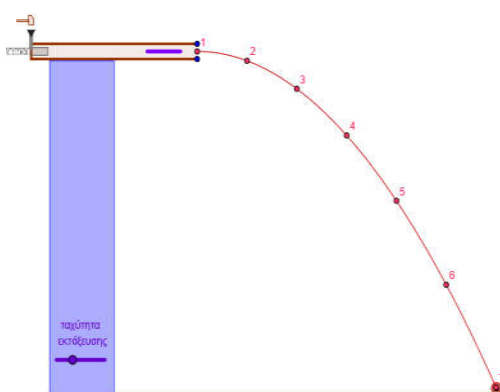
ίδιος με τον χρόνο της ελεύθερης πτώσης δηλαδή $t = \sqrt{\frac{2y}{g}}$

Ελεύθερη πτώση: Είναι η κίνηση που εκτελεί ένα σώμα όταν το αφήσουμε να πέσει από κάποιο ύψος και η μόνη δύναμη που ενεργεί σ' αυτό είναι το βάρος του, ενώ θεωρείται αμελητέα η αντίσταση του αέρα (Σχήμα 3). Η εξίσωση θέσης της ελεύθερης πτώσης είναι $y = \frac{1}{2} g t^2$ από

όπου προκύπτει ότι ο χρόνος είναι $t = \sqrt{\frac{2y}{g}}$

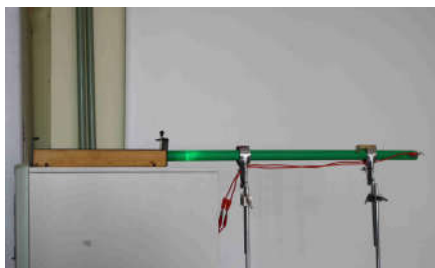
Οριζόντια βολή: Όταν ένα αντικείμενο εκτοξεύεται από κάποιο ύψος οριζόντια, εκτελεί σύνθετη κίνηση η οποία αποτελείται από δύο κινήσεις: την ευθύγραμμη ομαλή, λόγω της u_0 και την ελεύθερη πτώση λόγω της βαρύτητας. (Σχήμα 4).

Για να περιγράψουμε τις σύνθετες κινήσεις χρησιμοποιούμε την αρχή της ανεξαρτησίας των κινήσεων. Σύμφωνα μ' αυτή την αρχή, όταν ένα σώμα εκτελεί ταυτόχρονα δύο κινήσεις, κάθε μία απ' αυτές εκτελείται εντελώς ανεξάρτητα από την άλλη και η θέση στην οποία φτάνει το σώμα μετά από χρόνο t , είναι ίδια είτε οι κινήσεις εκτελούνται ταυτόχρονα, είτε εκτελούνται διαδοχικά, σε χρόνο t η κάθε μία. Έτσι, επειδή κατά την οριζόντια



Σχήμα 4: Οριζόντια βολή

ΠΕΙΡΑΜΑ ΕΠΙΔΕΙΞΗΣ - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ



Σχήμα 5: Ο σωλήνας εκτόξευσης



Σχήμα 6: Η ταινία αλουμινίου – διακόπτης

Συναρμολογούμε τη συσκευή εκτόξευσης (Σχήμα 5) η οποία αποτελείται από το σωλήνα, κατάλληλα στηριγμένο οριζόντια και το μηχανισμό εκκίνησης της σφαίρας (αμαξίδιο από τη συσκευή διατήρησης της ορμής). Στο μπροστινό άνοιγμα του σωλήνα τοποθετούμε ταινία αλουμινοχαρτου η οποία είναι μέρος του ηλεκτρικού κυκλώματος (Σχήμα 6). Συναρμολογούμε το ηλεκτρικό κύκλωμα το οποίο περιλαμβάνει την πηγή, τα καλώδια, την ταινία του αλουμινοχαρτου και τον ηλεκτρομαγνήτη. Απέναντι από το σωλήνα, στο ίδιο ύψος, τοποθετούμε τον ηλεκτρομαγνήτη στον οποίο κρεμάμε το στόχο – πίθηκο (Σχήμα 7).



Σχήμα 7: Η πειραματική διάταξη έτοιμη για χρήση

Απασφαλίζουμε το ελατήριο της συσκευής εκτόξευσης. Καθώς η σφαίρα εξέρχεται του σωλήνα, σχίζεται η ταινία του αλουμινοχαρτου. Το ηλεκτρικό κύκλωμα ανοίγει προκαλώντας την ταυτόχρονη πτώση του στόχου. Παρατηρούμε ότι τα δυο σώματα συγκρούονται στον αέρα, ανεξάρτητα από την τροχιά που διαγράφει το καθένα. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία αφού έχουμε μεταβάλει την απόσταση του στόχου ή την ταχύτητα εκτόξευσης. Τα δυο σώματα και πάλι συγκρούονται στον αέρα.

Συμπεραίνουμε ότι ένα σώμα που εκτοξεύεται οριζόντια από ένα συγκεκριμένο ύψος και διαγράφει μια σχετικά μεγάλη καμπυλόγραμμη τροχιά (οριζόντια βολή) φτάνει ταυτόχρονα στην ίδια θέση με ένα άλλο σώμα που αφήνεται να πέσει ταυτόχρονα από το ίδιο ύψος ελεύθερα, διαγράφοντας μια σχετικά μικρή τροχιά (ελεύθερη πτώση).

ΕΙΚΟΝΙΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΦΥΛΛΟΥ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Πραγματοποιούμε τη μελέτη του φαινομένου με φύλλο εργασίας (Παράρτημα), στο οποίο τα δεδομένα προέρχονται από το (συνοδευτικό) εικονικό πείραμα (Σχήμα 2), που εκτελούν οι μαθητές (ή ο διδάσκων). Το εικονικό πείραμα προσομοιώνει με μεγάλη ακρίβεια την πραγματική πειραματική διάταξη. Μας δίνει τη δυνατότητα να

μεταβάλλουμε το ύψος βολής, την απόσταση μεταξύ σωλήνα και στόχου, καθώς και την ταχύτητα εκτόξευσης της σφαίρας.

Παρατηρούμε ότι η σφαίρα συγκρούεται με τον στόχο όταν:

- ο σωλήνας σημαδεύει τον στόχο
- η κίνηση της σφαίρας (οριζόντια βολή) και του στόχου (ελεύθερη πτώση) ξεκινούν ταυτόχρονα
- η σφαίρα έχει την απαραίτητη ταχύτητα ώστε να φθάνει στην κατακόρυφη θέση του στόχου

Στο εικονικό πείραμα κάνουμε τα εξής:

- επιλέγουμε μια ταχύτητα εκτόξευσης και το ύψος εκτόξευσης της σφαίρας
- τοποθετούμε σε κατάλληλη θέση τον στόχο ώστε να συμβεί σύγκρουση
- προσδιορίζουμε το «σημείο σύγκρουσης» σφαίρας – στόχου και επαναλαμβάνουμε το πείραμα για διαφορετικές οριζόντιες θέσεις του στόχου
- με τις συντεταγμένες των «σημείων σύγκρουσης» x και y :
 - συμπληρώνουμε Πίνακα τιμών x , x^2 , y
 - τοποθετούμε τα σημεία σε σύστημα αξόνων $y-x^2$
 - σχεδιάζουμε τη κατάλληλη ευθεία και υπολογίζουμε την κλίση της λ
 - Από τη σχέση $\lambda = \frac{g}{2v_0^2}$ υπολογίζουμε την επιτάχυνση της βαρύτητας g

Η ουσιώδης διαφορά του εικονικού σε σχέση με το πραγματικό πείραμα είναι ότι μπορούμε να μετράμε εύκολα και με ακρίβεια φυσικά μεγέθη όπως το βεληνεκές και το ύψος και να υπολογίζουμε άλλα μεγέθη όπως η επιτάχυνση της βαρύτητας. Τέλος προτρέπουμε τους μαθητές να αναζητήσουν τις πιθανές αιτίες για τις οποίες διαφέρουν τα πειραματικά αποτελέσματα από το θεωρητικό μοντέλο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πειράματα κίνησης που διαρκούν μικρό χρονικό διάστημα (ελεύθερη πτώση, οριζόντια βολή κ.α.) η δυσκολία λήψης πειραματικών μετρήσεων προέρχεται από τη δυσκολία μέτρησης πολύ μικρών χρονικών διαστημάτων. Ένας τρόπος για τον υπολογισμό της ταχύτητας ή της επιτάχυνσης είναι η μέθοδος της φωτογράφισης. Μια τέτοια μέθοδος προτείνεται από τον εργαστηριακό οδηγό Φυσικής Α' τάξης Ενιαίου Λυκείου (Βλάχος κ.ά. 2014) για την επεξεργασία της οριζόντιας βολής. Μια άλλη μέθοδος απαιτεί μια σειρά από πολύπλοκα όργανα, όπως φωτοπύλες.

Στο πείραμα που προτείνουμε χρησιμοποιούμε απλά υλικά. Οπτικοποιούμε το «ταυτόχρονο» της οριζόντιας βολής και της ελεύθερης πτώσης καθιστώντας με τον τρόπο αυτό κατανοητό στους μαθητές ότι οι δυο κινήσεις ταυτίζονται στον άξονα y . Ταυτόχρονα με το εικονικό πείραμα παρέχουμε τη δυνατότητα καταγραφής των απαραίτητων φυσικών μεγεθών για την επεξεργασία του συνοδευτικού φύλλου εργασίας.

Η παρούσα διδακτική πρόταση, στο πλαίσιο ενός διερευνητικού τύπου μάθησης εφοδιασμένου με καλές διδακτικές πρακτικές, σκοπό έχει να δώσει στο διδάσκοντα ένα εύχρηστο εργαλείο με δραστηριότητες στο διδακτικό πλαίσιο της Β' Λυκείου θετικού προσανατολισμού. Οι μαθητές συμμετέχουν και εμπλέκονται ενεργά. Η οργάνωση και η παρουσίαση των δραστηριοτήτων και η χρήση φύλλου εργασίας, συντελούν στη διαμόρφωση και ανάπτυξη στρατηγικών μάθησης των διδασκομένων. Η αξιολόγηση έχει ως στόχο να εξετάσει το βαθμό εμπέδωσης και εφαρμογής της γνώσης.

ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

- Το εικονικό πείραμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη της ελεύθερης πτώσης.
- Στην πειραματική διάταξη που προτείνουμε μπορεί να προσαρμοστεί μια φωτοπύλη στο άκρο του σωλήνα, ώστε να μπορεί να βρεθεί η ταχύτητα εκτόξευσης της σφαίρας η οποία υπολογίζεται από τη σχέση $u = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ όπου Δx είναι η διάμετρος της σφαίρας και Δt είναι ο χρόνος διέλευσης της από τη φωτοπύλη.
- Η ταχύτητα μπορεί να βρεθεί και από τη σχέση $y = \frac{g}{2u_0^2} x^2$ αν μετρηθούν οι αποστάσεις x και y και θεωρηθεί γνωστή η επιτάχυνση της βαρύτητας g .
- Μπορεί να πραγματοποιηθεί το πείραμα επίδειξης με το σύστημα εκτόξευσης να απέχει αρκετά από το σύστημα ελεύθερης πτώσης ώστε οι μαθητές να παρατηρήσουν ότι τα δύο σώματα φτάνουν ταυτόχρονα στο έδαφος.
- Μπορεί το πείραμα να βιντεοσκοπηθεί και να γίνει επεξεργασία του βίντεο με το ελεύθερο λογισμικό Tracker. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να γίνει καταγραφή της θέσης τόσο της σφαίρας όσο και του στόχου σε διάφορες χρονικές στιγμές και να γίνει καρέ – καρέ η μελέτη των δυο κινήσεων καθώς και επεξεργασία των δεδομένων με αντίστοιχο φύλλο εργασίας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στο πραγματικό πείραμα η πειραματική διάταξη συναρμολογείται έτοιμη προς χρήση από τον διδάσκοντα.

Στο εικονικό εργαστήριο το αρχείο «or_voli_el_ptwsi_erg4_1.html» πρέπει να αποθηκευτεί από την ηλεκτρονική διεύθυνση <http://goo.gl/8ZQYaE> του ΕΚΦΕ Σερρών σε κάθε υπολογιστή που θα χρησιμοποιηθεί από ομάδα μαθητών, ή εναλλακτικά πρέπει να τρέξει on-line από τη διεύθυνση: <http://goo.gl/O0UlyP>

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΒΟΛΗΣ

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Στην οριζόντια βολή η εξίσωση της τροχιάς δίνεται από τη σχέση $y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$ (1) από την οποία φαίνεται ότι η γραφική παράσταση του y σε συνάρτηση με το x^2 είναι ευθεία γραμμή με κλίση $\lambda = \frac{g}{2v_0^2}$ (2)

ΣΤΟΧΟΙ

- Να μελετήσετε την οριζόντια βολή ως σύνθετη κίνηση, η οποία προκύπτει από τη σύνθεση δυο κινήσεων, μιας οριζόντιας και μιας κατακόρυφης.
- Να βρείτε κάποια σημεία της τροχιάς της που είναι οι θέσεις σύγκρουσης της σφαίρας με το στόχο που αφήνεται ταυτόχρονα από το ίδιο ύψος και εκτελεί ελεύθερη πτώση.
- Να προσδιορίσετε την επιτάχυνση της βαρύτητας.

ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

- Ηλεκτρονικός υπολογιστής
- Αριθμομηχανή

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Ανοίξτε την προσομείωση με τη χρήση οποιουδήποτε browser (προτείνεται ο Google Chrome) από τη διεύθυνση: <http://goo.gl/O0UlyP>. Εναλλακτικά ανοίξτε το αρχείο «or_voli_el_ptwsi_erg4_1.html» που έχει αποθηκευτεί από την ηλεκτρονική διεύθυνση <http://goo.gl/8ZQYaE> του ΕΚΦΕ Σερρών.

Το εικονικό πείραμα εμφανίζει:

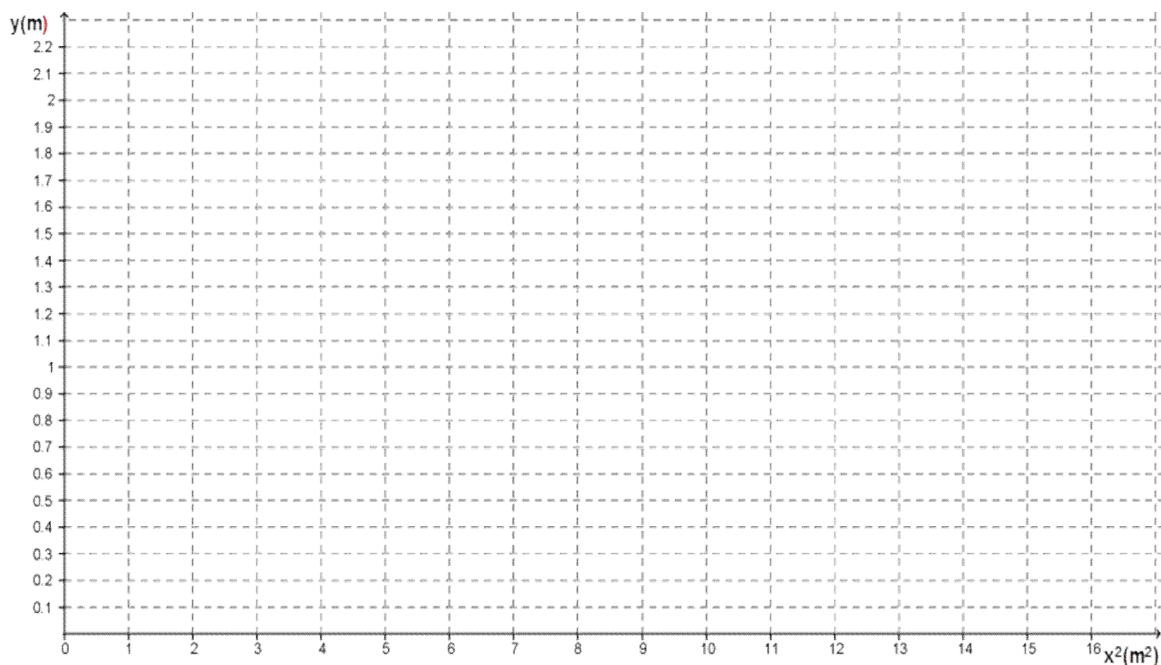
- έναν εκτυρσοκροτητή (κανόνι) που τοποθετείται σε ρυθμιζόμενο ύψος ο οποίος:
 - ο έχει στο εσωτερικό του μια σφαίρα
 - ο πάνω του βρίσκεται ένα Laser που σημαδεύει προς την κατεύθυνση εκτυρσοκρότησης
 - ο στο άκρο του έχει έναν κλειστό διακόπτη (μέρος του ηλεκτρικού κυκλώματος) ο οποίος «ανοίγει» όταν εξέρχεται η σφαίρα
- έναν ορθοστάτη ο οποίος σύρεται προς κάθε κατεύθυνση στον οποίο στηρίζεται ένας ηλεκτρομαγνήτης (μέρος του ηλεκτρικού κυκλώματος) που διαρρέεται με ρεύμα και από τον οποίο κρέμεται ένα μεταλλικό αντικείμενο - στόχος
- ένα ηλεκτρικό κύκλωμα που αποτελείται από μια μπαταρία, καλώδια, μια λάμπα, τον διακόπτη και τον ηλεκτρομαγνήτη

Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

- Επιλέξτε μια ταχύτητα εκτυρσοκρότησης την οποία και θα διατηρήσετε σταθερή σε όλη τη διάρκεια του πειράματος.
 $v_0 = \dots\dots\dots$
- Τοποθετείστε το κανόνι σε κάποιο ύψος (ή αφήστε το προεπιλεγμένο), ανοίξτε το Laser και σύρετε τον ορθοστάτη σε τέτοια θέση ώστε το Laser να σημαδεύει το κέντρο του στόχου που κρέμεται από αυτόν.
- Επιλέξτε **Έναρξη**, οπότε η σφαίρα εκσφενδονίζεται και όταν βγαίνει από το κανόνι «ανοίγει» ο διακόπτης, ανοίγει το κύκλωμα, σβήνει η λάμπα και ο ηλεκτρομαγνήτης επειδή δεν διαρρέεται με ρεύμα απελευθερώνει το στόχο.
- Εάν συμβεί σύγκρουση, το πρόγραμμα εμφανίζει ένα ίχνος Σ που σηματοδοτεί τη θέση της σφαίρας τη στιγμή της σύγκρουσης.
- Με τη βοήθεια του πλέγματος υπολογίστε τις συντεταγμένες x , y του **σημείου σύγκρουσης** και μεταφέρετε τις τιμές στον Πίνακα 1. (Τόσο η εκτυρσοκρότηση όσο και η ελεύθερη πτώση μπορούν να ρυθμιστούν ώστε να γίνουν κατά μήκος των γραμμών του πλέγματος για να είναι πιο εύκολη η λήψη μετρήσεων)
- Επαναλάβετε το πείραμα μετακινώντας τον στόχο σε άλλες θέσεις και επιλέγοντας **Αρχική θέση - Έναρξη**.
- Συμπληρώστε τον Πίνακα 1
- Μεταφέρετε τις τιμές στο σύστημα αξόνων $y-x^2$ και σχεδιάστε τα αντίστοιχα σημεία.
- Σχεδιάστε μια ευθεία που να περνάει όσο γίνεται πιο κοντά και ανάμεσα από τα σημεία που σχεδιάσατε.

ΠΙΝΑΚΑ 1

	x (m) (στρογγυλοποίηση με 2 δεκαδικά ψηφία)	x ² (m ²) (στρογγυλοποίηση με 2 δεκαδικά ψηφία)	y (m) (στρογγυλοποίηση με 2 δεκαδικά ψηφία)
1			
2			
3			
4			
5			



- Υπολογίστε την κλίση λ της ευθείας από τη σχέση:

$$\lambda = \frac{\text{απέναντι κάθετη}}{\text{προσκεείμενη κάθετη}} = \dots\dots\dots$$

- Αντικαταστήστε την κλίση λ και την αρχική ταχύτητα v_0 στην παρακάτω σχέση και υπολογίστε την επιτάχυνση της βαρύτητας g :

$$\lambda = \frac{g}{2v_0^2}$$

$$g = \dots\dots\dots \text{ m/s}^2$$

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Stem Learning <https://www.stem.org.uk/elibrary/resource/27021/monkey-and-hunter>.
- Ε.Κ.Φ.Ε. Σεργών (2016). Φύλλα εργασίας εργαστηριακών ασκήσεων Φυσικής
<http://ekfe.ser.sch.gr/site/index.php/about/2014-07-03-05-31-46/11-ergastiriakes-askiseis-fysikis>
- Αναγνωστόπουλος, Α. & Κώτσης, Κ. (2009). Διδασκαλία του τρίτου νόμου του Νεύτωνα με επανάληψη του ιστορικού του πειράματος σε μαθητές Γυμνασίου. Πρακτικά 6ου Πανελληνίου συνεδρίου διδακτικής των Φ.Ε. και νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση. Φλώρινα
- Βλάχος, Ι., Γραμματικάκης, Ι., Καραπαναγιώτης, Β., Κόκκοτας, Π., Περιστερόπουλος, Π., Τιμοθέου, Γ. (2014). Εργαστηριακός οδηγός Φυσικής Α τάξης Ενιαίου Λυκείου. Αθήνα: ΟΕΔΒ
- Μανδηλιώτης, Σ, Ελληνούδης, Γ, (2016). Θεώρημα του Torricelli και οριζόντια βολή. Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες» Θεσσαλονίκη.