

Η Εκπαιδευτική Μελέτη της Πτώσης Μαγνήτη σε Κατακόρυφο Χάλκινο Σωλήνα – Μία Πρότυπη Πειραματική Διάταξη και Πρόταση Εκπαιδευτικής Χρήσης της

Γεώργιος Δ. Τσιτσιπής, Γεώργιος Θεοφ. Καλκάνης

*Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αθηνών
gtsits@primedu.uoa.gr, kalkanis@primedu.uoa.gr, <http://micro-kosmos.uoa.gr>*

Περίληψη. Ένα πρόβλημα κεντρικού ενδιαφέροντος στην εκπαίδευση στη Φυσική είναι η χρήση των ψηφιακών Εκπαιδευτικών Τεχνολογιών στο εργαστήριο για τη διεξαγωγή πειραμάτων. Στο πλαίσιο μιας τέτοιας προσέγγισης για την εργαστηριακή εκπαίδευση στη θεματική της ΗλεκτροΜαγνητικής Επαγωγής, τρεις αισθητήρες και ένας απτήρας τοποθετημένοι κατάλληλα συμπληρώνουν μια πειραματική διάταξη και συμβάλλουν με μοναδικό τρόπο στην πλήρη μελέτη ενός γνωστού φυσικού φαινομένου: αυτού της πτώσης ενός μαγνήτη μέσα σε έναν χάλκινο σωλήνα. Η εργασία έχει δύο βασικά μέρη. Στο πρώτο μέρος γίνεται περιγραφή της πρότυπης πειραματικής διάταξης καθώς και ανάλυση του τρόπου λειτουργίας της, ενώ στο δεύτερο μέρος δίνεται μία διδακτική πρόταση σχετικά με τη χρήση της προαναφερόμενης πειραματικής διάταξης στο εργαστήριο, αφού -εξ ορισμού- οποιαδήποτε εκπαιδευτική τεχνολογία προϋποθέτει ή απαιτεί σχεδιασμό και μεθοδολογικά ορθή εφαρμογή.

Εισαγωγή

Το πείραμα με το οποίο ασχολείται η παρούσα εργασία είναι το εξής: Ένας κυλινδρικός μαγνήτης αφήνεται με τη βοήθεια κατάλληλου μηχανισμού να πέσει μέσα σε έναν χάλκινο σωλήνα ο οποίος έχει αναρτηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρείται κατακόρυφος. Στον χαλκοσωλήνα αναπτύσσονται επαγωγικά ρεύματα (δινορεύματα) που αντιστέκονται στην πτώση του μαγνήτη και γρήγορα ο μαγνήτης αποκτά οριακή ταχύτητα. Μέσω τριών αισθητήρων σε κατάλληλη διάταξη (αναλυτική περιγραφή της παρουσιάζεται σε επόμενη ενότητα με τίτλο «Η πειραματική διάταξη») γίνεται μελέτη: α) της κίνησης του μαγνήτη, β) ενός επαγωγικού ρεύματος παρόμοιου με αυτά που αναπτύσσονται στον σωλήνα και γ) της δύναμης που ασκεί ο σωλήνας στον αισθητήρα δύναμης από τον ποίο είναι αναρτημένος.

Το πείραμα αυτό μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο μιας δίωρης εργαστηριακής άσκησης μαθητών Β' τάξης Γενικού Λυκείου θετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης, όπου αυτοί θα έχουν την ευκαιρία να χειριστούν ενδιαφέροντα νέα εκπαιδευτική τεχνολογία για να μελετήσουν ένα φυσικό φαινόμενο που θα τους προκαλέσει να χρησιμοποιήσουν και να συνδυάσουν γνώσεις ενός σχετικά ευρέως φάσματος φυσικής που περιλαμβάνει: κινήσεις, δυνάμεις και νόμους του Νεύτωνα, ηλεκτρομαγνητισμό, ηλεκτρομαγνητική επαγωγή και νόμο του Lenz.

Η πτώση του μαγνήτη μέσα σε έναν χάλκινο σωλήνα έχει γίνει και στο παρελθόν αντικείμενο πειραματικής μελέτης αλλά με χρήση άλλων πειραματικών μέσων διαφορετικών από τους αισθητήρες. Συγκεκριμένα, έχει γίνει προσπάθεια πειραματικής μελέτης του φαινομένου: 1) με χρήση βιντεοκάμερας τοποθετημένης έτσι ώστε να βιντεοσκοπεί την πτώση στο εσωτερικό του σωλήνα (ASU 2002, UIUC Physics 1996). 2) με χρήση

μαγνητικών πυξίδων τοποθετημένων γύρω από τον χάλκινο σωλήνα σε διάφορα οριζόντια επίπεδα για να ανιχνεύουν τη διέλευση του μαγνήτη (ASU 2002). 3) με χρήση χαλκοσωλήνα κατά μήκος του οποίου υπάρχουν τρύπες ώστε να είναι ορατό ανά διαστήματα το σώμα που κινείται στο εσωτερικό του (4PHYSICS.COM 2006).

Η χρήση των τριών αισθητήρων για την μελέτη του φαινομένου παρουσιάζει κατά τη γνώμη μας ιδιαίτερο ενδιαφέρον διότι καθιστά δυνατή την λήψη μεγάλου πλήθους μετρήσεων μέσα στο μικρό χρονικό διάστημα της πτώσης του μαγνήτη και την αυτόματη κατασκευή πολύ καλών διαγραμμάτων που δείχνουν την ποσοτική εξέλιξη των σχετικών με το φαινόμενο φυσικών μεγεθών όπως: απομάκρυνση, δύναμη, επαγωγικό ρεύμα. Μια τέτοια συνδυασμένη χρήση αισθητήρων που συμβάλλει με τόσο αποτελεσματικό τρόπο στην πολύπλευρη μελέτη του φαινομένου, κατά τη γνώμη μας πλεονεκτεί έναντι της χρήσης άλλων ακόμα και σύγχρονων μέσων. Για παράδειγμα, θεωρούμε ότι πλεονεκτεί έναντι της βιντεοκάμερας, ακόμα κι αν μέσω αυτής δεν γίνεται απλή παρακολούθηση της κίνησης αλλά επίσης και ανάλυσή της με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού.

Στην παρούσα εργασία συμπεριλαμβάνεται επίσης και διδακτική πρόταση για την εκπαιδευτική αξιοποίηση της πειραματικής διάταξης στο εργαστήριο. Το διδακτικό μοντέλο που ακολουθήθηκε προκειμένου να συνταχθεί η διδακτική πρόταση είναι το *ερευνητικά εξελισσόμενο εκπαιδευτικό μοντέλο* (Καλκάνης 2005). Το μοντέλο αυτό αναπτύσσεται στα εξής πέντε στάδια: Εναύσματα, υποθέσεις, πειραματισμός, συμπεράσματα, γενίκευση-εφαρμογές.

Γνωστικό υπόβαθρο και μαθητές-στόχος

Οι προαπαιτούμενες γνώσεις φυσικής για την προτεινόμενη εργαστηριακή διδασκαλία του πειράματος περιλαμβάνουν τα εξής: Κινήσεις, δυνάμεις, νόμους του Νεύτωνα, ηλεκτρομαγνητισμό, ηλεκτρομαγνητική επαγωγή, νόμο του Lenz. Οι μαθητές στους οποίους αποβλέπει η διάταξη είναι οι μαθητές της Β΄ Γενικού Λυκείου, θετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης οι οποίοι από κάποια χρονική στιγμή του σχολικού τους έτους και μετά καλύπτουν τα παραπάνω διδακτικά αντικείμενα σύμφωνα με το ισχύον αναλυτικό πρόγραμμα και επιπλέον έχουν την ικανότητα λόγω της κατεύθυνσής τους να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της άσκησης. Προκειμένου οι μαθητές να διευκολυνθούν ώστε να μπορέσουν να ερμηνεύσουν ένα διάγραμμα $F=g(t)$ που παρουσιάζεται στα αποτελέσματα του πειράματος και το οποίο παρουσιάζει κάποια ιδιομορφία, προτείνουμε την εκτέλεση μιας ωριαίας προκαταρκτικής εργαστηριακής άσκησης πριν από αυτή που αντιστοιχεί στην παρούσα εργασία. Η προκαταρκτική αυτή εργαστηριακή άσκηση θα ασχολείται με την μέτρηση δύναμης με δυναμόμετρο και αισθητήρα δύναμης και θα αναδεικνύει το φαινόμενο της φθίνουσας ταλάντωσης κατά το διάστημα: από τη στιγμή της εφαρμογής στο όργανο της προς μέτρηση δύναμης μέχρι την αποκατάσταση ισορροπίας.

Σύντομη περιγραφή και ερμηνεία του φαινομένου

Περιγραφή: Στην αρχή της πτώσης του μέσα στον κατακόρυφο χάλκινο σωλήνα ο κυλινδρικός μαγνήτης κάνει επιταχυνόμενη κίνηση αλλά η επιτάχυνση αυτή μειώνεται και πολύ σύντομα ο μαγνήτης αποκτάει οριακή ταχύτητα.

Ερμηνεία: Κατά την πτώση του μαγνήτη επάγονται κυκλικά ρεύματα (δινορεύματα) στον χαλκοσωλήνα λόγω μεταβολών της μαγνητικής ροής. Αυτό συμβαίνει ανά πάσα χρονική στιγμή τόσο στο τμήμα του σωλήνα που βρίσκεται αμέσως μπροστά από τον μαγνήτη όσο και σε αυτό που βρίσκεται αμέσως πίσω του. Τα δινορεύματα που έπονται του μαγνήτη θα έχουν αντίθετη φορά από εκείνα που προηγούνται λόγω αντίθετου προσήμου στους ρυθμούς μεταβολής της μαγνητικής ροής πίσω και μπροστά από τον μαγνήτη. Σε κάθε περίπτωση όμως, σύμφωνα με τον νόμο του Lenz, τα δινορεύματα αυτά αντιδρούν στην αιτία που τα

προκάλεσε. Έτσι μέσω του μαγνητικού τους πεδίου ασκούν δυνάμεις στον μαγνήτη οι οποίες εμποδίζουν την πτώση του.



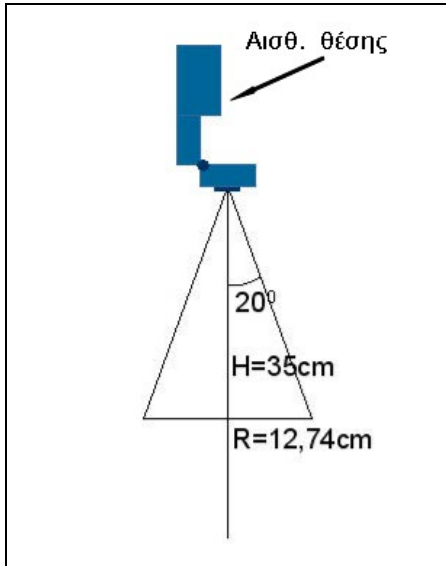
Εικ.1. Πτώση του μαγνήτη με τον βόρειο πόλο προς τα κάτω.
Πηγή: 4PHYSICS.COM

Όσο οι δυνάμεις αυτές έχουν συνισταμένη με μέτρο μικρότερο του βάρους του μαγνήτη η ταχύτητα του μαγνήτη μεγαλώνει, οι ρυθμοί μεταβολής της μαγνητικής ροής κατ' απόλυτο τιμή γίνονται μεγαλύτεροι από τους αντίστοιχους προηγούμενους, αυξάνεται η ένταση των δινορευμάτων και επομένως αυξάνεται και το μέτρο των δυνάμεων που εμποδίζουν την πτώση του μαγνήτη. Κάποια στιγμή η συνισταμένη όλων αυτών των δυνάμεων γίνεται ίση με το βάρος του μαγνήτη. Από τότε και στο εξής ο μαγνήτης δεν μπορεί να επιταχυνθεί άλλο και η κίνησή του γίνεται με σταθερή οριακή ταχύτητα.

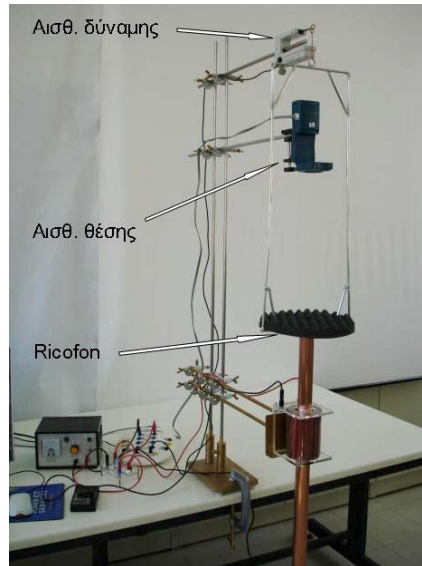
Η πειραματική διάταξη

Ο χαλκοσωλήνας της διάταξης έχει μήκος 135 cm. Κρατιέται κατακόρυφος αφού είναι αναρτημένος από αλουμινένιο πλαίσιο το οποίο με τη σειρά του αναρτάται από τον *αισθητήρα δύναμης* (Εικ. 3). Έτσι ο αισθητήρας δύναμης μετράει διαρκώς τη δύναμη που του ασκεί το προαναφερθέν σύστημα σωλήνας-πλαίσιο. Η δύναμη αυτή πριν την κίνηση του μαγνήτη είναι ίση με το βάρος του αναρτημένου από τον αισθητήρα δύναμης συστήματος, ενώ όταν ο μαγνήτης κινείται η δύναμη αυτή μεγαλώνει ώστε λίγο μετά την απόκτηση οριακής ταχύτητας από τον μαγνήτη να εμφανίζεται αυξημένη κατά το βάρος του μαγνήτη. Πάνω ακριβώς από το στόμιο του χάλκινου σωλήνα, στην ίδια κατακόρυφο με αυτόν στερεώνεται ο *αισθητήρας θέσης* (Εικ. 2 και 3) έτσι ώστε να ανιχνεύει την κίνηση του μαγνήτη (Εικ. 4) που θα εκτελέσει την πτώση μέσα στον σωλήνα. Ο αισθητήρας θέσης είναι της CMA και λειτουργεί με υπέρηχους. Εκπέμπει δηλαδή υπερηχητικούς παλμούς οι οποίοι αφού ανακλαστούν στο σώμα του οποίου μελετάμε την κίνηση επιστρέφουν και ανιχνεύονται από αυτόν. Από το χρόνο μετάβασης και επιστροφής καθορίζεται η απόσταση του αντικειμένου από τον αισθητήρα. Για να γίνει μέτρηση της απόστασης ενός αντικειμένου από τον αισθητήρα, η απόσταση αυτή δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 50 cm (CMA 2000). Πλησιάζοντας το στόμιο του σωλήνα σε απόσταση 35 cm από τον αισθητήρα και τοποθετώντας γύρω από αυτό έναν δίσκο ηχοαπορροφητικού υλικού

(Ricofon) πάχους 2,5cm και ακτίνας περίπου 13cm πετυχαίνουμε να καταγράφονται οι αποστάσεις από τον αισθητήρα, του μαγνήτη που βρίσκεται μέσα στον σωλήνα και όχι του στομίου του σωλήνα ή του ίδιου του Ricofon ή των αντικειμένων που βρίσκονται κάτω από αυτό εξωτερικά του σωλήνα όπως π.χ. ράβδοι στήριξης, πηνίο κλπ.



Εικ. 2. Ο κώνος των υπέρηχων



Εικ. 3. Ο κώνος των υπέρηχων κόβεται από το Ricofon



Εικ. 4. Ο μαγνήτης

Οι υπέρηχοι που εκπέμπονται καταλαμβάνουν μία κωνική περιοχή η οποία παρουσιάζει μία γωνία (άνοιγμα) 15° έως 20° σε σχέση με τον άξονα του κώνου (Εικ. 2) (CMA 2000). Η κωνική τομή κάθετα στον άξονα του κώνου και σε απόσταση $H=35\text{cm}$ από την κορυφή του είναι ένας κύκλος με ακτίνα $R=12,74\text{cm}$. Με την τοποθέτηση του ηχοαπορροφητικού δίσκου ακτίνας περίπου 13cm στη θέση της προαναφερόμενης κωνικής τομής "κόβουμε" τον κώνο των υπέρηχων και εμποδίζουμε σε μεγάλο βαθμό την διάδοσή τους κάτω από τον δίσκο αυτόν εξωτερικά του σωλήνα. Ο μαγνήτης αφήνεται με τη βοήθεια κατάλληλου μηχανισμού να ξεκινήσει την κίνησή του 15 cm πιο κάτω από το στόμιο μέσα στον σωλήνα ώστε να απέχει 50cm από τον αισθητήρα ($15+35=50$) και η κίνησή του να ανιχνεύεται από την αρχή.

Ο αισθητήρας ρεύματος (Εικ. 5 και 7) είναι της Vernier. Χρησιμοποιείται για την μελέτη του ρεύματος που επάγεται από το πέρασμα του μαγνήτη σε έναν χάλκινο δακτύλιο τοποθετημένο γύρω από τον χάλκινο σωλήνα. Τόσο ο χάλκινος δακτύλιος όσο και ο σωλήνας στην εξωτερική του επιφάνεια έχουν λεπτή διάφανη μονωτική επίστρωση για την αποφυγή βραχυκυκλώματος στον δακτύλιο.



Εικ. 5. Αισθητήρας ρεύματος και ενισχυτής



Εικ. 6. Ο χάλκινος δακτύλιος καλύπτεται με διαφανή μόνωση



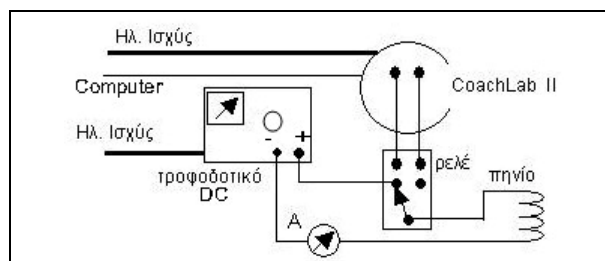
Εικ. 7. Ο χάλκινος δακτύλιος συνδεδεμένος με τον αισθητήρα ρεύματος

Ο αισθητήρας ρεύματος που χρησιμοποιείται εδώ, πρέπει να συνδυάζεται με ενισχυτή όπως φαίνεται στην εικόνα 7. Μετράει ρεύματα στην περιοχή από -600mA έως $+600\text{mA}$. Ο ρόλος του πηνίου (Εικόνα 3 και 8) είναι να συγκρατεί τον κυλινδρικό μαγνήτη μήκους 4cm σε κάποια θέση μέσα στον χάλκινο σωλήνα, και συγκεκριμένα στη θέση εκείνη όπου η πάνω άκρη του μαγνήτη απέχει 15cm από το στόμιο του σωλήνα (επάνω άνοιγμα). Το πηνίο τοποθετείται στη διάταξη με τον τρόπο που φαίνεται στην εικόνα 3.

Αφήνουμε τον κυλινδρικό μαγνήτη να πέσει μέσα στον σωλήνα με τον κατάλληλο πόλο προς τα κάτω ώστε να απωθηθεί από το μαγνητικό πεδίο του επάνω μέρους του πηνίου. Έτσι ο μαγνήτης σταματάει λόγω άπωσης και αιωρείται σε μία θέση μέσα στον σωλήνα η οποία βρίσκεται ακριβώς πάνω από το πηνίο εφόσον το ρεύμα είναι $1,3\text{A}$. Το χάλκινο τοίχωμα του σωλήνα που παρεμβάλλεται μεταξύ του πηνίου και του μαγνήτη δεν εμποδίζει την άπωση. Διακόπτοντας το ρεύμα στο πηνίο, αφήνουμε τον μαγνήτη να πέσει. Το κύκλωμα του πηνίου αποτελείται από τα εξής όργανα και συσκευές: Πηνίο, Τροφοδοτικό συνεχούς τάσης, Πολύμετρο (στο ρόλο αμπερομέτρου), Ηλεκτρομαγνητικός διακόπτης (Relay), 4 καλώδια με μανάνες.



Εικ. 8. Το κύκλωμα



Εικ. 9. Σχέδιο του κυκλώματος

Χρησιμοποιώντας το ποτενσιόμετρο του τροφοδοτικού (περιστροφικό κουμπί), ρυθμίζουμε το ρεύμα ($1,3\text{A}$) ώστε το πηνίο να μπορεί να απωθεί αποτελεσματικά τον μαγνήτη και να τον κρατάει από πάνω του. Ενεργοποιώντας τον ηλεκτρομαγνητικό διακόπτη (relay) την χρονική στιγμή που θέλουμε, το κύκλωμα ανοίγει και ο μαγνήτης αφήνεται να πέσει. Η ενεργοποίηση του relay γίνεται από την κονσόλα διασύνδεσης CoachLab II και μπορεί να προγραμματιστεί ακριβώς με χρήση κατάλληλων εντολών του λογισμικού διασύνδεσης Coach 5.

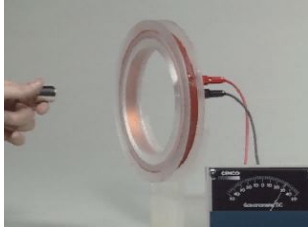
Οι διδακτικοί στόχοι

1. Να διαπιστώσουν οι μαθητές ότι ένας κυλινδρικός μαγνήτης που αφήνεται να πέσει μέσα σε έναν κατακόρυφο χάλκινο σωλήνα αποκτά κατά την πτώση του οριακή ταχύτητα.
2. Να παρατηρήσουν και να ερμηνεύσουν οι μαθητές την μεταβολή συναρτήσεως του χρόνου του ηλεκτρικού ρεύματος που επάγεται σε ένα χάλκινο δακτύλιο όταν ένας κυλινδρικός μαγνήτης περνάει κατά την πτώση του μέσα από αυτόν.
3. Να εξάγουν οι μαθητές συμπεράσματα για το είδος των ρευμάτων που επάγονται σε κατακόρυφο χαλκοσωλήνα από την πτώση μέσα σε αυτόν ενός κυλινδρικού μαγνήτη.
4. Να παρατηρήσουν και να ερμηνεύσουν οι μαθητές την μεταβολή συναρτήσεως του χρόνου, της δύναμης που καταγράφει ένας αισθητήρας δύναμης από τον οποίον αναρτάται χάλκινος σωλήνας, όταν μέσα στον σωλήνα αφήνεται να πέσει ένας κυλινδρικός μαγνήτης.
5. Να ερμηνεύσουν οι μαθητές την κίνηση που κάνει ένας κυλινδρικός μαγνήτης όταν αφήνεται να πέσει μέσα σε έναν κατακόρυφο χάλκινο σωλήνα.

Η διδακτική πρόταση

1. Εναύσματα

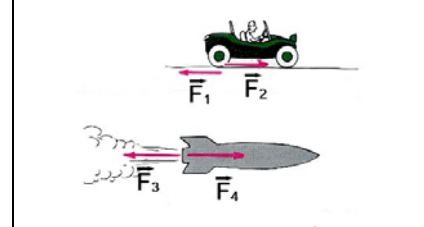
1.1. Οι μαθητές καλούνται να παρακολουθήσουν ένα video που δείχνει το πλησίασμα και την απομάκρυνση ενός μαγνήτη σε ένα πηνίο που είναι συνδεδεμένο με ένα γαλβανόμετρο (Εικ.10). Ερώτηση: -Τι συνέπεια έχει το πλησίασμα του μαγνήτη στο πηνίο και τι συνέπεια έχει η απομάκρυνσή του από αυτό; Ποιά εξήγηση δίνετε;



Εικ. 10 Πηγή: MIT



Εικ. 11 Πηγή: MIT



Εικ.12. Πηγή:
<http://sol.sci.uop.edu>

1.2. Οι μαθητές καλούνται να παρακολουθήσουν ένα video που δείχνει την πτώση ενός μαγνήτη μέσα από ένα χάλκινο δακτύλιο (Εικ.11). Ερώτηση: -Περιγράψτε σε γενικές γραμμές την κίνηση που κάνει ο μαγνήτης πέφτοντας μέσα από τον χονδρό χάλκινο δακτύλιο. Πώς εξηγείται η κίνηση αυτή;

1.3. -Τι κίνηση κάνει ένας αλεξιπτωτιστής κατά την κατακόρυφη πτώση του με ανοιχτό αλεξίπτωτο; Πώς εξηγείται η κίνηση αυτή;

1.4. Οι μαθητές καλούνται να παρατηρήσουν την εικόνα 12. Ερώτηση: -Πως ο πύραυλος και το αυτοκίνητο κατορθώνουν να κινούνται; Εξηγήστε κάνοντας χρήση των δυνάμεων \vec{F}_1, \vec{F}_2 και \vec{F}_3, \vec{F}_4 που είναι σχεδιασμένες στην εικόνα 12.

2. Υποθέσεις

Στην παρακάτω εικόνα 13 ο χαλκοσωλήνας είναι αναρτημένος μέσω αλουμινένιου πλαισίου από έναν *αισθητήρα δύναμης* ο οποίος μετράει διαρκώς την κατακόρυφη δύναμη που του ασκείται. Ο χάλκινος δακτύλιος γύρω από τον σωλήνα συνδέεται με έναν *αισθητήρα ρεύματος* ο οποίος παίρνει μετρήσεις του ρεύματος που τυχόν διαρρέει τον δακτύλιο. Ο δακτύλιος είναι μονωμένος με λεπτή διάφανη μονωτική επίστρωση. Αφήνουμε τον μαγνήτη να πέσει μέσα στον χάλκινο σωλήνα. Ερωτήσεις:

2.1. Ποια θα είναι η μορφή του διαγράμματος $i=h(t)$, του ρεύματος που θα δημιουργηθεί στον δακτύλιο συναρτήσει του χρόνου; Δικαιολογήστε σε γενικές γραμμές την πρόβλεψή σας.

2.2. Αφού σκεφθείτε τι αντιπροσωπεύει η τιμή της δύναμης που δείχνει ο αισθητήρας δύναμης πριν ο μαγνήτης αρχίσει να πέφτει, προβλέψτε αν θα αλλάξει αυτή η τιμή κατά την πτώση του μαγνήτη. Δικαιολογήστε την πρόβλεψή σας.

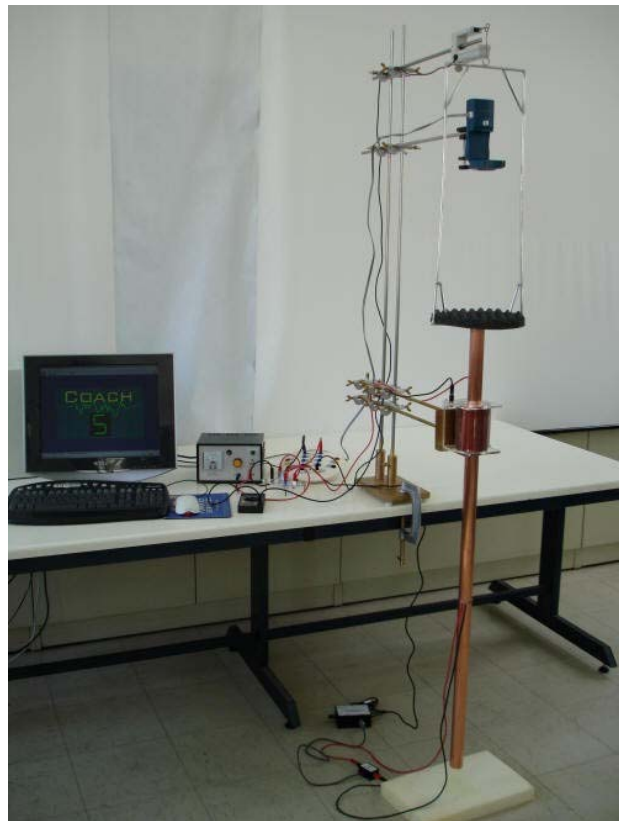
2.3. Αν το F συμβολίζει τη δύναμη που μετράει ο αισθητήρας δύναμης, προβλέψτε ποιά θα είναι η μορφή του διαγράμματος $F=g(t)$ της δύναμης αυτής συναρτήσει του χρόνου, για το χρονικό διάστημα της πτώσης.

2.4. Τι κίνηση ή τι κινήσεις θα κάνει ο μαγνήτης κατά την πτώση του; Δικαιολογήστε την πρόβλεψή σας;

2.5. Ποιά θα είναι η μορφή του διαγράμματος $x=f(t)$, που αντιστοιχεί στην πτώση του μαγνήτη μέσα στον χάλκινο σωλήνα; Το x είναι η απομάκρυνση του μαγνήτη από το στόμιο του σωλήνα.



Εικ. 13 Ο αναρτημένος χαλκοσωλήνας



Εικ. 14. Η πειραματική διάταξη

3. Πειραματισμός


3.1. Πραγματοποιήστε την πειραματική διάταξη της εικόνας 14.

Παρατήρηση: Οι λεπτομερείς οδηγίες συναρμολόγησης της πειραματικής διάταξης οι οποίες πρέπει να περιλαμβάνονται σε ένα φύλλο εργασίας που απευθύνεται σε μαθητές, δεν θα παρατεθούν σε αυτό το σημείο για λόγους συντομίας αλλά και διότι έχουν ήδη περιληφθεί στην ενότητα «Η πειραματική διάταξη».

3.2. Ανοίξτε το Coach 5 (λογισμικό διασύνδεσης), επιλέξτε το πρόγραμμα "Το Εργαστήριο" και κάντε τις απαιτούμενες ρυθμίσεις ώστε κατά την εκτέλεση του πειράματος να σχηματιστούν τα διαγράμματα: $x=f(t)$, $F=g(t)$ και $i=h(t)$.

Χρόνος μέτρησης: 1,8s, **συχνότητα:** 50 μετρήσεις/s **άξονας x:** από 0 m έως 2m,
άξονας F: από 0 N έως 20 N, **άξονας i:** από -0,07 A έως +0,07 A




3.3. Πατήστε  και στο παράθυρο που θα εμφανιστεί προγραμματίστε τη λειτουργία του απτήρα (Relay). Δημιουργήστε το παρακάτω πρόγραμμα.

Αναμονή(0.4)
 Διακόπτης_Εντός(D1)
 Αναμονή(2)
 Διακόπτης_Εκτός(D1)

Το πρόγραμμα αυτό ορίζει να διακοπεί το κύκλωμα και να αφηθεί ο μαγνήτης να πέσει 0,4 s μετά την έναρξη των μετρήσεων. Στη συνέχεια, το κύκλωμα να παραμείνει ανοιχτό για 2s (όσο περίπου διαρκεί η πτώση) και να ξανακλείσει όταν η πτώση έχει πλέον ολοκληρωθεί. (Η σύνδεση του απτήρα με την κονσόλα CoachLab II πρέπει να έχει γίνει στις μπόρνες D).

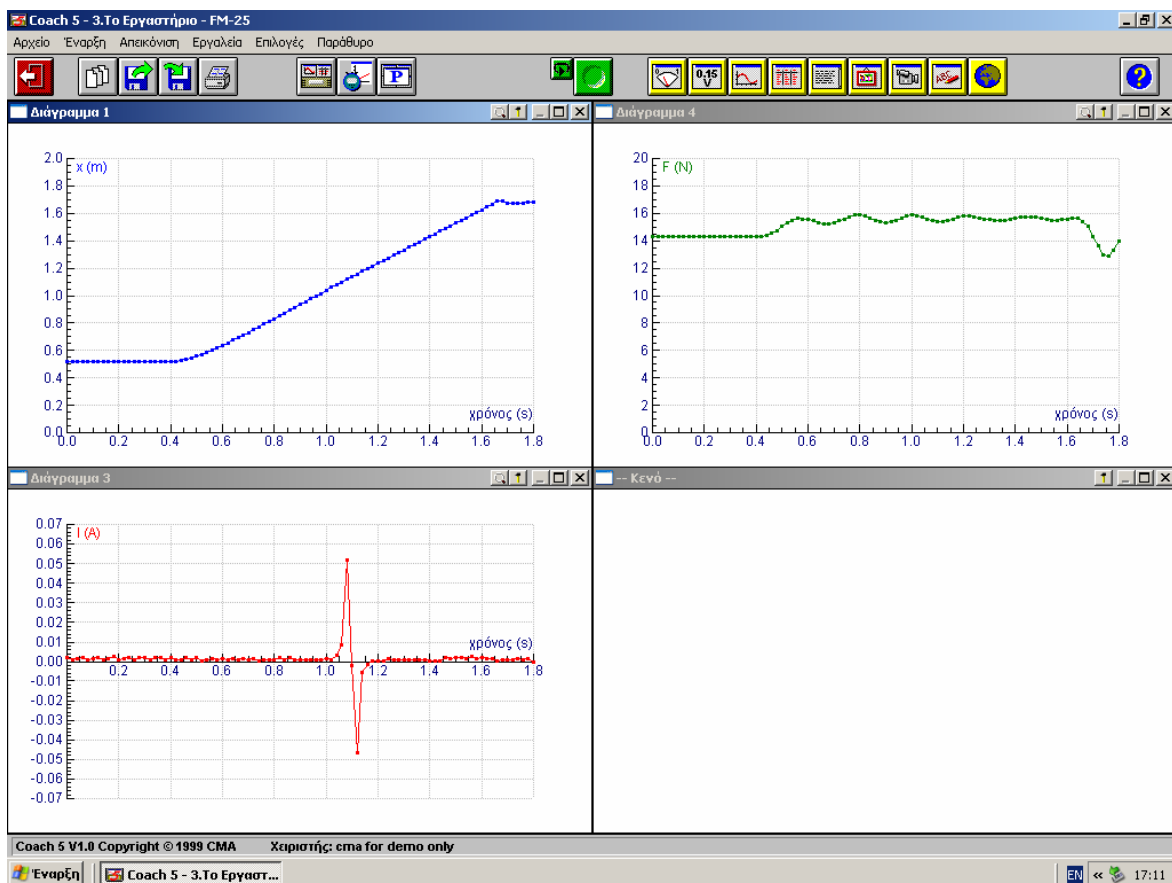
3.4. Με τον περιστροφικό διακόπτη του τροφοδοτικού τέρμα αριστερά, θέστε τον διακόπτη ON/OFF του τροφοδοτικού στη θέση ON. Στη συνέχεια γυρίστε σιγά-σιγά τον περιστροφικό διακόπτη προς τα δεξιά μέχρις ότου το ρεύμα στο κύκλωμα γίνει περίπου 1,3A.

3.5. Αφήστε τον μαγνήτη να πέσει μέσα στον σωλήνα με τον κατάλληλο πόλο προς τα κάτω ώστε να απωθηθεί και να συγκρατηθεί από το πηνίο.

3.6. Πατήστε το πράσινο κουμπί  για να εκτελεστεί το πείραμα και να ληφθούν οι μετρήσεις.

3A. Αποτελέσματα πειραματισμού

Τα διαγράμματα που προκύπτουν από το πείραμα και τα οποία σχηματίστηκαν αυτόματα από το λογισμικό διασύνδεσης Coach 5, φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:



Εικ. 15. Τα διαγράμματα

4. Συμπεράσματα

4.1. Πώς δικαιολογείται η μεταβολή του ρεύματος που αναπτύσσεται στον δακτύλιο από το πέρασμα του μαγνήτη;

4.2. Τι είδους ρεύματα μπορείτε να συμπεράνετε ότι αναπτύσσονται στον χάλκινο σωλήνα από την πτώση του μαγνήτη;

- 4.3. Με βάση το διάγραμμα $x=f(t)$, τί είδους κίνηση ή κινήσεις κάνει ο μαγνήτης κατά την πτώση του;
- 4.4 Γιατί οι δυνάμεις τριβής λόγω τυχόν επαφών μεταξύ του μαγνήτη που πέφτει και του χαλκοσωλήνα, είναι αμελητέες;
- 4.5. Πώς ερμηνεύετε την κίνηση του μαγνήτη;
- 4.6. Εκτός των αμελητέων αλληλεπιδράσεων λόγω τυχόν επαφών μεταξύ του μαγνήτη που πέφτει και του χαλκοσωλήνα, υπάρχει άλλη αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών; Εξηγείστε.
- 4.7. Πώς μπορεί να εξηγηθεί η μορφή του διαγράμματος $F=g(t)$;
- 4.8. Με βάση το διάγραμμα $F=g(t)$, μπορείτε να υπολογίσετε κατά προσέγγιση το βάρος του μαγνήτη; Εξηγείστε πως προκύπτει ο υπολογισμός.

5. Εφαρμογή

Οι μαθητές καλούνται να παρατηρήσουν την εικόνα 16 που δείχνει έναν αλουμινένιο δακτύλιο να ηρεμεί αναρτημένος από δύο νήματα.



Εικ.16. Ο αναρτημένος αλουμινένιος δακτύλιος

Ερωτήσεις:

- Τί θα συμβεί εάν πλησιάσουμε γρήγορα προς αυτόν έναν ραβδόμορφο μαγνήτη έτσι ώστε ο άξονας αυτού του μαγνήτη να συμπίπτει με τον άξονα του δακτυλίου;
- Τί θα συμβεί εάν απομακρύνουμε γρήγορα τον μαγνήτη από τον δακτύλιο;
- Πώς δικαιολογείτε τις απαντήσεις σας;

Έλεγχος λειτουργικότητας

Η διδακτική πρόταση που παρουσιάστηκε πιο πάνω δεν έχει ακόμα αξιολογηθεί. Από πρώτες όμως εντυπώσεις και γνώμες μικρού αριθμού καθηγητών φυσικής της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης στους οποίους εκτέθηκε, διαμορφώσαμε την πεποίθηση ότι με τις προϋποθέσεις που αναφέραμε, η διδακτική αυτή πρόταση θα μπορέσει να λειτουργήσει και να έχει θετικά αποτελέσματα στους μαθητές.

Παραπομπές

- Καλκάνης Γ.Θ. (2005). Εκπαιδευτική Φυσική, Ι. Οι Θεωρίες.

- 4PHYSICS.COM (2006). Faraday, Lenz, and Newton's Nightmare
http://www.4physics.com/phy_demo/NewtonsNightmare/NewtonsNightmare.html ,
Τελευταία είσοδος: 20-11-2006.
- ASU (2002). Eddy current tube.
http://pirt.asu.edu/detail_single.asp?ID=1174 , Τελευταία είσοδος: 20-10-2006.
- CMA (2000). Motion detector. <http://www.cma.science.uva.nl/english/index.html>
Τελευταία είσοδος: 20-11-2006.
- MIT physics (2005). Magnetic Inductance.
<http://web.mit.edu/8.02t/www/802TEAL3D/visualizations/faraday/inductance/inductance.htm>
Τελευταία είσοδος: 20-11-2006.
- MIT physics (2005). The Falling Magnet with Finite Resistance Ring.
<http://web.mit.edu/8.02t/www/802TEAL3D/visualizations/faraday/FallingMagnetResistive/FallingMagnetResistive.htm> , Τελευταία είσοδος: 20-11-2006.
- UIUC Physics (1996). Cow Magnet thru Copper, Aluminum, PVC Tubes.
http://demo.physics.uiuc.edu/LectDemo/scripts/demo_descript.idc?DemoID=1093
Τελευταία είσοδος: 20-11-2006.
- <http://sol.sci.uop.edu/~jfalward/physics17/chapter2/chapter2.html> ,
Τελευταία είσοδος: 20-11-2006.