

Συστήματα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης στη μελέτη του μαγνητικού πεδίου σωληνοειδών

Νικόλαος Ρούμελης
ΠΕ04 Δρ. Χημείας -Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Μήλου
ΕΚΦΕ ΜΗΛΟΥ 84800 Μήλος, 2287028059, 4ekfeyk@sch.gr

Περίληψη

Στο πρώτο μέρος της εργασίας εξετάζουμε την χρήση του αισθητήρα μαγνητικού πεδίου του MultiLog - DbLab (του Συστήματος Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης των εργαστηρίων Φυσικών Επιστημών των Ενιαίων Λυκείων) στην πειραματική μελέτη του μαγνητικού πεδίου σωληνοειδών και πηνίων. Αρχικά με τη χρήση του αισθητήρα μαγνητικού πεδίου καταγράφουμε την εικόνα του μαγνητικού πεδίου κατά μήκος του άξονα σωληνοειδούς (με μήκος 15 cm και αριθμό σπειρών 600), που τροφοδοτείται με σταθερό ρεύμα. Σε άλλο πείραμα μεταβάλλουμε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το ίδιο σωληνοειδές μεταξύ των τιμών $+ - 0,3A$. Με τη χρήση του λογισμικού DBlab παρουσιάζουμε διάγραμμα B vs I , και από την κλίση της ευθείας υπολογίζουμε τη μ_0 και τη συγκρίνουμε με τη θεωρητική τιμή της. Επαναλαμβάνουμε και με τρία πηνία διαφορετικού λόγου σπειρών/μήκος.

Στο δεύτερο μέρος προτείνεται η χρήση του νέου, στα εργαστήρια Φυσικών Επιστημών των Λυκείων των Κυκλάδων, Συστήματος Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης – Vernier-LabPro και των αισθητήρων μαγνητικού πεδίου και έντασης ρεύματος, στη μελέτη του μαγνητικού πεδίου εντός του ελατηρίου κυματισμού (αριθμό σπειρών 190 και μεταβλητού μήκους), ενός κατά συνθήκη σωληνοειδούς, μεταβλητού λόγου N/L , αριθμού σπειρών προς μήκος. Συγκρίνουμε τη μελέτη του μαγνητικού πεδίου σωληνοειδούς με το νέο σύστημα Vernier-LabPro και τη μέθοδο με το πιο παλιό Multilog-DbLab.

Δίνεται ένα συνοπτικό φύλλο εργασίας με οδηγίες και κατάλληλες ερωτήσεις για μα εργαστηριακή άσκηση Φυσικής Β' Λυκείου που θα μελετά το μαγνητικό πεδίο σωληνοειδών.

Λέξεις κλειδιά:

Συγχρονική Λήψη και Απεικόνιση, MultiLog – DbLab, Vernier - LabPro, Αισθητήρας Μαγνητικού Πεδίου, Αισθητήρας Ρεύματος, Ηλεκτρομαγνητισμός, Μαγνητικό Πεδίο, Σωληνοειδές, Πηνίο, Ελατήριο Κυματισμού - πηνίο, Φυσική Β' Λυκείου

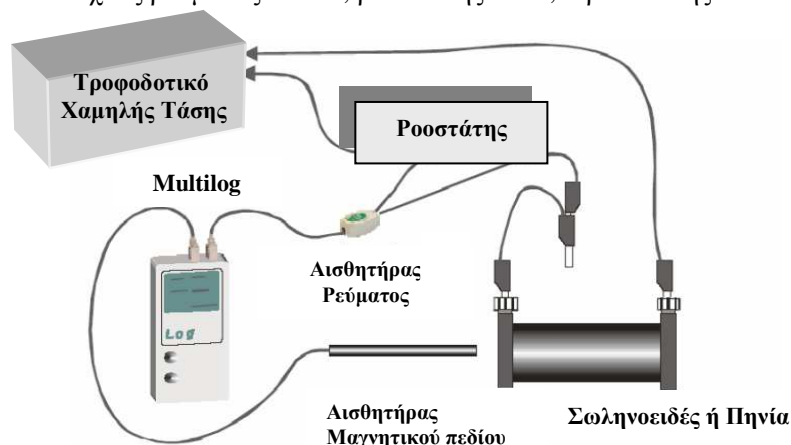
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μελέτη των μαγνητικών πεδίων των σωληνοειδών μεγάλου μήκους περιλαμβάνεται στη ύλη της Φυσικής Β' Λυκείου (Αλεξάκης κ.α 2000, Ιωάννου κ.α.1999). Ο τύπος του σωληνοειδούς διδάσκεται χωρίς πειραματική επαλήθευση, λόγω δυσκολίας της μέτρησης έντασης μαγνητικού πεδίου. Σε αυτό συμβάλλουν τα Συστήματα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης (ΣΣΛΑ), όπως το γνωστό MultiLog/DbLab (Ρούμελης, Τρίμις 2005) και το νέο Vernier-LabPro. Τα ΣΣΛΑ συνδυάζουν ποικίλους αισθητήρες, καταγραφέα δεδομένων (Data Logger) και λογισμικό μεταφοράς, αποθήκευσης και διαχείρισης δεδομένων και κάνουν εφικτή την εκτέλεση σύνθετων σχολικών πειραμάτων σε πραγματικό χρόνο, όπως μηχανικής (Τουντουλίδης 2002, Μουρούζης1 κ.α 2005), ραδιενέργειας (Μουρούζης2 κ.α 2005) χημικής κινητικής (Ρούμελης 2003, Μακρωνίτης, Βαμβακούσης 2005), χημικών ογκομετρήσεων - τιτλοδοτήσεων (Καλογερόπουλος κ.α 2002).

Το Vernier-LabPro συνδυάζει και αυτό ποικίλους αναλογικούς και ψηφιακούς αισθητήρες, καταγραφέα δεδομένων (LabPro) και σύγχρονο, εύχρηστο λογισμικό διαχείρισης δεδομένων (LoggerPro 3) σε φιλικό, παραθυρικό περιβάλλον. Το σύστημα καταγράφει σε πραγματικό χρόνο την ένταση του μαγνητικού πεδίου και το λογισμικό επιτρέπει πολύ γρήγορες και παραστατικές συσχετίσεις, όπως B συναρτήσει I , καθώς και B συναρτήσει N/L . Ο αισθητήρας μαγνητικού πεδίου της Vernier, μετρά την κάθετη σε αυτόν συνιστώσα του μαγνητικού πεδίου (Εγχειρίδιο Vernier-LabPro 2004) και όχι την παράλληλη συνιστώσα όπως μετρά του MultiLog/DbLab (Εγχειρίδιο MultiLog 1999). Το νέο σύστημα Vernier-LabPro (εξοπλισμός του 2005, μέσω ΠΕΠ Ν. Αιγαίου), σε Λύκεια του Νομού Κυκλάδων, που δεν είχαν εξοπλιστεί από το ΥΠΕΠΘ, δείχνει πιο φιλικός με τεράστιες δυνατότητες επεξεργασίας δεδομένων, λόγω και του σύγχρονου παραθυρικού λογισμικού του. Βέβαια, χρειάζεται η συμβολή των ΕΚΦΕ, ώστε να υπάρχουν εύκολα εκτελέσιμες πειραματικές εφαρμογές σε μια διδακτική ώρα και σε αυτό στοχεύει και αυτή η εργασία.

ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ : MULTILOG DBLAB - ΟΡΓΑΝΑ & ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

- 1 Σωληνοειδές μήκους 15 cm, εσωτερικής διαμέτρου 6 cm και 590-600 σπειρών σε 4 επάλληλα στρώματα περίπου 150 σπειρών (ζυγός ρεύματος ΗΛ.305.0)
- 3 Πηνία μήκους 6 cm: 300, 600 και 1200 σπειρών, παραλαβές 97-ΟΣΚ (ΗΛ.350.0, 351.0, 352.0).
- Σύστημα MultiLog-DbLab με Αισθητήρες: Έντασης Μαγνητικού Πεδίου +-10mT (Magnet_L), Έντασης ρεύματος +-2,5A
- Τροφοδοτικό συνεχούς ρεύματος 0-20V, ροοστάτης 20Ω, ορθοστάτης



Σχήμα 1: Πειραματική διάταξη

Συνδέουμε το MultiLog στον Η/Υ και τους αισθητήρες Έντασης ρεύματος και Μαγνητικού πεδίου στην είσοδο I/O 1 και 2 αντίστοιχα. Ακολουθούμε τη συνδεσμολογία του σχήματος 1. Το ροοστάτη το συνδέουμε σε σειρά με το τροφοδοτικό και το σωληνοειδές ή τα πηνία ώστε η ολική αντίσταση μας να είναι πάντα περίπου 20 Ω. Στηρίζουμε τον αισθητήρα μαγνητικού πεδίου σε ορθοστάτη ώστε να εισέρχεται στον άξονα του σωληνοειδές ή του πηνίου. Ο αισθητήρας μετρά την ένταση B των δυναμικών γραμμών παράλληλων με αυτόν, στο μπροστινό μέρος του που φέρει μια κάθετη γραμμή. (www.fourier-sys.com/physics 2000)

ΡΥΘΜΙΣΗ MULTILOG - DBLAB

- Ανοίγουμε το MultiLog από τον Η/Υ με το λογισμικό Db-Lab. Επιλέγουμε Καταγραφέας → Πίνακα Ελέγχου :
- Είσοδος 1 -Αισθητήρας Έντασης Ρεύματος (+_2,5A), Είσοδος2- Αισθητήρας Μαγνητικού Πεδίου (Magnet_L χαμηλής ενίσχυσης +_10mT). Προσοχή μετρά την ένταση παράλληλα με τις δυναμικές μαγνητικές γραμμές γι' αυτό τοποθετείται κατά μήκος του άξονα των σωληνοειδών Ρυθμός (Rate):50/sec.Σημεία(Samples):2000. Σκανδαλισμός (Trigger):Μη ενεργό

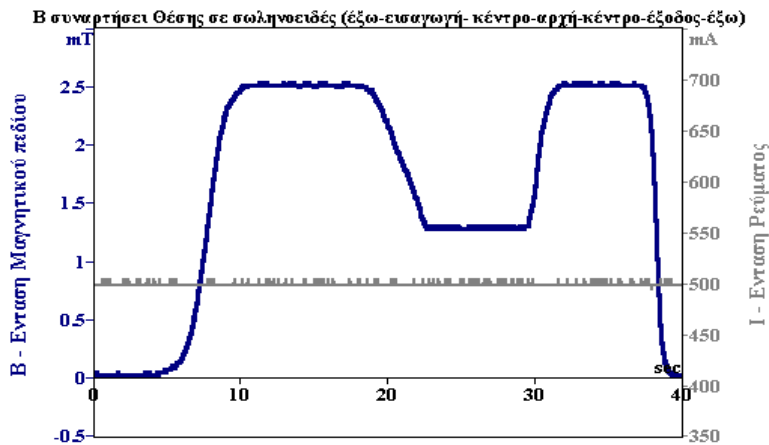
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

- Συνδέουμε τη διάταξη του σχήματος. Σε σειρά με το υπό εξέταση πηνίο ή σωληνοειδές συνδέουμε και τον ροοστάτη ώστε η ολική μας αντίσταση να είναι πάντα 20 Ω περίπου.
- Στο πρώτο πείραμα 1 με το σωληνοειδές, ρυθμίζουμε το τροφοδοτικό στα 10 V, ώστε η τιμή του ρεύματος να είναι σταθερή περίπου 500 mA. Αφού πατήσουμε τη Λήψη Δεδομένων (B και I) μετακινούμε σταδιακά από έξω προς τα μέσα τον αισθητήρα μαγνητικού πεδίου, παράλληλα με τον άξονα του σωληνοειδούς, καταγράφοντας την ένταση B στο κέντρο, στην άκρη και έξω απ' το σωληνοειδές.
- Στο δεύτερο πείραμα 2 τοποθετούμε τον αισθητήρα μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του σωληνοειδούς και το τροφοδοτικό αρχικά στα 0 V. Αρχίζουμε τη Λήψη Δεδομένων (B και I) μεταβάλλοντας αργά την τάση από 0 έως 6 V στα πρώτα 20 sec και μετά αλλάζοντας πολικότητα επαναλαμβάνουμε στα δεύτερα 20 sec, ώστε να σαρώσουμε αργά το ρεύμα μεταξύ + και - 300 mA περίπου. Έτσι παίρνουμε το διάγραμμα B και I συναρτήσεως του χρόνου. Αν οι δυο καμπύλες του B και του I αρχίζουν να κινούνται αντίθετα, αλλάζουμε τη φορά διέλευσης του ρεύματος από το σωληνοειδές. Μετά επιλέγουμε Προβολή → Απεικόνιση Y(X) και παίρνουμε το διάγραμμα B vs I. Τέλος πατάμε Ανάλυση → Γραμμική Παλινδρόμηση και εμφανίζεται το συσχετισμένο διάγραμμα B συναρτήσεως I με την αναγραφόμενη κλίση της ευθείας B vs I.

- Επαναλαμβάνουμε τα ίδια βήματα στο τρίτο πείραμα 3 με τα τρία πηνία 300, 600 και 1200 σπειρών προσέχοντας να μην είναι απότομη η μεταβολή του ρεύματος. Μας βοηθάει αν ρυθμίζουμε, για κάθε πηνίο, τη συνολική αντίσταση στα 20 Ω.
- Για κάθε καταγραφή-πείραμά μας επιλέγουμε από Αρχείο → Αποθήκευση ως: όνομα.. .smp

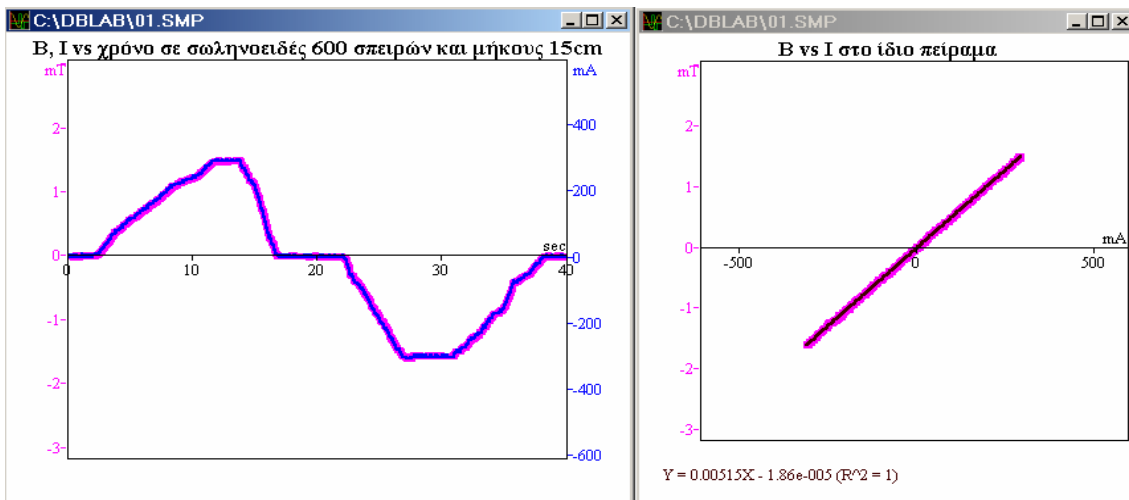
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο Πείραμα 1 υπό σταθερό ρεύμα 0,5 A μετράμε την ένταση του μαγνητικού πεδίου με τον αισθητήρα μαγνητικού πεδίου του MultiLog στο σωληνοειδές, αλλάζοντας σταδιακά τη θέση του αισθητήρα σε σχέση με το σωληνοειδές. Αρχικά έξω (μηδενική ένταση) – σταδιακή είσοδος (αύξηση) έως το κέντρο του (2,5 mT - μέγιστη ένταση) - μετακίνηση προς την αρχή, την άκρη του (1,25 mT - μισή τιμή της μέγιστης έντασης) – ξανά κίνηση προς το μέσον, κέντρο του για επιβεβαίωση της μέγιστης έντασης - και τέλος σταδιακή έξοδος του αισθητήρα όπου μηδενίζεται η τιμή του.



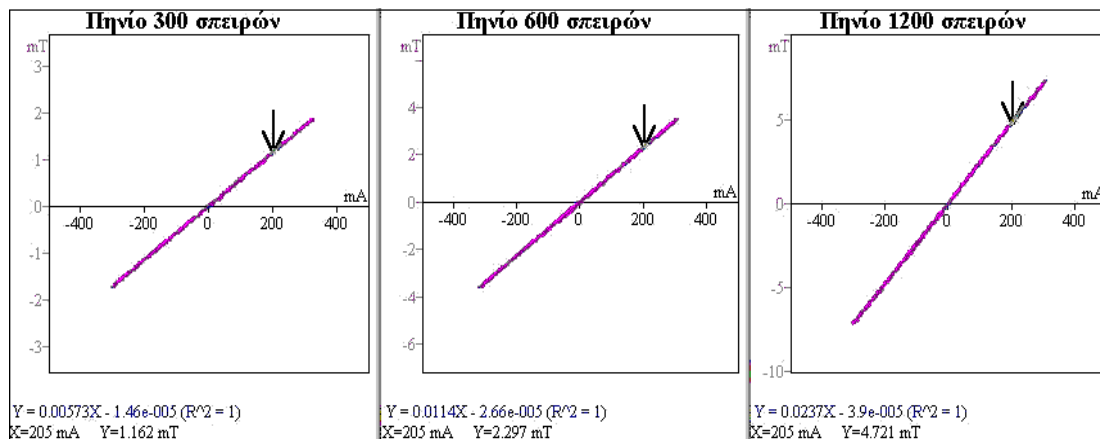
Σχήμα 2: Πείραμα 1- Διάγραμμα B συναρτήσει θέσης αισθητήρα σε σωληνοειδές (Ρούμελης, Τρίμης 2005)

Στο Πείραμα 2 μεταβάλλοντας την τάση τροφοδοσίας, μεταβάλλουμε το ρεύμα αρχικά προς τα 300 mA και μετά προς το μηδέν, σε 20 sec. Κατόπιν, αλλάζοντας πολικότητα στα καλώδια τροφοδοσίας του κυκλώματος μας, μεταβάλλουμε το ρεύμα έως τα -300 mA και μετά μηδενίζουμε πάλι με αργό ρυθμό στα επόμενα 20 sec. Παρατηρούμε ότι οι καμπύλες B και I συναρτήσει του χρόνου έχουν ίδιο ακριβώς τρόπο μεταβολής, πράγμα που επιβεβαιώνει ότι ο αργός αυτός ρυθμός μεταβολής του ρεύματος δεν προκαλεί φαινόμενα αυτεπαγωγής στο σωληνοειδές. Κατόπιν, αφού επιλέξουμε τη συσχέτιση B συναρτήσει του I και τη γραμμική παλινδρόμηση, παρατηρούμε ότι το B συναρτήσει του I είναι απολύτως γραμμικό ($R^2=1$). Από το δεύτερο αυτό διάγραμμα υπολογίζουμε την κλίση του B συναρτήσει I σε 0,00515 mT/mA και χρησιμοποιώντας τον τύπο $B = \mu_0 \times N/L \times I$ (600σπείρες και 15cm μήκος) η σταθερά μ_0 βρίσκεται ίση με $1.025 \times 4\pi \text{ Tm/A}$.



Σχήμα 3: Πείραμα 2 - Διάγραμμα B,I-χρόνου και B - I στο σωληνοειδές 600 σπειρών και μήκους 15cm

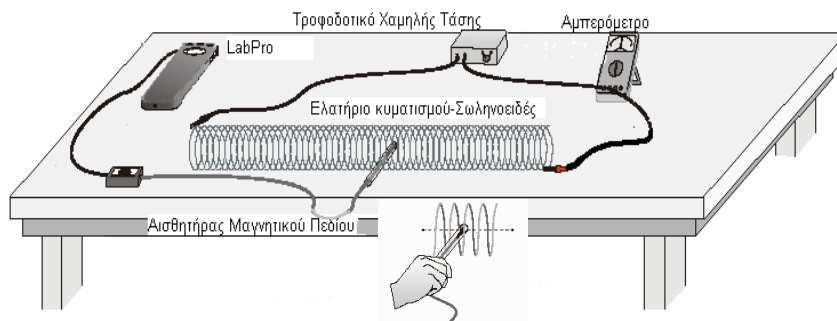
Στο Πείραμα 3 μεταβάλλοντας όπως και πριν την τάση τροφοδοσίας, μεταβάλλουμε με αργό ρυθμό το ρεύμα για τα τρία διαδοχικά πηνία με 300, 600 και 1200 σπείρες, προσέχοντας ώστε ο αισθητήρας του μαγνητικού πεδίου να είναι ακριβώς στο μέσον τους και πάνω στον κεντρικό τους άξονα. Μετατρέπουμε τα διαγράμματα σε B συναρτήσει I και σημειώνουμε τις κλίσεις μετά την γραμμική προσαρμογή και παρατηρούμε ότι η κλίση B/I είναι 0,00573, 0,0114 και 0,0237 mT/mA για τα πηνία 300, 600 και 1200 σπειρών αντίστοιχα, που έχουν ίδιο μήκος 6cm. Παρατηρούμε ότι ο λόγος B/I είναι γραμμικός σε σχέση με το λόγο αριθμό σπειρών / μήκος (N/L). Σημειώνουμε ότι χρησιμοποιούμε πηνία παραλαβής 1997 από ΟΣΚ, λόγω των γνωστών κατασκευαστικών προβλημάτων στα πηνία των νέου τύπου εργαστηρίων ΦΕ των Λυκείων. (Ρούμελης, Τρίμης 2005).



Σχήμα 4: Πείραμα 3 - Διάγραμμα B συναρτήσει I για τρία πηνία 300, 600 & 1200 σπειρών με ίδιο μήκος 6cm

ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ : VERNIER LABPRO - ΟΡΓΑΝΑ & ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

- Ελατήριο Κυματισμού (Slinky[®]) ως Σωληνοειδές 190 σπειρών, μεταβλητού μήκους (0,75 έως και 1,5m), αντίστασης 6Ω (TA.060.0)
- Σύστημα Vernier-LabPro/LoggerPro3 με Αισθητήρες: Έντασης Μαγνητικού Πεδίου +/- 0,3-0,4mT (Υψηλής Ενίσχυσης) και Έντασης Ρεύματος +/- 5 A
- Τροφοδοτικό συνεχούς ρεύματος 0-20V, Ψηφιακό αμπερόμετρο, καλώδια.
- Χαρτόνι και κολλητική ταινία για στήριξη του ελατηρίου, μετροταινία

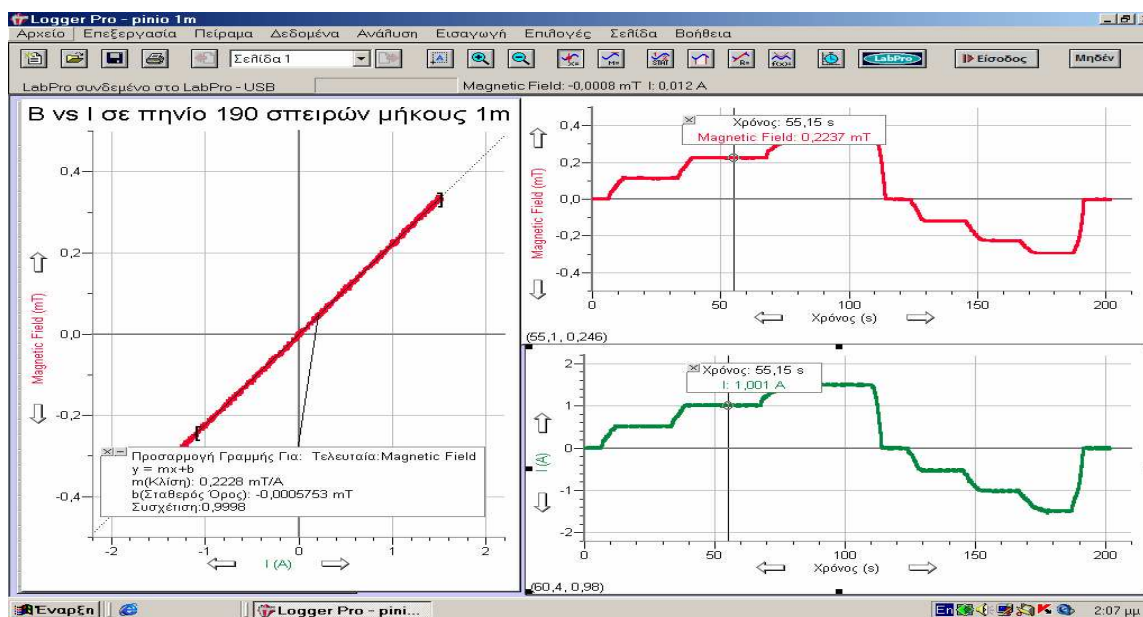


Σχήμα 5: Πειραματική διάταξη

Συνδέουμε το LabPro στον H/Y, τον αισθητήρα Μαγνητικού Πεδίου, αφού το ρυθμίσουμε σε υψηλή ενίσχυση στην πρώτη αναλογική είσοδο και τον αισθητήρα ρεύματος στην δεύτερη αναλογική είσοδο. Ακολουθούμε τη συνδεσμολογία του Σχήματος 5 (Physics 2003) προσθέτοντας και έναν αισθητήρα ρεύματος. Στήριζουμε το ελατήριο με χαρτόνια και κολλητική ταινία (μη αγωγικά υλικά) στα επιθυμητά μήκη και εισάγουμε τον αισθητήρα μαγνητικού πεδίου ανάμεσα στις σπείρες, κάθετα στον άξονα του σωληνοειδούς-ελατηρίου. Ο αισθητήρας που διαθέτουμε μετρά την ένταση B μαγνητικών πεδίων κάθετων σ' αυτόν, στο μπροστινό μέρος του που υπάρχει λευκή κουκίδα και δείχνει την μέγιστη τιμή όταν η λευκή κουκίδα δείχνει μαγνητικό S (νότιο πόλο). Ο αισθητήρας ρεύματος χρειάζεται βαθμονόμηση (Εγχειρίδιο VernierLabPro 2004, www.vernier.com).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

- Συνδέουμε τη διάταξη του σχήματος. Ανοίγουμε το LabPro στον Η/Υ με το λογισμικό LoggerPro. Μόλις συνδέσουμε τον αισθητήρα μαγνητικού πεδίου στην αναλογική είσοδο CH1 (γυρίζουμε το διακόπτη του αισθητήρα σε θέση High-Magnetic Fieldx200), το πρόγραμμα το αναγνωρίζει αυτόματα ενώ τον αισθητήρα ρεύματος (CMA) +- 5 A τον συνδέουμε στην αναλογική είσοδο CH2 και χωρίς να τον αναγνωρίζει αυτόματα τον βαθμονομούμε από 0-5 A σε προσομοίωση με αισθητήρα τάσης 0-10V. Εμφανίζεται πίνακας δεδομένων και γραφήματα B και I συναρτήσει χρόνου. Ρυθμίζουμε το χρόνο δειγματοληψίας για 200 sec με ρυθμό 20/sec, από Συλλογή Δεδομένων(Ρολόι) → Βάση χρόνου → Ρυθμό Δειγματοληψίας 20/sec,
- Στο πρώτο πείραμα 1 αφού επιμηκύνουμε το ελατήριο στο 1m, ρυθμίζουμε το τροφοδοτικό ώστε το Αμπερόμετρο να δείχνει 1 A. Σε κάθε πείραμα προσέχουμε να μην ακουμπήσουν οι σπείρες μεταξύ τους. Μηδενίζουμε από το Μηδέν την τιμή του B, για να μην έχουμε συνεισφορά από το μαγνητικό πεδίο της γης. Κατόπιν, αφού πατήσουμε την Εναρξη Συλλογής Δεδομένων (Είσοδος) εισάγουμε τον αισθητήρα ανάμεσα στις σπείρες, κάθετα στον άξονα, και σε διάφορες θέσεις του σωληνοειδούς (κέντρο, θέσεις μέσα, αρχή-είσοδος και μετά έξω) και παρατηρούμε καταγράφοντας την ένταση B.
- Στο δεύτερο πείραμα 2 τοποθετούμε τον αισθητήρα μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του σωληνοειδούς και το τροφοδοτικό αρχικά στα 0 V. Ρυθμίζουμε το χρόνο στα 200 sec και αρχίζουμε τη Συλλογή Δεδομένων μεταβάλλοντας αργά την τάση του τροφοδοτικού έως ότου το αμπερόμετρο-αισθητήρας δείξει 0,5 A, όπου αφήνουμε να καταγραφεί η B για τουλάχιστον 20 sec. Μετά συνεχίζουμε την αύξηση της τάσης ώστε να έχουμε σταθερό ρεύμα 1,0 A για 20 sec και το ίδιο για σταθερό ρεύμα 1,5 A, και πάλι για 20 sec. Αντιστρέφοντας την πολικότητα επαναλαμβάνουμε αντίστοιχες μετρήσεις με αρνητικά ρεύματα. Έτσι παίρνουμε τα διαγράμματα B και I συναρτήσει του χρόνου, που δείχνουν σαν σκαλοπάτια. Επιλέγουμε Εισαγωγή → Γραφήματος και επιλέγουμε τους άξονες X - Ρεύμα(I) και Y - Ένταση Μαγνητικού Πεδίου(B), κάνοντας κλικ πάνω τους και ρυθμίζοντας και την περιοχή των αξόνων, εμφανίζεται το διάγραμμα B vs I. Τέλος, πατάμε Προσαρμογή Γραμμής και εμφανίζεται και η κλίση της ευθείας B συναρτήσει I. Στη συνέχεια στο επαναλαμβάνουμε τα ίδια βήματα και για τα άλλα τρία μήκη (0,75 - 1 - 1,5m) του σωληνοειδούς και παίρνουμε τις κλίσεις B – I και γι' αυτά.
- Σαν πείραμα 3 επιλέγουμε Αρχείο → Νέο, φτιάχνουμε νέο πίνακα με τις κλίσεις των τεσσάρων διαγραμμάτων B vs I και τους αντίστοιχους λόγους N/L (190/0,75 - 190/1 - 190/1,25 και 190/1,5 που είναι περίπου 250 – 190 – 150 – 125 , αντίστοιχα). Εμφανίζεται το διάγραμμα B/I συναρτήσει N/L και πατάμε → Προσαρμογή Γραμμής. Για κάθε καταγραφή μας επιλέγουμε Αρχείο → Αποθήκευση ως: όνομα.xml



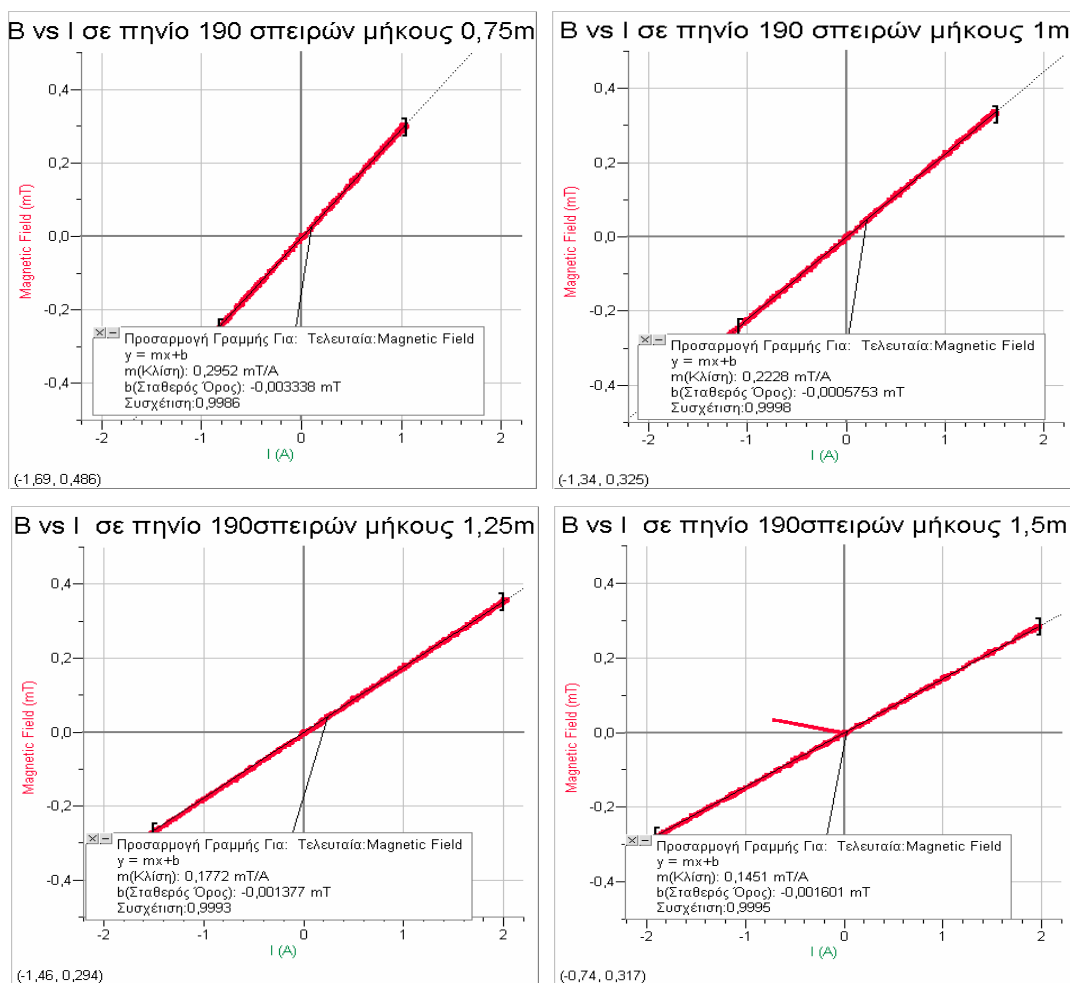
Σχήμα 6: Πείραμα 2 - Διάγραμμα B και I συναρτήσει χρόνου και βάσει αυτού διάγραμμα B συναρτήσει I για σωληνοειδές-πηνίο(ελατήριο) μήκους 1m

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο Πείραμα 1 υπό σταθερό ρεύμα 1 A μετράμε και παρατηρούμε την ένταση του μαγνητικού πεδίου με τον αισθητήρα μαγνητικού πεδίου του LabPro στο σωληνοειδές μήκους 1m, αλλάζοντας τη θέση του αισθητήρα. Μέγιστη τιμή των περίπου 0,226mT παρατηρείται στο κέντρο και η τιμή αυτή είναι σταθερή σε όλο το σωληνοειδές, επιβεβαιώνοντας το ομογενές πεδίο. Στις δυο άκρες του η τιμή γίνεται περίπου η μισή και έξω η τιμή είναι σχεδόν μηδενική. Επισημαίνουμε ότι ξεκινήσαμε μηδενίζοντας την ένταση που δείχνει αρχικά ο πολύ ευαίσθητος αισθητήρας, λόγω του γήινου μαγνητικού πεδίου. Ο μηδενισμός του αισθητήρα γίνεται πριν από κάθε πείραμα και έτσι αφαιρείται η συνεισφορά – του γήινου πεδίου, αλλά και πεδίων γύρω από τον πάγκο εργασίας (ρεύματα), καθώς πιθανού πεδίου που μπορεί να οφείλεται σε παροδική εναπομένουσα μαγνήτιση του ελατηρίου (είναι από σίδηρο) - στις μετρήσεις

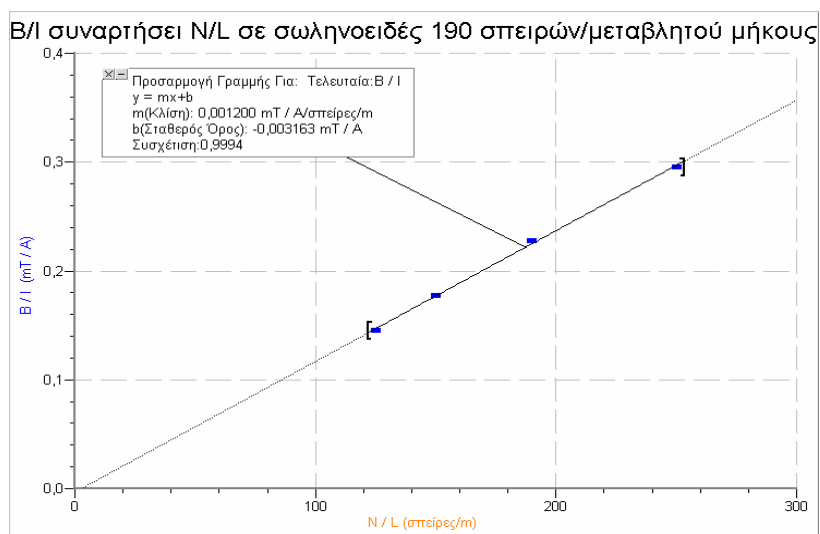
Στο Πείραμα 2 μεταβάλλοντας την τάση τροφοδοσίας, μεταβάλλουμε με αργό ρυθμό το ρεύμα αρχικά από 0 στο 0,5A, μετά στο 1 A, μετά στο 1,5 A και με αντίθετη πολικότητα επαναλαμβάνουμε τα ίδια με αρνητικά ρεύματα καταγράφοντας την ένταση B και το I συναρτήσε του χρόνου των 200sec. Κατόπιν εμφανίζουμε συσχετισμένο διάγραμμα B - I. Απ' αυτό το διάγραμμα B vs I παρατηρούμε ότι το B συναρτήσε του I είναι απολύτως γραμμικό (*Σχήμα6*).

Επαναλαμβάνουμε τα ίδια και για άλλα τρία μήκη 0,75 1,25 και 1,5m του σωληνοειδούς και δημιουργούμε συνολικά τέσσερα διαγράμματα B συναρτήσε I, για τα τέσσερα αυτά μήκη (*Σχήμα 7*). Μετά την γραμμική προσαρμογή παρατηρούμε ότι η κλίση B/I είναι 0,2952 - 0,2228 - 0,1772 και 0,1451mT/A για τα σωληνοειδή 0,75 - 1 - 1,25 - 1,5m, αντίστοιχα. Παρατηρούμε ότι τα διαγράμματα αυτά είναι απολύτως γραμμικά με συσχέτιση $R^2 = 0,999$.



Σχήμα 7: Πείραμα 2 - Διάγραμμα B συναρτήσε I για τέσσερα μήκη του σωληνοειδούς, άρα για διαφορετικούς λόγους N/L (250-190-150-125)

Σαν πείραμα 3, από τα τέσσερα διαγράμματα Β-Ι, σημειώνουμε τις κλίσεις Β/Ι 0,2952 - 0,2228 - 0,1772 και 0,1451 mT/A για τα τέσσερα μήκη. Επίσης, από τα τέσσερα αυτά μήκη 0,75 - 1 - 1,25 - 1,5 m και από τον αριθμό σπειρών-190 του ελατηρίου υπολογίζεται ο λόγος αριθμού σπειρών ανά μονάδα μήκους Ν/Λ και είναι με προσέγγιση: 250 - 190 - 150 - και 125 σπείρες/m, αντίστοιχα. Τελικά δημιουργούμε διάγραμμα με τις παραπάνω τιμές Β/Ι συναρτήσει του λόγου Ν/Λ. (Σχήμα 8)



Σχήμα 8: Πείραμα 3 - Διάγραμμα Β/Ι συναρτήσει Ν/Λ

Χρησιμοποιώντας την κλίση του Β/Ι = 0,2228 mT/A πχ. για το 1m μήκος σωληνοειδούς, τον αριθμό σπειρών 190 το μήκος 1m, υπολογίζεται η μαγνητική διαπερατότητα του κενού-αέρα (Σχήμα 6)

- $\mu_0 = 0,93 \times 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$ με καλή προσέγγιση στη θεωρητική τιμή της $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$
- Με έναν άλλον τρόπο: χρησιμοποιώντας την κλίση του διαγράμματος Β/Ι συναρτήσει Ν/Λ = 0,0012 mT m / A υπολογίζεται η μαγνητική διαπερατότητα του κενού-αέρα $\mu_0 = 0,96 \times 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$, πάλι με σχετικά καλή προσέγγιση (Σχήμα 8).
- Είναι γνωστό ότι ο τύπος του σωληνοειδούς ισχύει για απείρου μήκους, αλλά προσεγγίζει και τα μεγάλου μήκους σωληνοειδή υπό σταθερό ρεύμα, κάτι που επιβεβαιώνεται.

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Βάσει των παραπάνω, παρουσιάζεται το προσχέδιο ενός φύλλου εργασίας με οδηγίες και κατάλληλες ερωτήσεις για εργαστηριακή άσκηση που θα μελετά τον τύπο του Σωληνοειδούς. Στο φύλλο θα ενσωματώνονται τα πειράματα - με τα αντίστοιχα διαγράμματα Β συναρτήσει θέσης αισθητήρα, Β συναρτήσει Ι και Β συναρτήσει Ν/Λ .

- Από τι εξαρτάται η ένταση μαγνητικού πεδίου γύρω από ευθύγραμμο αγωγό, από τι γύρω από κυκλικό αγωγό; Υπάρχει κάτι κοινό σε αυτούς τους τύπους ;
- Από τι πιστεύετε ότι εξαρτάται το μαγνητικό πεδίο του σωληνοειδούς μεγάλου μήκους ;
- Τι σημαίνει ομογενές πεδίο και πως μεταβάλλεται ή ένταση σε αυτό ;
- Έχει σημασία αν τοποθετηθούν πολλές σπείρες σε ορισμένο μήκος ή αν αλλάζει το μήκος υπό σταθερό αριθμό σπειρών ;
- Εκτύπωσε και ενσωμάτωσε στο τετράδιο τα διαγράμματα Β συναρτήσει θέσης, Β συναρτήσει Ι στο σωληνοειδές και Β συναρτήσει Ν/Λ
- Πως μεταβάλλεται η ένταση του πεδίου εντός και εκτός του σωληνοειδούς ; Που έχουμε τη μέγιστη ένταση, που τη μισή και που μηδενική ;
- Πως μεταβάλλεται η Β συναρτήσει του Ι ; Υπολόγισε την κλίση της συσχέτισής τους. Πως μεταβάλλεται η Β συναρτήσει του λόγου Ν/Λ ;
- Επιβεβαιώνεται ο τύπος του σωληνοειδούς $B = \mu_0 \times N/L \times I$;
- Ακολούθησε τις οδηγίες και υπολόγισε τη μ_0 από τον παραπάνω τύπο και σύγκρινέ την με την θεωρητική τιμή της.
- Αν δεν γνωρίζεις είτε τον αριθμό σπειρών του σωληνοειδούς είτε το μήκος του, πως μπορείς να τα υπολογίσεις χωρίς να τις μετρήσεις ;

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διάταξη του πειράματος Multilog-DbLab με κατάλληλες τροποποιήσεις και με άλλους αισθητήρες μπορεί να μελετήσει μαγνητικά πεδία γύρω από αγωγούς και προτείνεται η χρήση της και σε πειράματα επαγωγής, αυτεπαγωγής (Μουρούζη κ.α 2005 3.Η/Μ Επαγωγή) και όπου αλλού απαιτείται μέτρηση έντασης μαγνητικού πεδίου π.χ. γήινο μαγνητικό πεδίο κ.α (www.fourier-sys.com/physics).

Υπάρχει διαφορά στον τρόπο μέτρησης των αισθητήρων των ΣΣΛΑ Vernier (μετρά κάθετα σ' αυτόν πεδία) και Multilog (μετρά παράλληλα στον αισθητήρα πεδία). Το πείραμα με το ελατήριο κυματισμού-σωληνοειδές 'Vernier' είναι πιο εποπτικό από τα πειράματα με πηνία και κλειστά σωληνοειδή 'Multilog' (Ρούμελης, Τρίμης 2005). Βέβαια ο αισθητήρας του Vernier-LabPro δεν μπορεί να μετρήσει εντάσεις Β εντός πηνίων, αλλά και αυτός του Multilog δύσκολα εισάγεται στο ελατήριο, γιατί πρέπει να τοποθετηθεί εντός του και πάνω στον άξονα του. Όμως αυτός ο διαφορετικός τρόπος μέτρησης των αισθητήρων των Vernier και Multilog, τα κάνει εξίσου χρήσιμα και τα δύο. Όμως απ' το 2006 η Vernier διαθέτει πλέον νέου τύπου 'σπαστό' αισθητήρα μαγνητικού πεδίου, που μπορεί και μετρά και κατά μήκος και κάθετα στις δυναμικές μαγνητικές γραμμές (www.vernier.com).

Το νέο σύστημα Vernier-LabPro (εξοπλισμός του 2005, μέσω ΠΕΠ Ν.Αιγαίου, σε Λύκεια του Νομού Κυκλάδων, που δεν είχαν εξοπλιστεί από το ΥΠΕΠΘ), δείχνει πιο φιλικό. Αποδεικνύονται: η ευκολία χρήσης του, διότι το περιβάλλον εργασίας του μοιάζει με αντίστοιχα παραθυρικά (π.χ. Excel), καθώς και οι τεράστιες υπολογιστικές και γραφικές δυνατότητες του λογισμικού LoggerPro και οι δυνατότητες μεταφοράς, παρουσίασης και επεξεργασίας των δεδομένων του σε άλλα παραθυρικά προγράμματα (Excel, Word). Ελπίζουμε η εκπαιδευτική κοινότητα που θα το αποκτήσει, και εκτός Κυκλάδων, να το εκμεταλλευτεί αυτό, διότι η «μη φιλικότητα» ήταν ένας από τους κύριους λόγους μη χρήσης του MultiLog/DbLab στα σχολεία (Βαμβακούσης, Μακρωνίτης 2003).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αλεξάκης κ.α. (2000), Φυσική Γενικής Παιδείας Β' τάξη Ενιαίου Λυκείου και Ιωάννου κ.α. (1999) Φυσική Θετικής & Τεχνολογικής κατεύθυνσης Β' τάξη Ενιαίου Λυκείου, *ΥΠΕΠΘ-ΠΙ, ΟΕΔΒ*, Αθήνα
- Βαμβακούσης Χ., Μακρωνίτης Γ. (2003) Σύστημα ΣΛΑ. Ένας χρόνος παρουσίας στα εργαστήρια Φ.Ε. των Ενιαίων Λυκείων. *2ο Πανελ. Συνέδριο για την Αξιοποίηση των ΤΠΕ στη Διδακτική Πράξη, Ερμούπολη, Τόμος Α' και Φυσικός Κόσμος 2004* και www.epyna.gr
- Εγχειρίδιο Χρήσης MultiLog (1999), Οδηγίες χρήσης και πειράματα MultiLog – Σύστημα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης, *α-LAB Αμαξοτεχνική ΑΕΒΕ*, Θεσσαλονίκη
- Εγχειρίδιο Vernier Software & Technology (2004) Εγχειρίδιο Ταχείας αναφοράς LabPro - LoggerPro3, *Εκδόσεις Vernier Software, μετάφραση Multirama*,
- Καλογερόπουλος Ν., Καρατζάς Χ. (2002), Πραγματικό ή Εικονικό Εργαστήριο; Η περίπτωση της ογκομετρικής ανάλυσης στη Χημεία, *2η Διημερίδα για την Ενδοσχολική Επιμόρφωση στις ΤΠΕ*, στη Θεσσαλονίκη, 25-26/4/2002 και <http://www.e-yliko.gr/physArt.htm>
- Μακρωνίτης Γ., Βαμβακούσης Χ., (2005) Μελέτη Αλκοολικής ζύμωσης με το Σύστημα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης Vernier-LabPro. *Πρακτικά 3ου Παν. Συνέδριο για την Αξιοποίηση των ΤΠΕ στη Διδακτική Πράξη, Ερμούπολη-Σύρος, 13-15/5/2005*
- Μουρούζης Π, Παληός Γ., Παπαμιχάλης Κ., Τουντουλίδης Γ., Τσιτοπούλου Τζ., Χριστακόπουλος Ι. (2005) 1.ΑΑΤ-Μελέτη ταλάντωσης ελατηρίου. *Εργαστηριακή άσκηση Φυσικής Γ' Λυκείου* και 2.Μετρήσεις ακτινοβολίας υποβάθρου με GM, *Εργαστηριακή άσκηση Γ' Λυκείου, Έγκριση ΠΙ 43/2005/20-12-05*
- Μουρούζης Π, Παληός Γ, Παπαμιχάλης Κ, Τουντουλίδης Γ, Τσιτοπούλου Τζ, Χριστακόπουλος Ι. (2005) 3. Η/Μ Επαγωγή-Πειραματικός έλεγχος N.Faraday. *Εργαστ. άσκηση Φυσικής Β' Λυκ. Έγκριση ΠΙ 43/2005/20-12-05*
- Ρούμελης Ν. (2003) Δράση καταλυτών-Μελέτη ταχύτητας διάσπασης H₂O₂ παρουσία καταλύτη MnO₂, με τη χρήση του MultiLog-DbLab. *2ο Πανελ. Συνέδριο για την Αξιοποίηση των ΤΠΕ στη Διδακτική Πράξη, Ερμούπολη, Τόμος Α', σελ 612-617* και www.epyna.gr , www.e-yliko.sch.gr/physArt.htm
- Ρούμελης Ν., Τρίμης Α. (2005) Χρήση του αισθητήρα μαγνητικού πεδίου του MultiLog-DbLab στη μελέτη του μαγνητικού πεδίου σωληνοειδών και πηνίων, *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου για την Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας (ΤΠΕ) στη Διδακτική Πράξη, Ερμούπολη-Σύρος 13-15/5/2005* και www.e-yliko.sch.gr/physlyk10.htm
- Τουντουλίδης Γ. (2002), Μέτρηση της επιτάχυνσης της βαρύτητας (g) με το απλό εκκρεμές με τη βοήθεια του ΣΣΛΑ, *Πειραματική άσκηση του Β' ΕΚΦΕ Πειραιά -ΕΚΦΕ Νίκαιας* www.e-yliko.gr/physArt.htm
- Fourier-Physics (2000) Magnetic Field of a solenoid , MultiLog, www.fourier-sys.com/physics,
- Physics with Computers (2003), The Magnetic Field in a slinky, Vernier Software, www.vernier.com