

## Συστήματα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης στη μελέτη χαρακτηριστικής καμπύλης ηλεκτρικής πηγής και ωμικού καταναλωτή

Νικόλαος Ρούμελης

ΠΕ04 Δρ. Χημείας - Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Μήλου

ΕΚΦΕ ΜΗΛΟΥ 84800 Μήλος, 2287028059, [4ekfekyk@sch.gr](mailto:4ekfekyk@sch.gr)

### Περίληψη

Στο πρώτο μέρος της εργασίας εξετάζουμε τη χρήση των αισθητήρων διαφοράς δυναμικού και έντασης ρεύματος του MultiLog - DbLab (του Συστήματος Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης των εργαστηρίων Φυσικών Επιστημών των Γενικών Λυκείων) στην πειραματική μελέτη χαρακτηριστικής καμπύλης ηλεκτρικής πηγής και ωμικού καταναλωτή. Αρχικά με τη χρήση των αισθητήρων καταγράφουμε την πολική τάση πηγής και το ρεύμα σε κλειστό κύκλωμα που περιλαμβάνει ηλεκτρική πηγή (μπαταρία 4,5V), μεταβλητή εξωτερική αντίσταση (ροοστάτη 0-100Ω). Η καταγραφή της πολικής τάσης είναι συνεχής, καθώς μεταβάλλουμε την τιμή της εξωτερικής αντίστασης και στο τέλος παρουσιάζουμε διάγραμμα  $V_{\text{πολ}} \text{ vs } I$ , απ' την οποία προσδιορίζονται τα  $E$  και  $r$  της πηγής. Σε άλλο πείραμα καταγράφουμε την τάση στα άκρα αντιστάτη και το ρεύμα σε κλειστό κύκλωμα που περιέχει τροφοδοτικό συνεχούς ρεύματος (0-20V), εξωτερικό αντιστάτη (γνωστής πχ 10 Ω ή/και άγνωστης αντίστασης). Μεταβάλλοντας την τάση τροφοδοσίας (+/- 20V), άρα και της έντασης του ρεύματος, παρουσιάζουμε διάγραμμα  $V_R \text{ vs } I$ .

Στο δεύτερο μέρος προτείνουμε τη χρήση του νέου, στα εργαστήρια Φυσικών Επιστημών των Λυκείων των Κυκλάδων, Συστήματος Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης – Vernier-LabPro και των αισθητήρων διαφοράς δυναμικού και έντασης ρεύματος, στη μελέτη χαρακτηριστικής καμπύλης ηλεκτρικής πηγής και ωμικού καταναλωτή. Συγκρίνουμε τη μελέτη 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 την υποχρεωτική από το ΥΠΕΠΘ εργαστηριακή άσκηση Φυσικής Β' Λυκείου, που μελετά τις χαρακτηριστικές καμπύλες πηγής και αντιστάτη.

### Λέξεις κλειδιά:

Συγχρονική Λήψη και Απεικόνιση, MultiLog – DbLab, Vernier - LabPro, Αισθητήρας Διαφοράς Δυναμικού, Αισθητήρας Έντασης Ρεύματος, Χαρακτηριστική Καμπύλη Ηλεκτρικής Πηγής, Χαρακτηριστική Καμπύλη Ωμικού Καταναλωτή, Φυσική Β' Λυκείου

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

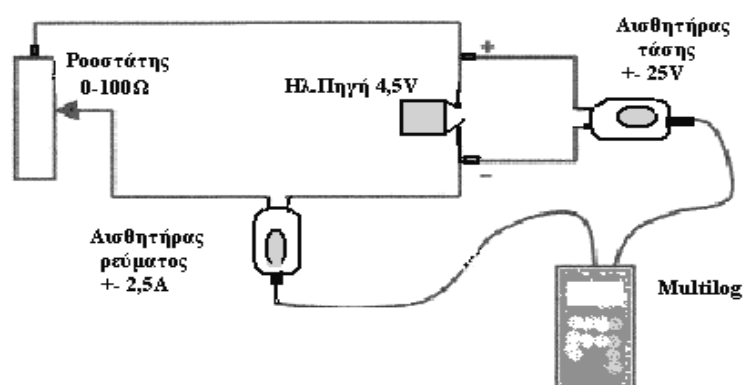
Η μελέτη των χαρακτηριστικών καμπυλών ηλεκτρικής πηγής και ωμικού καταναλωτή περιλαμβάνεται στην ύλη της Φυσικής Β' Λυκείου (Αλεξάκης κ.α 2000). Όμως ενώ η πειραματική επαλήθευση της χαρακτηριστικής ωμικού καταναλωτή είναι εύκολη στο σχολικό εργαστήριο, στην αντίστοιχη επαλήθευση της χαρακτηριστικής μιας ηλεκτρικής πηγής με κλασικές μετρήσεις παρουσιάζονται δυσκολίες. Οι μετρήσεις πρέπει να καλύψουν μεγάλο φάσμα με ζεύγη τιμών  $V_{\text{πολ}}$  και  $I$ , και ενώ αρχικά οι μετρήσεις είναι πολύ κοντά η μία στην άλλη (με μεγάλα σφάλματα στα αμπερόμετρα και βολτόμετρα), στο τέλος πρέπει να απέχουν αρκετά μεταξύ τους ώστε να σχεδιασθεί το γνωστό διάγραμμα  $V_{\text{πολ}}$  συναρτήσει  $I$ . Στην ευκολία εκτέλεσης και στην άμεση παρουσίαση των αποτελεσμάτων μπορεί να συμβάλλουν τα Συστήματα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης (ΣΣΛΑ), όπως το γνωστό MultiLog/DbLab 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, Μακρυνίτης-Βαμβακούσης 2005), χημικών ογκομετρήσεων - τιτλοδοτήσεων (Καλογερόπουλος κ.α 2002), αλλά και πειραμάτων ηλεκτρομαγνητισμού σε σωληνοειδή και πηνία (Ρούμελης-Τρίμης 2005, Ρούμελης 2006).

Το σύστημα 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 (Ρούμελης 2005, Βαμβακούσης 2006). Το σύστημα καταγράφει σε πραγματικό χρόνο την ένταση του ρεύματος και την πολική τάση και το λογισμικό επιτρέπει πολύ γρήγορες και παραστατικές συσχετίσεις, όπως  $V_{\text{πολ}}$  συναρτήσει  $I$ . Οι αισθητήρες τάσης και ρεύματος της Vernier, μετρούν σε περιοχές από +10V και +5 A, αντίστοιχα (Εγχειρίδιο

Vernier-LabPro 2004), ενώ του MultiLog/DbLab μετρούν σε περιοχές  $\pm 25\text{ V}$  και  $\pm 2,5\text{ A}$  (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 αυτή η εργασία.

### ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ : MULTILOG DBLAB - ΟΡΓΑΝΑ & ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

- 1 Ηλεκτρική πηγή - μπαταρία 4,5V
- Μαχαιρωτός διακόπτης και καλώδια για τις συνδεσμολογίες
- Ροοστάτης 0-100Ω και αντιστάτες 10 ή/και 20Ω
- Σύστημα MultiLog-DbLab με Αισθητήρες: Έντασης Ρεύματος  $\pm 2,5\text{ A}$ , Διαφοράς Δυναμικού-Τάσης  $\pm 25\text{ V}$
- Τροφοδοτικό συνεχούς ρεύματος 0-20V και αντιστάτες 10 ή/και 20Ω ή Ροοστάτη



Σχήμα 1: Πειραματική διάταξη

Συνδέουμε το MultiLog στον Η/Υ και τους αισθητήρες Τάσης και Έντασης ρεύματος στην είσοδο I/O 1 και 2 αντίστοιχα. Ακολουθούμε τη συνδεσμολογία του σχήματος 1, για το πείραμα με την χαρακτηριστική της ηλεκτρικής πηγής. Το ροοστάτη το ρυθμίζουμε αρχικά σε θέση 100Ω και το συνδέουμε σε σειρά με την πηγή. (Εγχειρίδιο Χρήσης MultiLog 1999)

### ΡΥΘΜΙΣΗ MULTILOG - DBLAB

- Ανοίγουμε το MultiLog από τον Η/Υ με το λογισμικό Db-Lab. Επιλέγουμε Καταγραφέας → Πίνακα Ελέγχου :
- Είσοδος 1 Αισθητήρας Τάσης ( $\pm 25\text{V}$ ), - Είσοδος 2- Αισθητήρας Έντασης Ρεύματος ( $\pm 2,5\text{A}$ ), (Rate): 10/sec. Σημεία(Samples): 500. Σκανδαλισμός (Trigger): Μη ενεργό

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

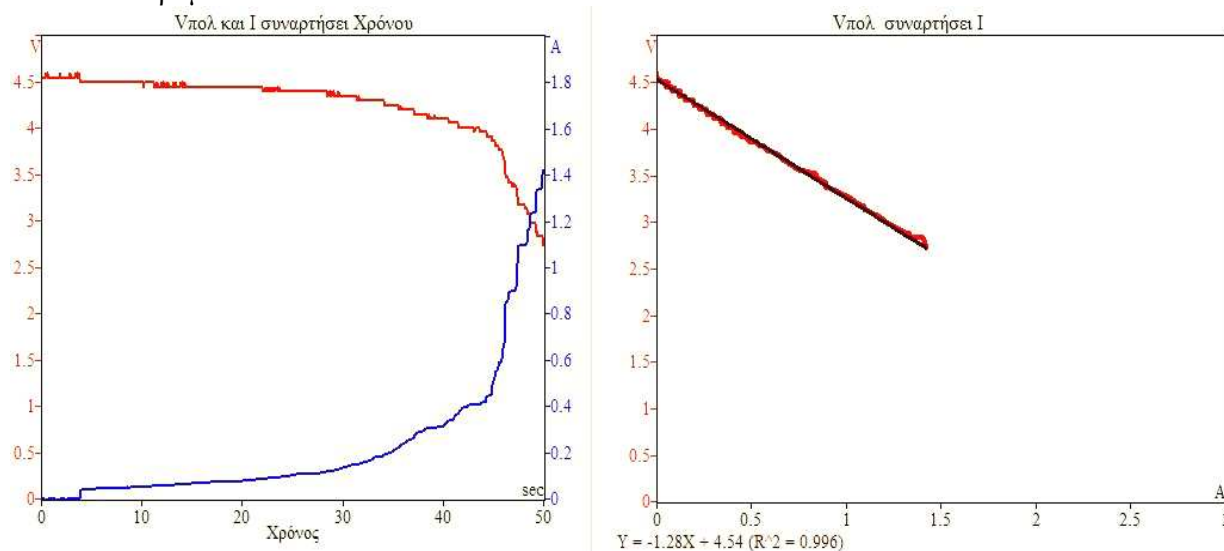
- Συνδέουμε τη διάταξη του σχήματος 1. Στο πρώτο πείραμα 1 για τη χαρακτηριστική της πηγής, ρυθμίζουμε αρχικά το ροοστάτη στη μέγιστη αντίσταση 100Ω, ώστε η τιμή του ρεύματος να είναι αρχικά η μικρότερη. Αφού πατήσουμε τη Λήψη Δεδομένων κινούμε σταδιακά το δρομέα του ροοστάτη μειώνοντας την αντίσταση και αυξάνοντας σταδιακά το ρεύμα. Η κίνηση είναι συνεχής με σταθερή ταχύτητα και ολοκληρώνεται στο χρόνο των 50 sec, όταν στο τέλος φτάνουμε σε τιμές ρεύματος το πολύ 1,5 A. Προσέχουμε γιατί στο τέλος της κίνησης η αντίσταση τείνει στο μηδέν και μια μικρή κίνηση μπορεί να δώσει ρεύμα μεγαλύτερο των 2,5 A που είναι η μέγιστη τιμή που μετρά αισθητήρας μας.
- Το DbLab έχει καταγράψει το διάγραμμα  $V_{\text{πολ}}$  και I συναρτήσεϊ του χρόνου. Μετά επιλέγουμε Προβολή → Απεικόνιση Y(X) και παίρνουμε το διάγραμμα  $V_{\text{πολ}}$  vs I. Διορθώνουμε τις κλίμακες για την τάση από 0-5V και για το ρεύμα από 0-3 A. Τέλος πατάμε Ανάλυση → Γραμμική Παλινδρόμηση και εμφανίζεται το συσχετισμένο διάγραμμα  $V_{\text{πολ}}$  συναρτήσεϊ I απ' όπου

καταγράφουμε την  $E$  και από την αναγραφόμενη κλίση της ευθείας  $V_{\text{πολ}} \text{ vs } I$  την εσωτερική αντίσταση. ( $V_{\text{πολ}} = E - rI$ ). (Σχήμα2)

- Στο δεύτερο πείραμα 2, για τη χαρακτηριστική ωμικού καταναλωτή, συνδέουμε σε σειρά το τροφοδοτικό 0-20V με εξωτερικό αντιστάτη (10 ή 20Ω) ή εδώ με το ροοστάτη σε τυχαία θέση (ως άγνωστο ωμικό καταναλωτή) και με τον αισθητήρα ρεύματος και τέλος συνδέουμε και τον αισθητήρα τάσης παράλληλα με τον αντιστάτη. Όπως και πριν ρυθμίζουμε το Multilog Είσοδος 1 Αισθητήρας Τάσης (+-25V), - Είσοδος2- Αισθητήρας Έντασης Ρεύματος (+-2,5A), (Rate): 10/sec. Σημεία(Samples): 500. Σκανδαλισμός (Trigger): Μη ενεργό
- Αρχίζουμε τη Λήψη Δεδομένων ( $V_R$  και  $I$ ) μεταβάλλοντας αργά την τάση τροφοδοσίας από 0 έως περίπου 20 V στα πρώτα 25 sec και μετά αλλάζοντας την πολικότητα στο τροφοδοτικό, επαναλαμβάνουμε στα δεύτερα 25 sec, ώστε να σαρώσουμε αργά το ρεύμα μεταξύ + και - 2 A περίπου. Έτσι παίρνουμε το διάγραμμα  $V_R$  και  $I$  συναρτήσε του χρόνου. Αν οι δυο καμπύλες του  $V_R$  και του  $I$  αρχίζουν να κινούνται αντίθετα, αλλάζουμε τη φορά του ρεύματος. Μετά επιλέγουμε Προβολή → Απεικόνιση Y(X) και παίρνουμε το διάγραμμα  $V_R \text{ vs } I$ . Τέλος πατάμε Ανάλυση → Γραμμική Παλινδρόμηση και εμφανίζεται το συσχετισμένο διάγραμμα  $V_R$  συναρτήσε  $I$  με την αναγραφόμενη κλίση της ευθείας  $V_R \text{ vs } I$ .
- Για κάθε καταγραφή-πείραμά μας επιλέγουμε από Αρχείο → Αποθήκευση ως: όνομα.. .smp

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

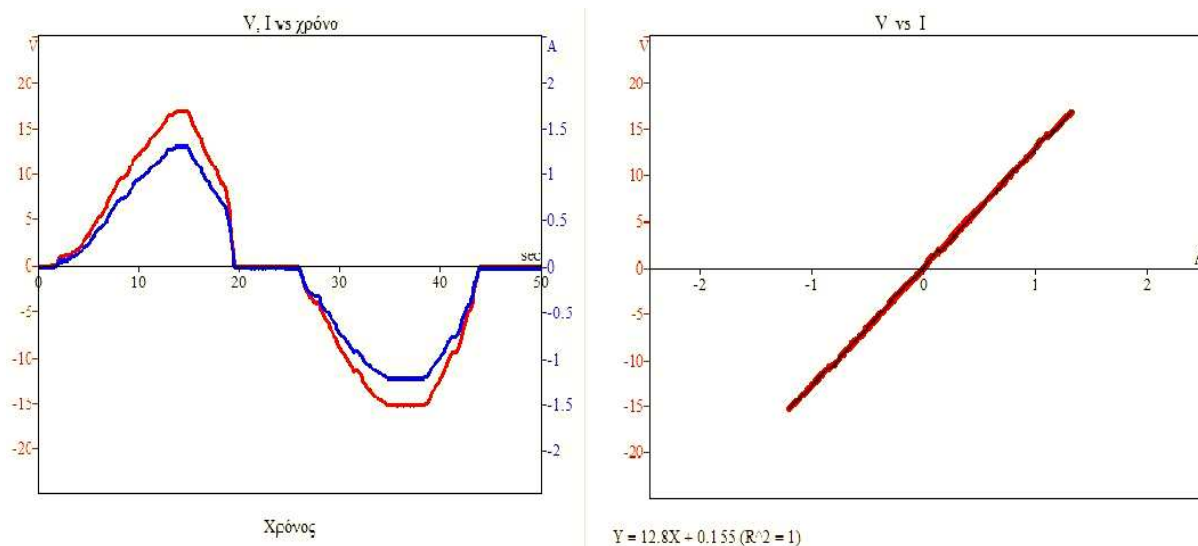
Στο Πείραμα 1 μεταβάλλοντας την αντίσταση του ροοστάτη από 100 προς τα 0 Ω το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα αυξάνεται σταδιακά από 0 έως 1,5 A, ενώ η πολική τάση της πηγής μειώνεται από 4,5 V έως 2,5 V, με τον ίδιο ρυθμό με τον οποίο αυξάνει το ρεύμα. Από το διάγραμμα που δημιουργεί το πρόγραμμα Dblab, που συσχετίζει το Y με το X ή στη δική μας περίπτωση συσχετίζει την  $V_{\text{πολ}}$  με το  $I$ , παίρνουμε τη Χαρακτηριστική καμπύλη της πηγής μας. ( $V_{\text{πολ}} = f(I)$ ). Παρατηρούμε ότι έχουμε πολύ καλή γραμμική συσχέτιση ( $R^2 = 0,996$ ) και από τα στοιχεία της ευθείας  $V_{\text{πολ}} = E - Ir$  βρίσκουμε ότι η ΗΕΔ της πηγής είναι  $E = 4,54 \text{ V}$  η εσωτερική της αντίσταση  $r = 1,28 \Omega$ . Παρατηρούμε όμως την αδυναμία του Dblab να προεκτείνει την  $V_{\text{πολ}}$  έως το μηδέν, διότι το πρόγραμμα δεν προσθέτει γραμμή τάσης σε σημεία που δεν υπάρχουν μετρήσεις. Παρόλα αυτά είναι πολύ παραστατική και ταχύτατη η δημιουργία της χαρακτηριστικής και άρα αποτελεί ένα εύκολο και εποπτικό πείραμα.



**Σχήμα 2:** Πείραμα 1- Διάγραμμα  $V_{\text{πολ}}$ ,  $I$  συναρτήσε χρόνου και Χαρακτηριστική καμπύλη ηλεκτρικής πηγής  $V_{\text{πολ}}$  συναρτήσε  $I$

Στο Πείραμα 2 που έγινε με άγνωστη αντίσταση, μεταβάλλοντας την τάση τροφοδοσίας από 0 έως 18V και πάλι έως το 0V, μεταβάλλεται το ρεύμα αρχικά έως τα 1,5A και μετά πάλι προς το μηδέν, σε 25sec. Κατόπιν, αλλάζοντας πολικότητα στα καλώδια τροφοδοσίας του κυκλώματος μας,

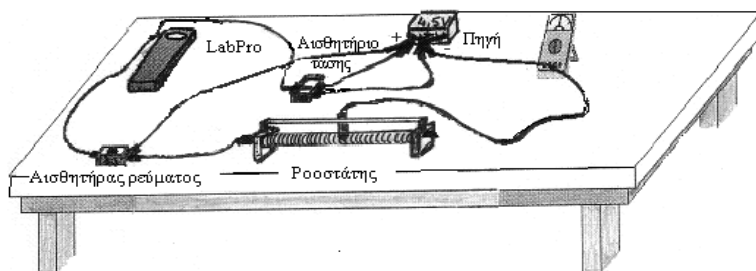
μεταβάλλουμε την τάση προς  $-18\text{V}$  και το ρεύμα έως τα  $-1,5\text{A}$  και μετά μηδενίζουμε πάλι με αργό ρυθμό στα επόμενα 25 sec. Παρατηρούμε ότι οι καμπύλες  $V_R$  και  $I$  συναρτήσεως του χρόνου έχουν ίδιο ακριβώς ρυθμό μεταβολής. Κατόπιν, αφού επιλέξουμε τη συσχέτιση  $V_R$  συναρτήσεως του  $I$  και τη γραμμική παλινδρόμηση, παρατηρούμε ότι το  $V_R$  συναρτήσεως του  $I$  είναι απολύτως γραμμικό ( $R^2=1$ ). Απ' το διάγραμμα αυτό που αποτελεί τη χαρακτηριστική του ωμικού καταναλωτή  $V_R = f(I)$ , βρίσκουμε την άγνωστη αντίσταση  $R = 12,8\Omega$ . (Μπορεί κανείς να επιβεβαιώσει και γνωστές αντιστάσεις).



**Σχήμα 3:** Πείραμα 2 - Διάγραμμα  $V_R, I$  συναρτήσεως χρόνου και Χαρακτηριστική καμπύλη ωμικού καταναλωτή  $V_R$  συναρτήσεως  $I$

### ΔΕΥΤΕΡΟ ΜΕΡΟΣ : VERNIER LABPRO - ΟΡΓΑΝΑ & ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

- Ηλεκτρική πηγή-μπαταρία 4,5V, Ροοστάτης 0-100Ω, Γνωστές αντιστάσεις 10Ω ή άλλες
- Σύστημα Vernier-LabPro/LoggerPro3 με Αισθητήρες : Διαφοράς Δυναμικού-Τάσης  $\pm 10\text{V}$  και Έντασης Ρεύματος  $\pm 5\text{A}$
- Τροφοδοτικό συνεχούς ρεύματος 0-20V, Ψηφιακό αμπερόμετρο, καλώδια σύνδεσης, διακόπτης.



**Σχήμα 4:** Πειραματική διάταξη

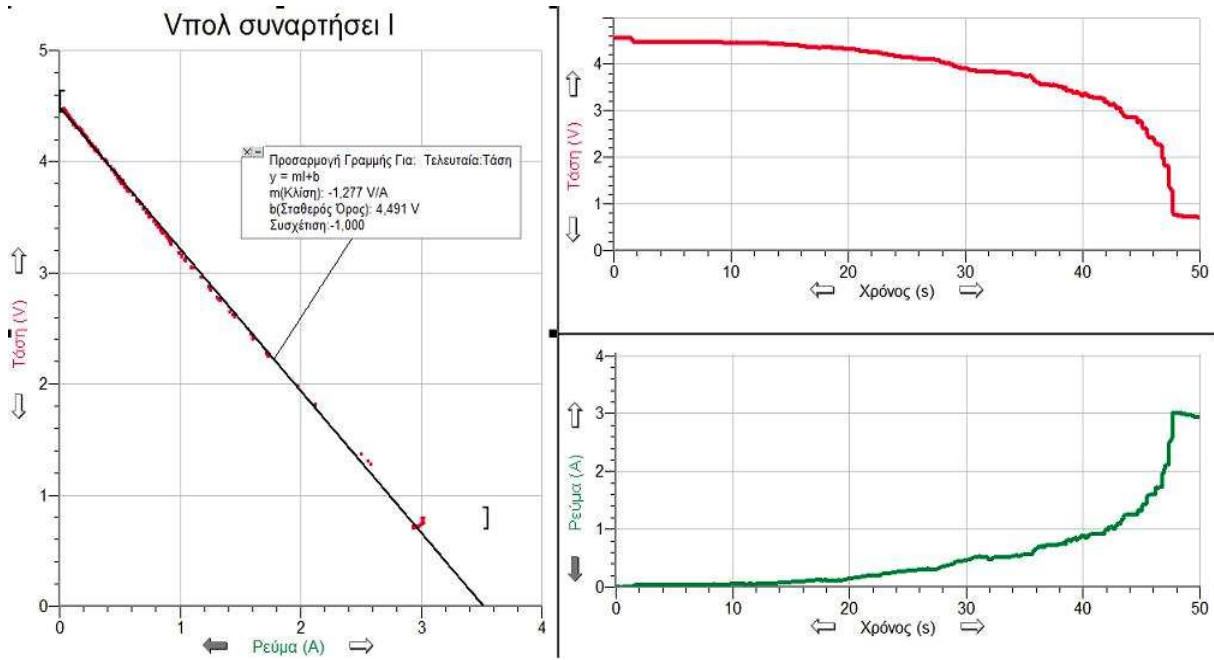
Συνδέουμε το LabPro στον H/Y, τον αισθητήρα Διαφοράς Δυναμικού-Τάσης  $\pm 10\text{V}$ , στην πρώτη αναλογική είσοδο και τον αισθητήρα Έντασης Ρεύματος  $\pm 5\text{A}$ , στη δεύτερη αναλογική είσοδο. Ακολουθούμε τη συνδεσμολογία του Σχήματος 4 προσθέτοντας και έναν αμπερόμετρο, διότι ο αισθητήρας ρεύματος που διαθέτουμε χρειαζόταν βαθμονόμηση δύο σημείων με γνωστά ρεύματα. (Εγχειρίδιο VernierLabPro 2004).

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

- Συνδέουμε τη διάταξη του σχήματος. Ανοίγουμε το LabPro στον H/Y με το λογισμικό LoggerPro. Μόλις συνδέσουμε τον αισθητήρα Διαφοράς Δυναμικού στην αναλογική είσοδο CH1, 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 0-5A σε προσομοίωση με αισθητήρα τάσης 0-10V. Εμφανίζεται πίνακας δεδομένων και κενά γραφήματα V και I συναρτήσει χρόνου. Ρυθμίζουμε το χρόνο δειγματοληψίας για 500 sec με ρυθμό 10/sec, από Συλλογή Δεδομένων(Ρολόι) → Βάση χρόνου → Ρυθμό Δειγματοληψίας 10/ sec,
- Στο πρώτο πείραμα 1 για την χαρακτηριστική της πηγής, ρυθμίζουμε αρχικά τον ροοστάτη στην μέγιστη αντίσταση 100Ω, ώστε η τιμή του ρεύματος να είναι αρχικά η μικρότερη. Αφού πατήσουμε τη Έναρξη Συλλογής Δεδομένων (Είσοδος) (V και I) κινούμε σταδιακά το δρομέα του ροοστάτη μειώνοντας την αντίσταση και αυξάνοντας σταδιακά το ρεύμα. Η κίνηση είναι συνεχής με σταθερό ρυθμό, και ολοκληρώνεται στο χρόνο των 50 sec, όταν στο τέλος φτάνουμε σε τιμές ρεύματος περίπου 3 A. Αντίστοιχα η πολική τάση της πηγής μειώνεται από 4,5 V προς 0,8 V. Προσέχουμε γιατί στο τέλος της κίνησης η αντίσταση τείνει στο μηδέν και πολύ μικρή κίνηση μπορεί να δώσει ρεύμα μεγαλύτερο των 5 A που είναι η μέγιστη τιμή που μετρά ο αισθητήρας.
- Το LoggerPro3 έχει καταγράψει τα διαγράμματα Τάση-V<sub>πολ</sub> και Ρεύμα-I συναρτήσει του χρόνου. Μετά επιλέγουμε Εισαγωγή → Γραφήματος και επιλέγουμε τους άξονες X – Ρεύμα(I) και Y -Τάση-(V<sub>πολ</sub>), κάνοντας κλικ πάνω τους και ρυθμίζοντας και την περιοχή των αξόνων, εμφανίζεται το διάγραμμα V<sub>πολ</sub> συναρτήσει I. Τέλος, πατάμε Προσαρμογή Γραμμής και εμφανίζεται και η κλίση της ευθείας V<sub>πολ</sub> συναρτήσει I απ' όπου καταγράφουμε την E και από την αναγραφόμενη κλίση της ευθείας V<sub>πολ</sub> vs I την εσωτερική αντίσταση. (V<sub>πολ</sub> = E - r I). (Σχήμα5). Παρατηρούμε ότι εδώ το πρόγραμμα με τη χρήση των δεικτών μαρκαρίσματος προεκτείνει αυτόματα την ευθεία έως το V<sub>πολ</sub> = 0, δηλαδή έως το I<sub>max</sub>.
- Στο δεύτερο πείραμα 2, για τη χαρακτηριστική ωμικού καταναλωτή, συνδέουμε σε σειρά το τροφοδοτικό 0-20V, με τον αισθητήρα ρεύματος και με εξωτερικό αντιστάτη πχ. εδώ 10Ω (ή με άγνωστο ωμικό καταναλωτή) και τέλος συνδέουμε τον αισθητήρα τάσης παράλληλα με τον αντιστάτη. Ρυθμίζουμε το χρόνο δειγματοληψίας για 500 sec με ρυθμό 10/sec, από Συλλογή Δεδομένων(Ρολόι) → Βάση χρόνου → Ρυθμό Δειγματοληψίας 10/ sec. Αρχίζουμε τη Λήψη Δεδομένων (V<sub>R</sub> και I) μεταβάλλοντας αργά την τάση από 0 έως περίπου 8 V στα πρώτα 25 sec και μετά αλλάζοντας την πολικότητα στο τροφοδοτικό, επαναλαμβάνουμε στα δεύτερα 25 sec, ώστε να σαρώσουμε αργά το ρεύμα μεταξύ + και - 0,8 A περίπου. Έτσι παίρνουμε το διάγραμμα V<sub>R</sub> και I συναρτήσει του χρόνου. Μετά επιλέγουμε Εισαγωγή → Γραφήματος και επιλέγουμε τους άξονες X – Ρεύμα(I) και Y -Τάση-(V<sub>R</sub>) κάνοντας κλικ πάνω τους και ρυθμίζοντας και την περιοχή των αξόνων, εμφανίζεται το διάγραμμα V<sub>R</sub> συναρτήσει I. Τέλος, πατάμε Προσαρμογή Γραμμής και εμφανίζεται και η κλίση της ευθείας V<sub>R</sub> συναρτήσει I, απ' όπου καταγράφουμε την R.
- Για κάθε καταγραφή μας επιλέγουμε Αρχείο → Αποθήκευση ως: όνομα.xml

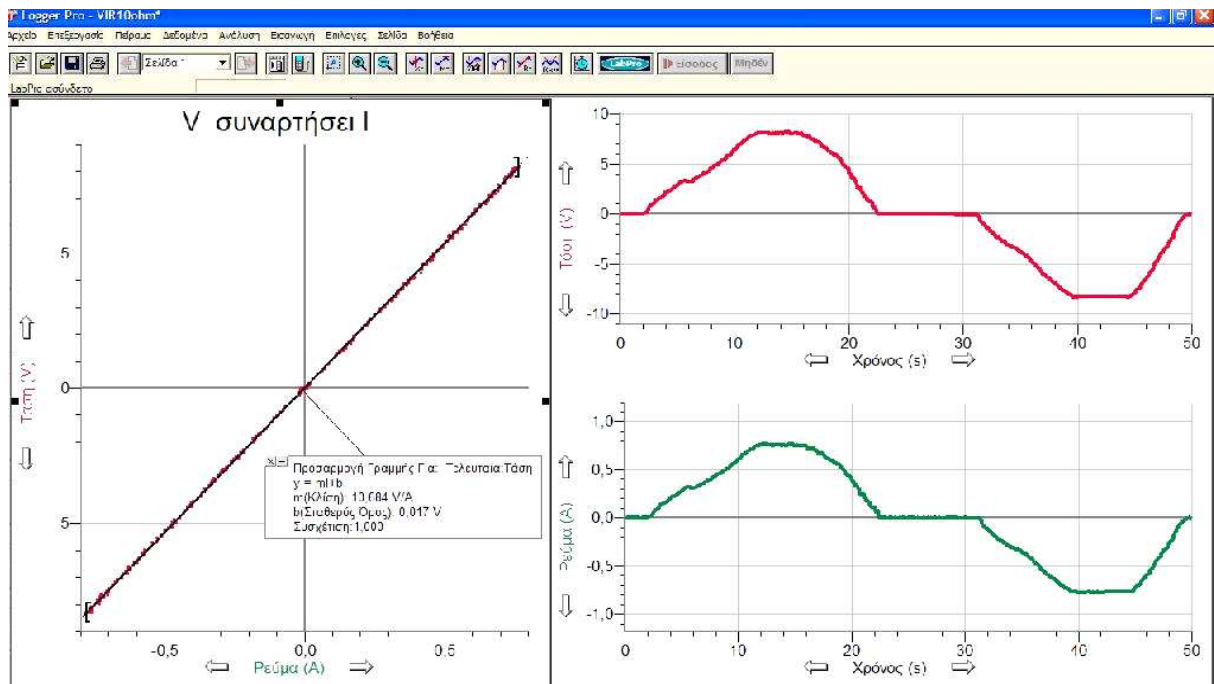
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο Πείραμα 1 μεταβάλλοντας την αντίσταση του ροοστάτη από 100 προς 0 Ω το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα αυξάνεται σταδιακά από 0 έως 3 A, ενώ η πολική τάση της πηγής μειώνεται από 4,5 V έως 0,8 V, με τον ίδιο ρυθμό με τον οποίο αυξάνει το ρεύμα. Από το διάγραμμα που δημιουργεί το πρόγραμμα LoggerPro3 το οποίο συσχετίζει την V<sub>πολ</sub> με το I, παίρνουμε τη Χαρακτηριστική καμπύλη της πηγής μας. ( V<sub>πολ</sub> = f(I) ). Παρατηρούμε ότι η έχουμε πολύ καλή γραμμική συσχέτιση (R<sup>2</sup> = 1) και από τα στοιχεία της ευθείας V<sub>πολ</sub> = E - Ir βρίσκουμε ότι η ΗΕΔ της πηγής είναι E = 4,491V η εσωτερική της αντίσταση r = 1,277Ω. Παρατηρούμε όμως ότι εδώ δεν παρατηρείται η αδυναμία του Dblab και το παραθυρικό πρόγραμμα της Vernier προεκτείνει με τη βοήθεια των δεικτών μαρκαρίσματος την V<sub>πολ</sub> έως το μηδέν. Έτσι βρίσκει κανείς εύκολα και το I<sub>max</sub>, χωρίς υπολογισμούς δείχνοντας ακόμα μεγαλύτερη ευκολία στο να μελετήσει ο εκπαιδευτικός μαζί με τους μαθητές του τη χαρακτηριστική μιας πηγής μέσα από κανονικό πείραμα, που μαζί και με την προετοιμασία δεν απαιτεί παραπάνω από 10-15 λεπτά και άρα αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο διδακτικό-εποπτικό εργαλείο.



**Σχήμα 5:** Πείραμα 1- Διάγραμμα  $V_{\text{πολ}}$ , I συναρτήσει χρόνου και Χαρακτηριστική καμπύλη ηλεκτρικής πηγής  $V_{\text{πολ}}$  συναρτήσει I

Στο Πείραμα 2 μεταβάλλοντας την τάση τροφοδοσίας αρχικά από 0 έως 8V και πάλι έως 0V, μεταβάλλουμε με αργό ρυθμό το ρεύμα αρχικά από 0 στο 0,8A, μετά πίσω στο 0A και στη συνέχεια με αντίθετη πολικότητα επαναλαμβάνουμε τα ίδια με αρνητικά ρεύματα καταγράφοντας τελικά την  $V_R$  και το I συναρτήσει του χρόνου των 50sec. Κατόπιν ή και ταυτόχρονα εμφανίζουμε το συσχετισμένο διάγραμμα  $V_R - I$ . Απ' αυτό το διάγραμμα  $V_R$  vs I παρατηρούμε ότι το  $V_R$  συναρτήσει του I είναι απολύτως γραμμικό (Σχήμα6). Χρησιμοποιώντας την κλίση του  $V_R / I = 10,684$  προσεγγίζουμε την αναγραφόμενη στον αντιστάτη μας τιμή των 10Ω.



**Σχήμα 6:** Πείραμα 2 - Διάγραμμα  $V_R$ , I συναρτήσει χρόνου και Χαρακτηριστική καμπύλη ωμικού καταναλωτή  $V_R$  συναρτήσει I



## ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Βάσει των παραπάνω, παρουσιάζεται το προσχέδιο ενός φύλλου εργασίας με οδηγίες και κατάλληλες ερωτήσεις για εργαστηριακή άσκηση που θα μελετά τις χαρακτηριστικές καμπύλες ηλεκτρικής πηγής και ωμικού καταναλωτή. Στο φύλλο θα ενσωματώνονται τα πειράματα - με τα αντίστοιχα διαγράμματα  $V_{\text{πολ}}$  συναρτήσει  $I$  και  $V_R$  συναρτήσει  $I$ .

- Τι ονομάζουμε αντίσταση  $R$  ενός αγωγού, τι εκφράζει η αντίσταση και που οφείλεται σε μεταλλικούς αγωγούς ;
- Τι ονομάζουμε ωμική αντίσταση-ωμικό καταναλωτή ; Ισχύει ο Νόμος του Ohm για όλους τους αγωγούς ; Με ποια προϋπόθεση ισχύει για ωμικές αντιστάσεις ;
- Τι εκφράζει η ΗΕΔ μιας πηγής ; Έχουν αντίσταση οι ηλεκτρικές πηγές ; Τι εκφράζει η εσωτερική αντίσταση της πηγής ; Τι είναι η πολική τάση της πηγής  $V_{\text{πολ}}$  ; Πως εκφράζεται ο Νόμος του Ohm για το κλειστό κύκλωμα ;
- Εκτύπωσε και ενσωμάτωσε στο τετράδιο τα διαγράμματα  $V_{\text{πολ}}$  συναρτήσει  $I$  για την πηγή και  $V_R$  συναρτήσει  $I$  για την ωμική αντίσταση.
- Επιβεβαιώνεται ο Νόμος του Ohm για την ωμική αντίσταση ; Αν δεν έχετε τρόπο να μετρήσετε την αντίσταση ενός ωμικού καταναλωτή πως μπορείτε να το υπολογίσετε από ένα διάγραμμα  $V_R$  συναρτήσει  $I$  ; Πως θα ήταν η χαρακτηριστική αν ο αντιστάτης δεν είχε σταθερή θερμοκρασία ;
- Ποια δεδομένα μπορείτε να υπολογίσετε από το διάγραμμα  $V_{\text{πολ}}$  συναρτήσει  $I$  ;
- Υπολόγισε την εσωτερική αντίσταση και την ΗΕΔ από το διάγραμμα  $V_{\text{πολ}}$  συναρτήσει  $I$ . Τι εκφράζει το  $I_{\text{max}}$  ;
- Επιβεβαιώνεται ο τύπος  $V_{\text{πολ}} = E - Ir$  ;
- Τι συμπεραίνεται από μια χαρακτηριστική καμπύλη  $V = f(I)$  ενός διπόλου που είναι γραμμική, ενώ τι από μία χαρακτηριστική που δεν είναι γραμμική ;

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διάταξη του πειράματος Multilog-DbLab είναι πολύ χρήσιμη για διδασκαλία μέσω πειραματικών εφαρμογών χαρακτηριστικών καμπυλών πηγών και ωμικών αντιστάτων. (*Εγχειρίδιο Χρήσης MultiLog 1999, [www.fourier-sys.com/physics](http://www.fourier-sys.com/physics)*).

Υπάρχει διαφορά στον τρόπο επεξεργασίας των αποτελεσμάτων των δύο ΣΣΛΑ. Το Vernier είναι πιο σύγχρονο με περισσότερες δυνατότητες ([www.vernier.com](http://www.vernier.com)), ενώ το Multilog είναι πιο παλιό, διαθέτει μόνο σειριακή θύρα και παρουσιάζει δυσκολίες στην επεξεργασία, παρουσίαση και εξαγωγή των αποτελεσμάτων-γραφικών παραστάσεων. 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 και είναι 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 LoggerPro3 και οι δυνατότητες μεταφοράς, παρουσίασης και επεξεργασίας των δεδομένων του σε άλλα παραθυρικά προγράμματα (Excel, Word) (*Βαμβακούσης 2006, Ρούμελης 2005*). Ελπίζουμε η εκπαιδευτική κοινότητα, που θα το αποκτήσει ή το έχει ήδη αποκτήσει, να εκμεταλλευτεί τα παραπάνω, διότι η «μη φιλικότητα» ήταν ένας από τους κύριους λόγους μη χρήσης του MultiLog/DbLab στα σχολεία (*Βαμβακούσης, Μακρυνώνιτης 2003*).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αλεξάκης κ.α. (2000), Φυσική Γενικής Παιδείας Β' τάξη Γενικού Λυκείου, *ΥΠΕΠΘ-ΠΙ, ΟΕΔΒ*, Αθήνα
- Βαμβακούσης Χ., Μακρυνώνιτης 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](http://www.epyna.gr)
- Βαμβακούσης Χ. (2006) Μελέτη ΑΑΤ με το MBL-VernierLabPro. *Πρακτικά 11ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ένωσης Ελλήνων Φυσικών, Συνεδρία αφίσας κατασκευών δραστηριοτήτων ΕΚΦΕ, Λάρισα 31/3 και 1-3/4/2006*
- 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>
- Μακρουωνίτης 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 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> παρουσία καταλύτη MnO<sub>2</sub>, 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](http://www.epyna.gr) , [www.e-yliko.sch.gr/physArt.htm](http://www.e-yliko.sch.gr/physArt.htm)
- Ρούμελης Ν., Τρίμις 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](http://www.e-yliko.sch.gr/physlyk10.htm)
- Ρούμελης Ν. (2005) Μελέτη του μαγνητικού πεδίου σωληνοειδούς -«ελατηρίου κυματισμού(slinky)» με το Vernier-LabPro το νέο Σύστημα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης στα σχολεία των Κυκλάδων. 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](http://www.e-yliko.sch.gr/physlyk10.htm)
- Ρούμελης Ν. (2006) Συστήματα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης στη μελέτη του μαγνητικού πεδίου σωληνοειδών, Πρακτικά 11ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ένωσης Ελλήνων Φυσικών, Συνεδρία αφίσας κατασκευών δραστηριοτήτων ΕΚΦΕ, Λάρισα 31/3 και 1-3/4/2006 Λάρισα 1-5/5/2006
- 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](http://www.e-yliko.gr/physArt.htm), [www.fourier-sys.com/physics](http://www.fourier-sys.com/physics) , [www.vernier.com](http://www.vernier.com)