



## Ηλεκτρικές Ταλαντώσεις: Φθίνουσα Ηλεκτρική Ταλάντωση

### Σκοπός της άσκησης

- Να παρατηρήσουν οι μαθητές στην πράξη το φαινόμενο της ηλεκτρικής ταλάντωσης.
- Να αντιληφθούν το αίτιο που προκαλεί την απόσβεση της ταλάντωσης
- Να κατανοήσουν τον ρόλο που παίζουν τα στοιχεία του ηλεκτρικού κυκλώματος.

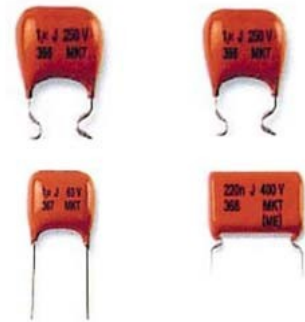
### Θεωρία

- Πυκνωτής:
  - Φόρτιση πυκνωτή: Επιτυγχάνεται με την εφαρμογή τάσης  $V$  στους οπλισμούς του. Το μέγιστο φορτίο που αποθηκεύεται στον κάθε οπλισμό ενός πυκνωτή χωρητικότητας  $C$ , είναι:

$$|Q|=C \cdot V$$

- Ενέργεια πυκνωτή: Η ενέργεια που αποθηκεύεται στο ηλεκτρικό του πεδίο υπολογίζεται:

$$U_E = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$



- Πηνίο:
  - Το πηνίο εμφανίζει “ΗΕΔ” λόγω αυτεπαγωγής που εμποδίζει τις μεταβολές του ρεύματος που το διαρρέει. Η τάση στα άκρα του περιγράφεται από τον νόμο της αυτεπαγωγής (N.Faraday/ κανόνας Lenz):

$$V_L = -L \cdot \frac{di}{dt}$$

όπου  $L$  η αυτεπαγωγή του πηνίου.

- Η ενέργεια που αποθηκεύεται στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου υπολογίζεται:

$$U_B = \frac{1}{2} L \cdot i^2$$

- Ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου εξαρτάται από τις σπείρες του και την παρουσία σιδηροπυρήνα:

$$L = \mu \cdot \mu_0 \frac{N^2 \cdot A}{l}$$

όπου  $\mu$  η μαγνητική διαπερατότητα του πυρήνα,  $N$  ο αριθμός των σπειρών,  $A$  η διατομή τους και  $l$  το μήκος του πηνίου.



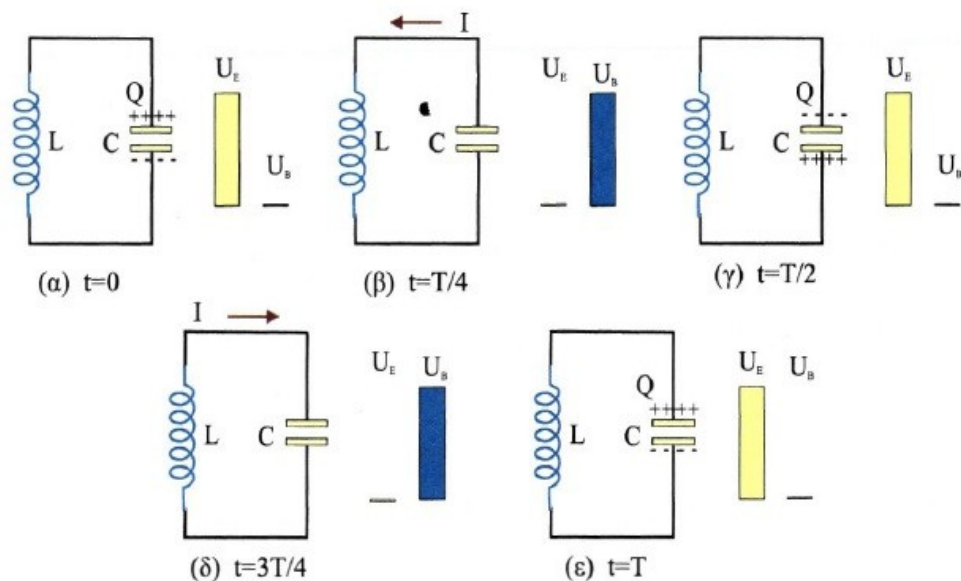


- Αντίσταση:
  - Η ηλεκτρική αντίσταση ενός μεταλλικού αγωγού (...σύρματος) μήκους  $d$ , και διατομής  $S$  υπολογίζεται:

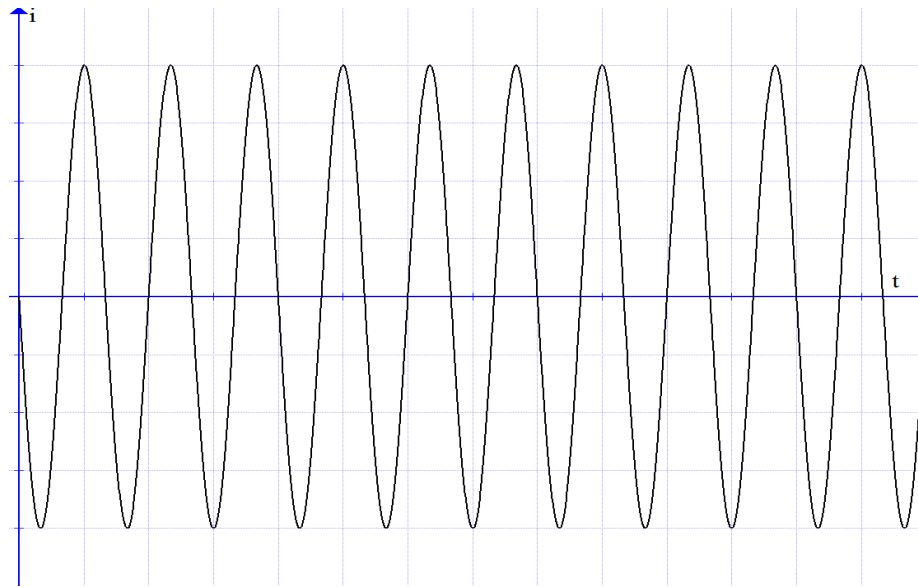
$$R = \rho \cdot \frac{d}{S}$$

όπου  $\rho$  η ειδική αντίσταση του μετάλλου.

- Ηλεκτρική ταλάντωση:



- Κύκλωμα LC:
  - Ο αρχικά φορτισμένος πυκνωτής εκφορτίζεται μέσω του πηνίου, καθώς η τάση στους οπλισμούς του προκαλεί κυκλοφορία ρεύματος εκφόρτισης.
  - Το πηνίο “συντηρεί” την ταλάντωση, καθώς το φαινόμενο της αυτεπαγωγής λειτουργεί σε αναλογία με φαινόμενο της αδράνειας στην μηχανική ταλάντωση.
  - Η ενέργεια που αποθηκεύεται αρχικά στο κύκλωμα (ως ενέργεια ηλεκτρικού ή μαγνητικού πεδίου) παραμένει σε αυτό ως ενέργεια ηλεκτρικής ταλάντωσης. Θεωρούμε αμελητέα την ενέργεια που εκπέμπεται λόγω Η/Μ ακτινοβολίας αμελητέα.
  - Η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα έχει την μορφή του διαγράμματος:



- Σε μια ηλεκτρική ταλάντωση που ξεκινάει με την εκφόρτιση του πυκνωτή, ισχύουν:

$$q = Q \cdot \sin(\omega t) \quad , \quad i = -\omega Q \cdot \eta\mu(\omega t)$$

- Η τάση στα άκρα του πηνίου είναι κάθε στιγμή αντίθετη αυτής στα άκρα του πυκνωτή (2ος Κανόνας Kirchhoff):

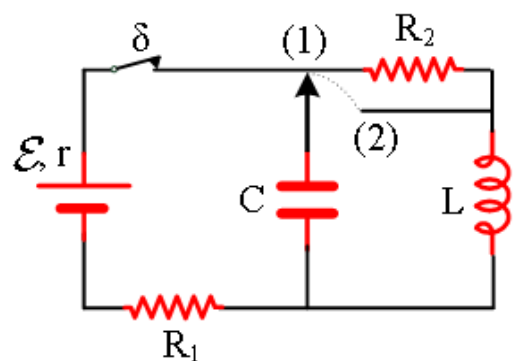
$$V_L = -V_C = -V \cdot \sin(\omega t)$$

- Η περίοδος της ταλάντωσης υπολογίζεται:

$$T = 2\pi \sqrt{L \cdot C}$$

- Κύκλωμα RLC:

- Στο πραγματικό κύκλωμα, συμμετέχει η ωμική αντίσταση R των αγωγών του κυκλώματος και του πηνίου με αποτέλεσμα η αρχική ενέργεια της ταλάντωσης να μετατρέπεται σε θερμότητα (φαινόμενο Joule).
- Η μεταβολή των σπειρών του πηνίου μεταβάλλει και την ωμική αντίσταση του κυκλώματος. Για παράδειγμα, αυξάνοντας τον αριθμό τους συνήθως αυξάνεται η αντίσταση (αύξηση μήκους σύρματος με ταυτόχρονη ελάττωση της διατομής...)



- Το πλάτος της έντασης του ρεύματος ελαττώνεται εκθετικά και μετά από K ολοκληρωμένες περιόδους T, δίνεται από την εξίσωση:

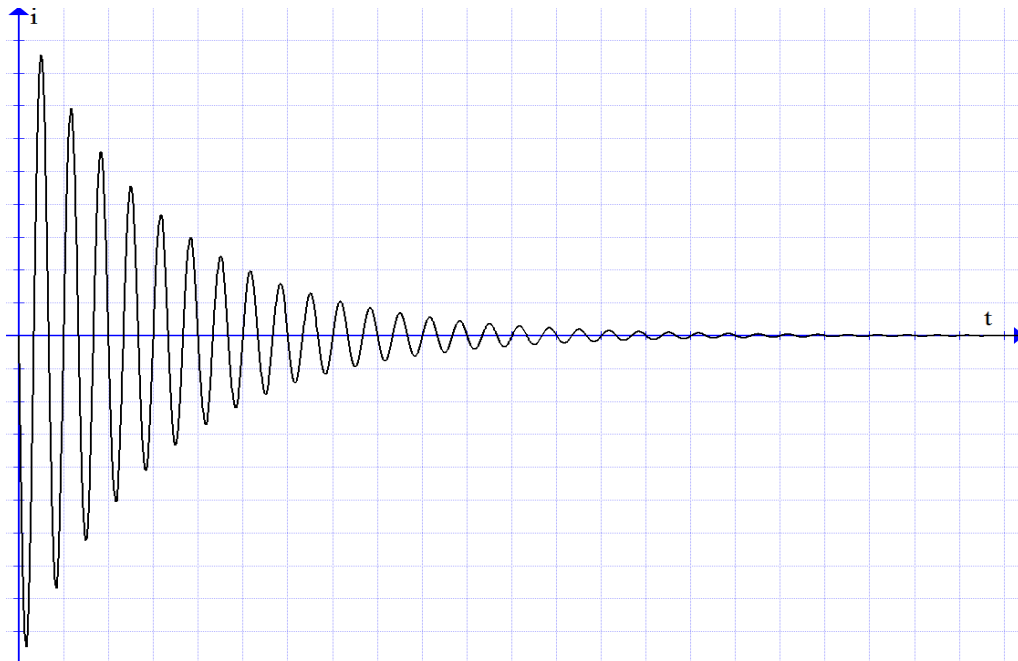
$$I_k = I_0 \cdot e^{-\Lambda k T}$$



- Η σταθερά  $\Lambda$  της εκθετικής μείωσης δίνεται:

$$\Lambda = \frac{R}{2L}$$

- Η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα έχει την μορφή του διαγράμματος:



- Το πηλίκο δύο διαδοχικών τιμών πλάτους του ρεύματος είναι σταθερό:

$$\frac{I_{\kappa}}{I_{\kappa+1}} = \frac{I_{\kappa+1}}{I_{\kappa+2}} = e^{\Lambda T}$$

- Ο (σταθερός) χρόνος υποδιπλασιασμού του πλάτους είναι:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\Lambda}$$



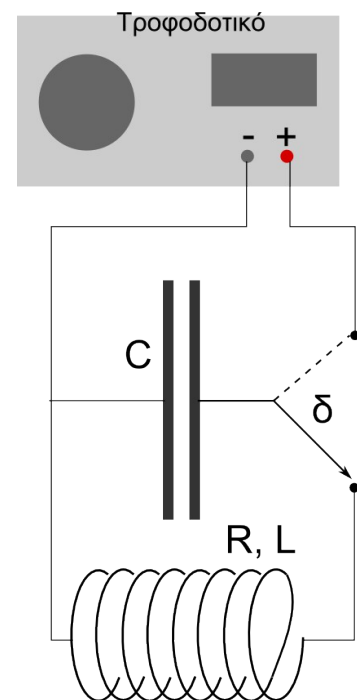
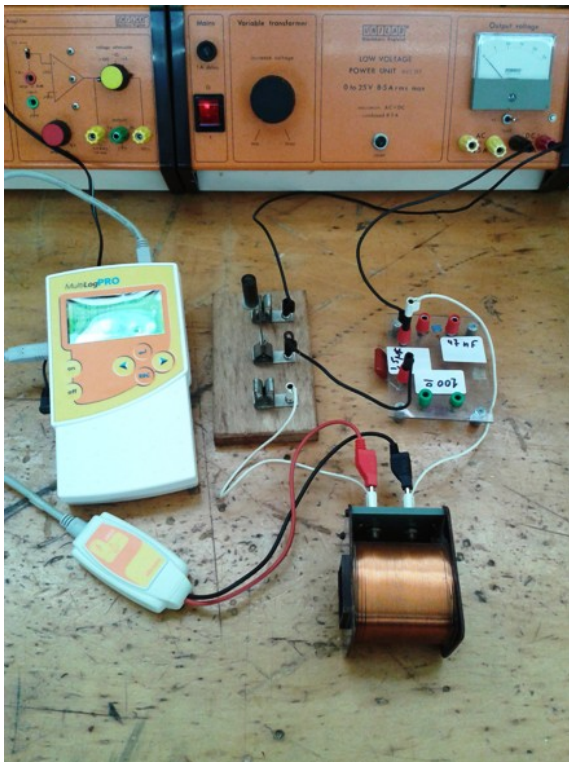
## Υλικά


Για την εκτέλεση του πειράματος χρησιμοποιούμε:

- Διηλεκτρικούς πυκνωτές (χωρίς πολικότητα...) με χωρητικότητες από  $3\mu\text{F}$  ως  $50\text{ nF}$
- Πηνία με 1200 σπείρες ( $30\Omega/40\text{mH}$ ) και 24000 ( $5\text{k}\Omega/10\text{H}$ ) σπείρες.
- Πηγή συνεχούς τάσης περίπου 10 - 20V, ή μπαταρία των 9V
- Διπλό μαχαιρωτό διακόπτη
- Καλώδια σύνδεσης
- Multilog με αισθητήρα τάσης 25V (ή αισθητήρα ρεύματος 2,5A) + Λογισμικό [Multilab](#) (...v.1.4.3)

## Εκτέλεση πειράματος


Το κύκλωμα που φτιάχνουμε απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα (με τον αισθητήρα τάσης).

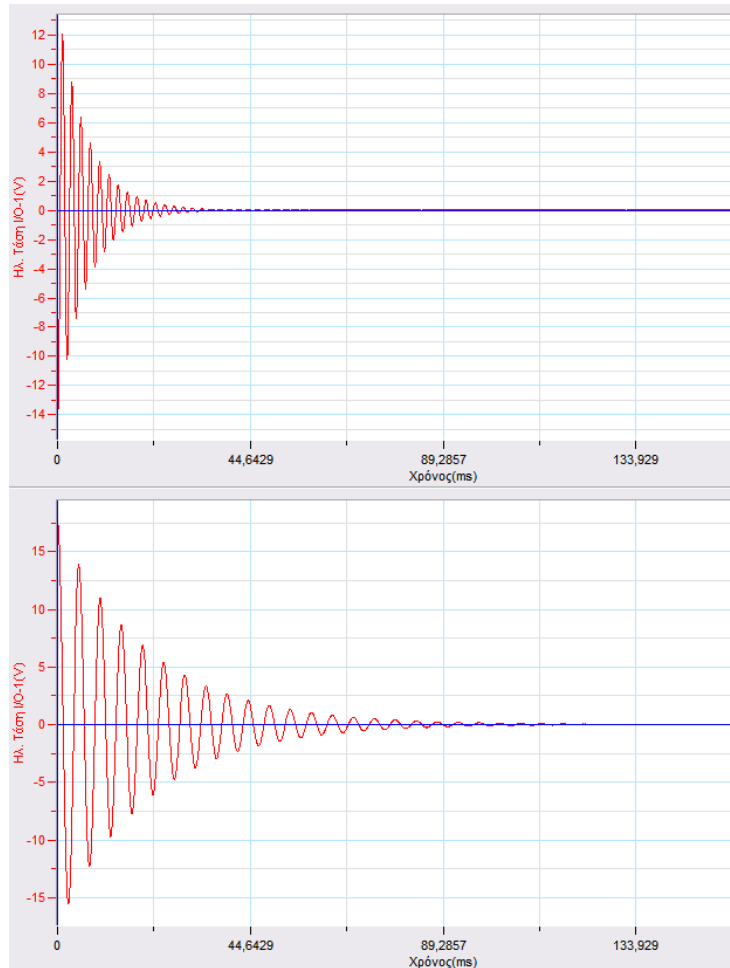


- Στο Multilog συνδέουμε τον αισθητήρα τάσης ( $\pm 25\text{V}$ ), ώστε μετράει την τάση στα άκρα του πηνίου.
- Στο λογισμικό Multilab, στις ρυθμίσεις (  ):
  - ρυθμίζουμε την δειγματοληψία σε έναν μεγάλο ρυθμό (π.χ. 11200 /sec),
  - επιλέγουμε σκανδαλισμό: Ανοδικό ή καθοδικό μέτωπο (π.χ. 2,352 V).
  - Χρονική διάρκεια (π.χ. 179ms. Επειδή ο αριθμός των μετρήσεων είναι μεγάλος,



καθυστερεί κάποια δευτερόλεπτα μετά την ολοκλήρωση της καταγραφής η μεταφορά των δεδομένων στον υπολογιστή. Επίσης καλό είναι μετά την ολοκλήρωση κάθε καταγραφής να κάνουμε καθαρισμό της μνήμης).

- Εναλλακτικά, αν θέλουμε χειροκίνητη έναρξη του καταγραφέα, επιλέγουμε μεγαλύτερη χρονική διάρκεια καταγραφής ( ~ 1s). Χρειάζεται όμως καλό συγχρονισμό έναρξης καταγραφής/μετακίνησης διακόπτη.
- Στην πρώτη θέση του διακόπτη, φορτίζουμε τον πυκνωτή με στην τάση της πηγής (π.χ. 20V).
- Ενεργοποιούμε την διαδικασία καταγραφής του multilog (...Run ).
- Μετακινώντας τον διακόπτη, ώστε να αρχίσει η εκφόρτιση του πυκνωτή μέσω του πηνίου, αρχίζει και η καταγραφή (...σκανδαλισμός).
- Μπορούμε να επαναλάβουμε τις μετρήσεις για διάφορες τιμές αυτεπαγωγής (αλλάζοντας πηνίο ή εισάγοντας σιδηροπυρήνα). Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήσαμε πηνίο 1200 σπειρών με και χωρίς σιδηροπυρήνα, και 24000 σπειρών με σιδηροπυρήνα, όπου λόγω της μεγάλης ωμικής αντίστασης το φαινόμενο έγινε απεριοδικό...
- Από τα διαγράμματα που εμφανίζει το Multilab μπορούμε να μετρήσουμε την περίοδο της ταλάντωσης, τον χρόνο ημιζωής, αλλά και να υπολογίσουμε την σταθερά εκθετικής μείωσης, τον συντελεστή αυτεπαγωγής του πηνίου και την ωμική του αντίσταση.



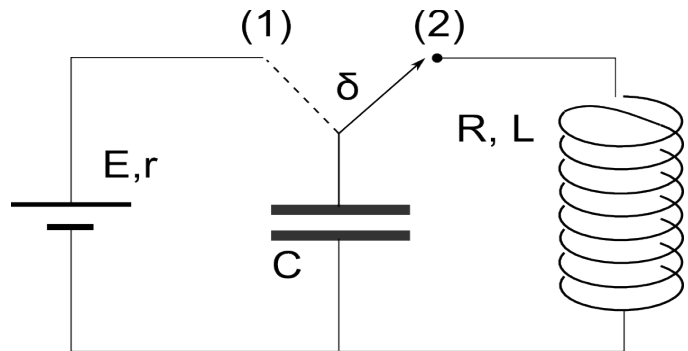
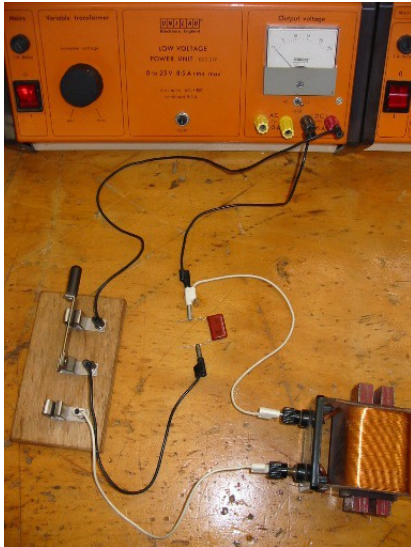
Τάση στο πηνίο 1200 σπειρών χωρίς και με σιδηροπυρήνα

## Βιβλιογραφία

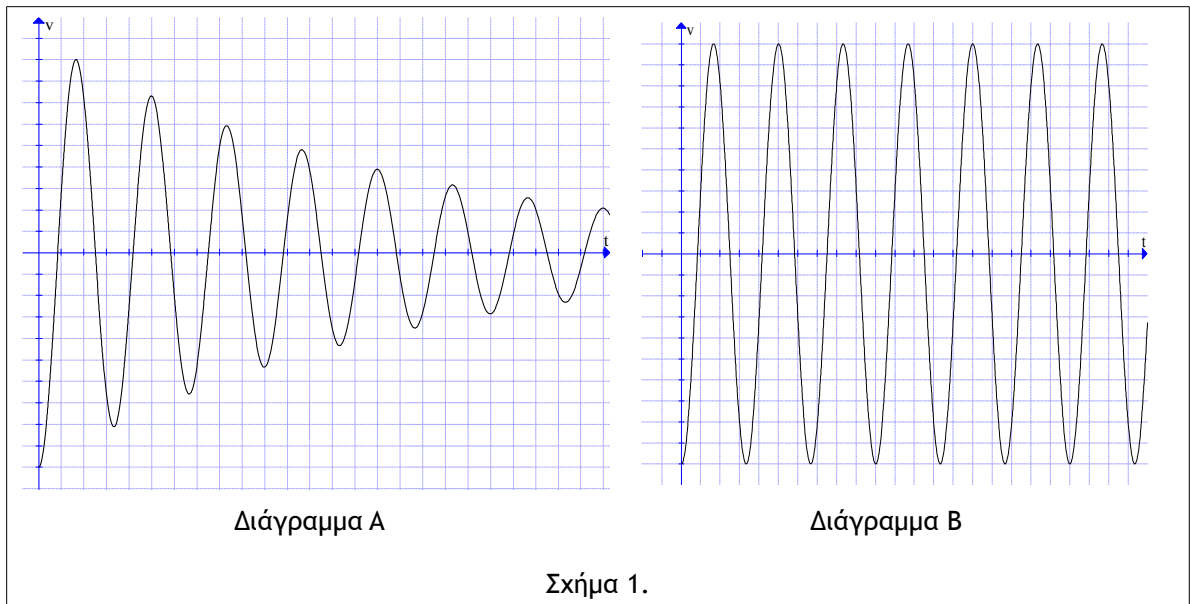
1. [Κατάλογος οργάνων και συσκευών εργαστηρίου Φ.Ε.](#)
2. [Οδηγίες χρήσης Multilog](#)
3. Πειράματα Ηλεκτρικών Ταλαντώσεων με τη χρήση του Συστήματος Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης (Multilog) των Γενικών Λυκείων (Α.Γεωργίου-Μ.Καμαράτος, ΠΡΑΚΤΙΚΑ 5ου ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΥ ΣΥΝΕΡΙΟΥ για την Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην εκπαίδευση, ΤΕΥΧΟΣ Γ')
4. Φυσική Γ' Λυκείου Θετ.& Τεχν Κατεύθυνσης ( Α.Ιωάννου κ.α)

Ονοματεπώνυμο .....

- Η απεικόνιση του κυκλώματος που χρησιμοποιούμε στην άσκηση είναι η παρακάτω (φωτογραφία - σχηματική απεικόνιση).

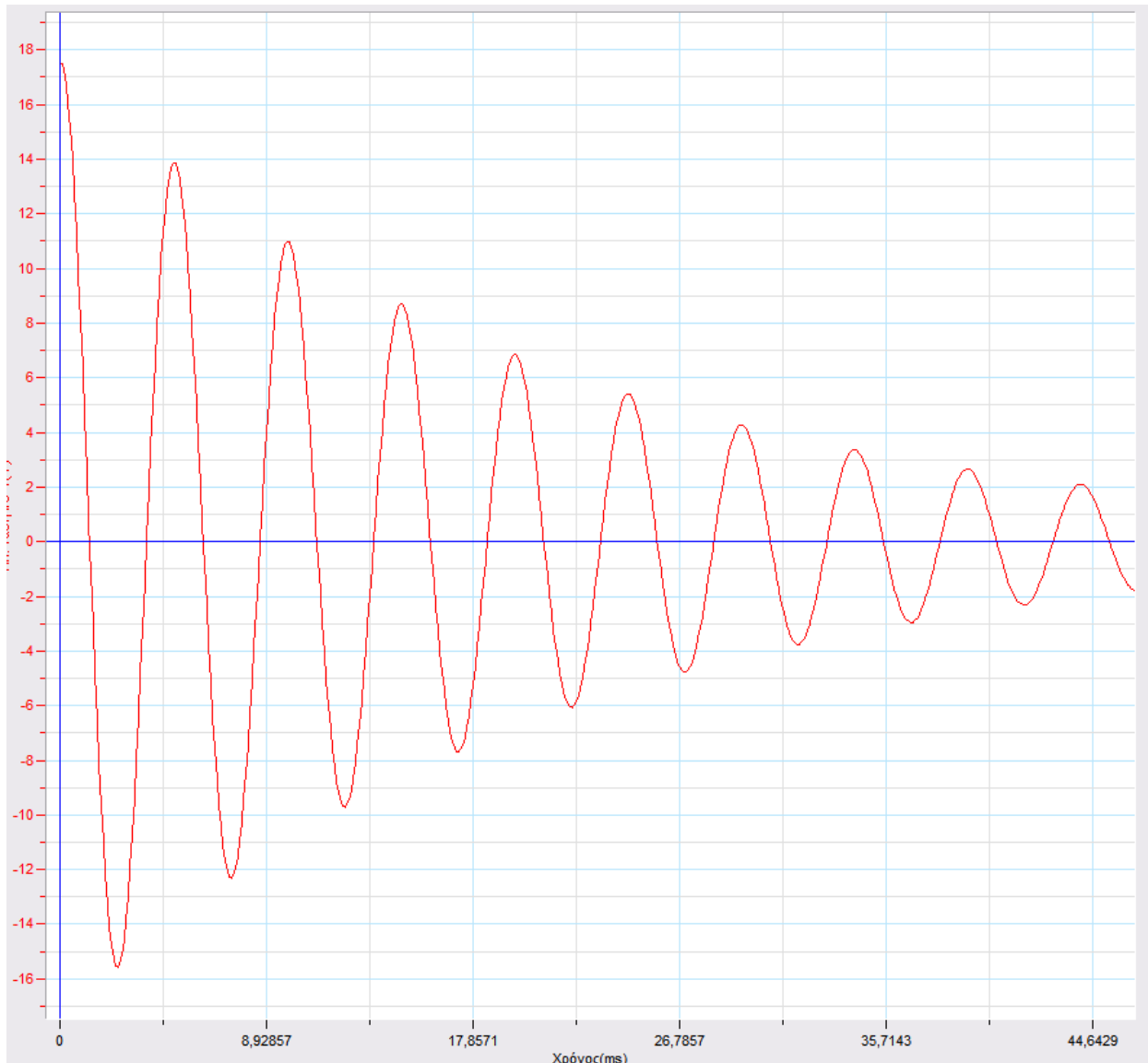


- Παρατήρησε τα στοιχεία που αποτελούν το κύκλωμα. Μετά την μετακίνηση του διακόπτη στην θέση (2) ποια νομίζεις ότι θα είναι η μορφή της τάσης στα άκρα του πηνίου; Αιτιολόγησε...



1. Χρησιμοποίησε το διάγραμμα που προέκυψε από το πείραμα (Σχήμα 2.) και μέτρησε:

- Την περίοδο της ταλάντωσης
- Τον χρόνο υποδιπλασιασμού του πλάτους



Σχήμα 2.

2. Έχοντας ως δεδομένη την χωρητικότητα του πυκνωτή  $C = \dots\dots\dots$  υπολόγισε τον συντελεστή αυτεπαγωγής του πηνίου:  
 -----
3. Σύγκρινε την τιμή που υπολόγισες με την αναγραφόμενη τιμή του πηνίου  $L = \dots\dots\dots$ . Που οφείλεται η διαφορά;  
 -----
4. Μέτρησε τρία ζευγάρια διαδοχικών τιμών πλάτους τάσης, στα άκρα του πηνίου. Τι ισχύει για το πηλίκο των τιμών τους;  
 -----
5. Με την βοήθεια του λόγου των πλατών της τάσης, υπολόγισε την τιμή της σταθε-



ράς εκθετικής μείωσης για το κύκλωμα.

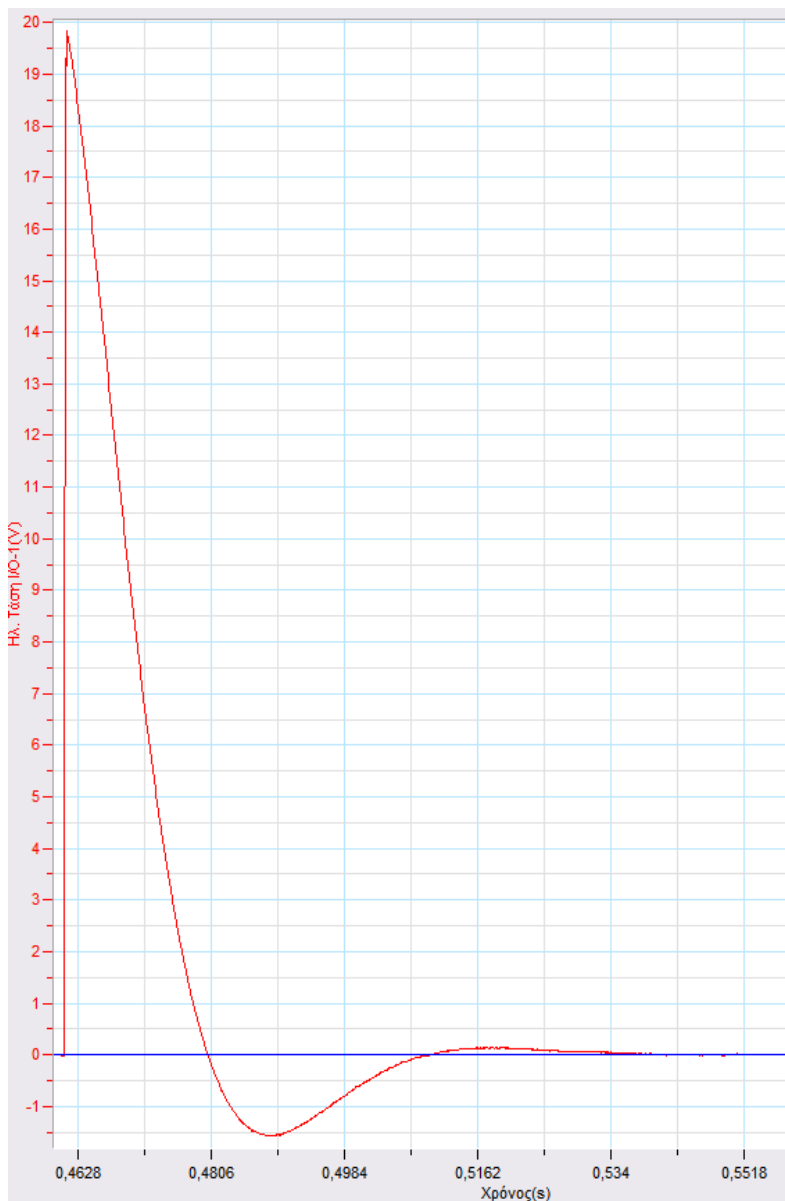
-----  
 -----  
 -----

6. Χρησιμοποίησε την σχέση  $\Lambda = \frac{R}{2L}$  για να υπολογίσεις την ωμική αντίσταση αντίσταση του κυκλώματος.

-----  
 -----

- Στην περίπτωση που χρησιμοποιήσαμε πηνίο με 24000 σπείρες, η μορφή τάσης στα άκρα του είχε την μορφή του σχήματος. Δώσε μία εξήγηση, συγκρίνοντας και με τα προηγούμενα διαγράμματα (στην περίπτωση του πηνίου με 1200 σπείρες).

-----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----  
 -----



Σχήμα 3

-----  
 -----  
 -----  
 -----