Σημειώσεις εργαστηρίου Φυσικής ΙΙΙ

Ευστάθιος Κ. Στεφανίδης

Τομέας Πυρηνικής Φυσικής και Φυσικής Στοιχειωδών Σωματιδίων

Τηλ. Επικοινωνίας : 210 727- 6955

Γραφείο: V_B36

Ηλεκτρονική Διεύθυνση: S.Stefanidis@cern.ch

9 Ιανουαρίου 2003

Σημειώσεις:

α) Ο βαθμός του εργαστηριακού κύκλου θα προκύψει από το μέσο όρο των 4 εργαστηριακών πειραμάτων. Ο βαθμός κάθε εργαστηριακού πειράματος προκύπτει ως εξής:

Εργαστήριο	**45%**	**Εργασία**	**55%**		
Προετοιμασία Θεωρίας 20%	Εκτέλεση Πειράματος 25%	Ερωτήσεις 15%	Επεξεργασία 30%	Παρουσίαση 3%	Σχήματα 7%

β) Τα αποτελέσματά σας και οι μετρήσεις δίδονται σε πίνακες και στο S.I σύστημα μονάδων.

γ) Να λάβετε υπόψιν στους υπολογισμούς σας τις τιμές των σφαλμάτων και τη μετάδοση αυτών.

δ) Έχετε πλήρη ελευθερία όσον αφορά στη χρήση του Η/Υ. Τονίζεται όμως ότι τυχούσα αντιγραφή άλλης εργασίας (ενδογενούς ή εξωγενούς) συνεπάγεται την **αυτόματη αποτυχία** του φοιτητή στον συγκεκριμένο κύκλο.

Κεφάλαιο 1

Μέτρηση του πηλίκου $\frac{e}{m_e}$

1.1 Εκτέλεση Πειράματος

1. Αφού αναγνωρίσετε τα όργανα και τις συσκευές πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος (1.1).

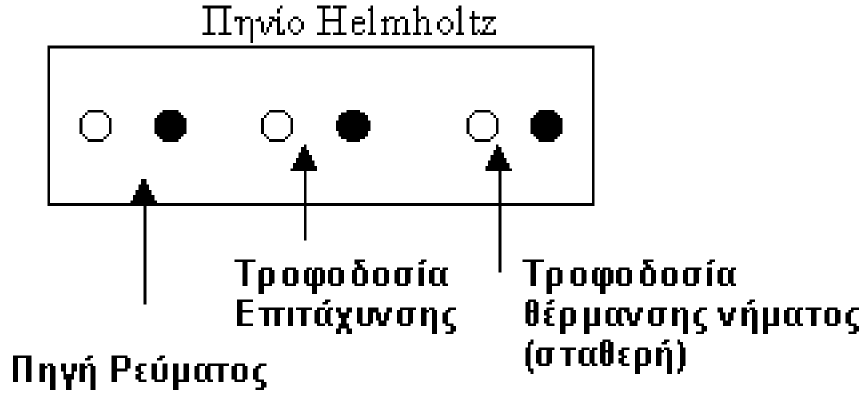
2. α) Ρυθμίστε την ανοδική τάση V_A στα 150 Volt (περίπου).
   β) Μεταβάλλοντας το ρεύμα του κυκλώματος για 10 τιμές, από 0.6 A εώς 2.5 A καταγράψτε την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς.
   γ) Επαναλάβετε το βήμα (β) για άλλες 5 τιμές της ανοδικής τάσης (μέχρι τα 300 Volt)

Πριν εγκαταλείψετε το εργαστήριο , βεβαιωθήτε ότι έχετε καταγράψει τα στοιχεία του πηνίου και ότι εκτιμήσατε τα (τυχόν) σφάλματα στα μεγέθη που μετρήσατε. Οι μετρήσεις θα πρέπει να ελεχθούν.

1.2 Επεξεργασία

1.2.1 Υπολογισμός του πηλίκου $\frac{e}{m_e}$

α) Για κάθε τιμή της ανοδικής τάσης, σχεδιάστε την ευθεία B_Π=f(1/r). Υπολογίστε την κλίση της ευθείας και τα σφάλματα στους συντελεστές της.
β) Από την κλίση της ευθείας προσδιορίστε τον ζητούμενο λόγο και το σφάλμα του.
γ) Ο λόγος $\frac{e}{m_e}$ θα είναι ο μέσος όρος των έξι τιμών σας.



Σχήμα 1.1: Κύκλωμα για πηνία Helmholtz

1.2.2 Υπολογισμός της ταχύτητας

α) Αφού γνωρίζετε το λόγο $\frac{e}{m_e}$, μπορείτε να υπολογίσετε την ταχύτητα των εξερχομένων από την άνοδο ηλεκτρονίων για κάθε τιμή της ανοδικής τάσης.
β) Σχεδιάστε τη γραφική παράσταση v=f(V_A).
γ) Σχολιάστε τις τιμές της ταχύτητας και συγκρίνετέ τες με την ταχύτητα του φωτός στο κενό.

1.2.3 Ερωτήσεις

α) Περιγράψτε τις φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα (από τη στιγμή που τροφοδοτείτε με ρεύμα και τάση μέχρι να παρατηρήσετε το φαινόμενο).
β) Σωμάτιο φορτίου q και μάζας m επιταχύνεται απο την ηρεμία από διαφορά δυναμικού ΔV. Στη συνέχει εκτρέπεται από ομογενές μαγνητικό πεδίο κάθετο στην ταχύτητα του σωματιδίου, για να εκτελέσει τροχιά ακτίνας R. Εάν τώρα σωμάτιο φορτίου 2q και μάζας m' επιταχυνθεί από την ίδια διαφορά δυναμικού και εκτραπεί από το ίδιο μαγνητικό πεδίο σε ακτίνα R'=2R, ποιος είναι ο λόγος των μαζών των δύο σωματιδίων;

Κεφάλαιο 2

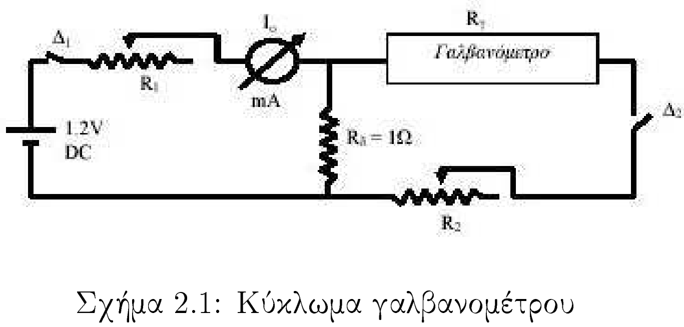
Μελέτη Γαλβανομέτρου.

2.1 Εκτέλεση Πειράματος

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος (2.1)

2. α)Διοχετεύστε σταθερό ρεύμα I_o (περίπου 0.2 mA) το οποίο βλέπετε στο μίλλι-αμπερόμετρο. Ο αρχικός προσδιορισμός του γίνεται με τη χρήση της R_1, ενώ η αντίσταση R_2 είναι αρχικά στα 3237 Ω. Καταγράψτε το ρεύμα I_o.
   β)Μεταβάλλοντας την αντίσταση R_1 μετράτε την απόκλιση της κηλίδας από το σημείο μηδέν. Να πάρετε 4 διαφορετικές τιμές της R_1. Εάν υπάρχει αρχική απόκλιση από το μηδέν (δηλαδή για μηδενικό ρεύμα, το γαλβανομέτρο έχει αρχική απόκλιση) καταγράψτε την.

3. Διοχετεύστε πάλι αρχικό ρεύμα (με κατάλληλη επιλογή της R_1), ώστε να βλέπετε μεγάλη απόκλιση A_o της κηλίδας, ενώ ρυθμίστε την αντίσταση R_2 στα (i) 1822 Ω, (ii) 1505 Ω (iii) 762 Ω. Ανοίξτε ακαριαία τον διακόπτη Δ_1 (το αριστερό μέρος του κυκλώματος τίθεται εκτός), καταγράψτε τα διαδοχικά πλάτη $A_1, A_2, ..., A_V$, ενώ χρονομετρήστε τη διάρκεια του



Σχήμα 2.1: Κύκλωμα γαλβανομέτρου

φαινομένου. Περιοριστείτε στις 4 πλήρεις ταλαντώσεις της κηλίδας.

4. Εκτελέστε το βήμα 3, αυτή τη φορά όμως ανοίξτε ακαριαία το διακόπτη Δ_2 (τώρα το δεξί μέρος του κυκλώματος τίθεται εκτός).

5. Τέλος, για 12 τιμές της R_2 (από 50 Ω μέχρι 300 Ω) και **για την ίδια αρχική απόκλιση** A_o , καταγράψτε το χρόνο που απαιτείται για να ολοκληρωθεί η φθίνουσα ταλάντωση της κηλίδας, ανοίγοντας τώρα το διακόπτη Δ_1.

Πριν εγκαταλείψετε το εργαστήριο, βεβαιωθήτε ότι έχετε καταγράψει τα στοιχεία της διάταξης και ότι εκτημήσατε τα (τυχόν) σφάλματα στα μεγέθη που μετρήσατε.

2.2 Επεξεργασία

2.2.1 Υπολογισμός της ευαισθησίας του γαλβανομέτρου.

α. Η ευαισθησία ε_i υπολογίζεται από τη σχέση $\varepsilon_i = \frac{\phi}{i}$, όπου φ είναι η **γωνία απόκλισης** και i είναι η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το γαλβανόμετρο και είναι διαφορετική για κάθε τιμή της R$_2$ (σχέση 19 των εργαστηριακών σημειώσεων). Η τελική τιμή της ευαισθησίας είναι ο μέσος όρος των τεσσάρων τιμών.
β. Η ευαισθησία ε_V υπολογίζεται από τη σχέση (5) των εργαστηριακών σημειώσεων.

2.2.2 Υπολογισμός περιόδου και λογαριθμικής μείωσης.

Για τις περιπτώσεις (3) και (4) (δηλαδή για $R_{o\lambda}$ =σταθ. και για $R_{o\lambda} = \infty$):

α.Υπογίστε την περίοδο T_R=χρονική διάρκεια/αριθμός ταλαντώσεων.

β.Από τις σχέσεις (14) και (15) υπολογίστε το λόγο απόσβεσης και τη λογαριθμική μείωση.

2.2.3 Υπολογισμός κρίσιμης αντίστασης.

Για το βήμα 5, κάντε το διάγραμμα $t_{o\lambda} = f(R_2)$. Η κρίσιμη αντίσταση είναι εκείνη η τιμή της R_2, για την οποία έχετε τον ελάχιστο χρόνο.

2.2.4 Υπολογισμοί μεγεθών

Έχετε στη διάθεσή σας όλα τα στοιχεία για να υπολογίσετε τα μεγέθη ω_o, k, Θ, $D*, P_\infty, k^2/R_{o\lambda}$(για τις περιπτώσεις (3) και (4) της παραγράφου 2.1) καθώς και τη **θεωρητική τιμή** της κρίσιμης αντίστασης.

Επιβεβαιώστε ότι πράγματι εκτελέσατε το πείραμα για τιμή του παράγοντα απόσβεσης μικρότερη της μονάδας.

2.2.5 Ερωτήσεις

α. Ποιες οι διαφορές ενός γαλβανομέτρου και ενός αμπερομέτρου;
β. Φανταστείτε ότι στο δωμάτιό σας υπάρχει ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο **B** με διεύθυνση κατακόρυφη προς τα πάνω. Κυκλικός βρόχος από σύρμα είναι οριζόντιος. Για ποια φορά του ρεύματος μέσα στο βρόχο, όταν τον δούμε από πάνω, ο βρόχο θα βρίσκεται σε σταθερή ισορροπία, όσον αφορά στις μαγνητικές δυνάμεις και ροπές;

Κεφάλαιο 3

Μελέτη Κυκλώματος RLC

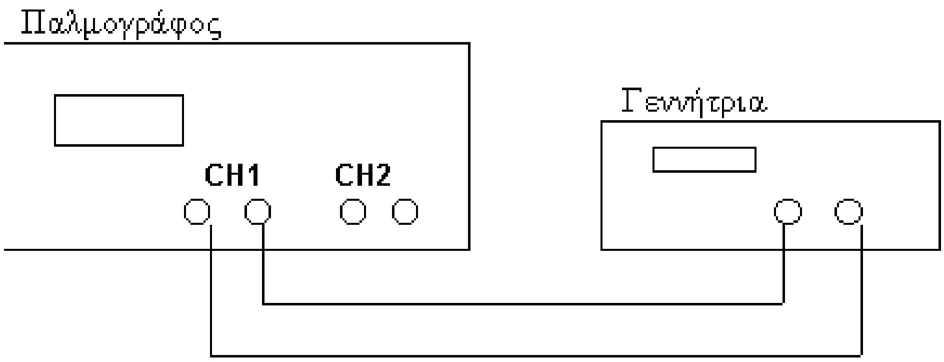
3.1 Εκτέλεση πειράματος

1. Εξοικειωθήτε με τον παλμογράφο. Κατανοείστε τη λειτουργία των ρυθμιστών Volts/Div και Time/Div.

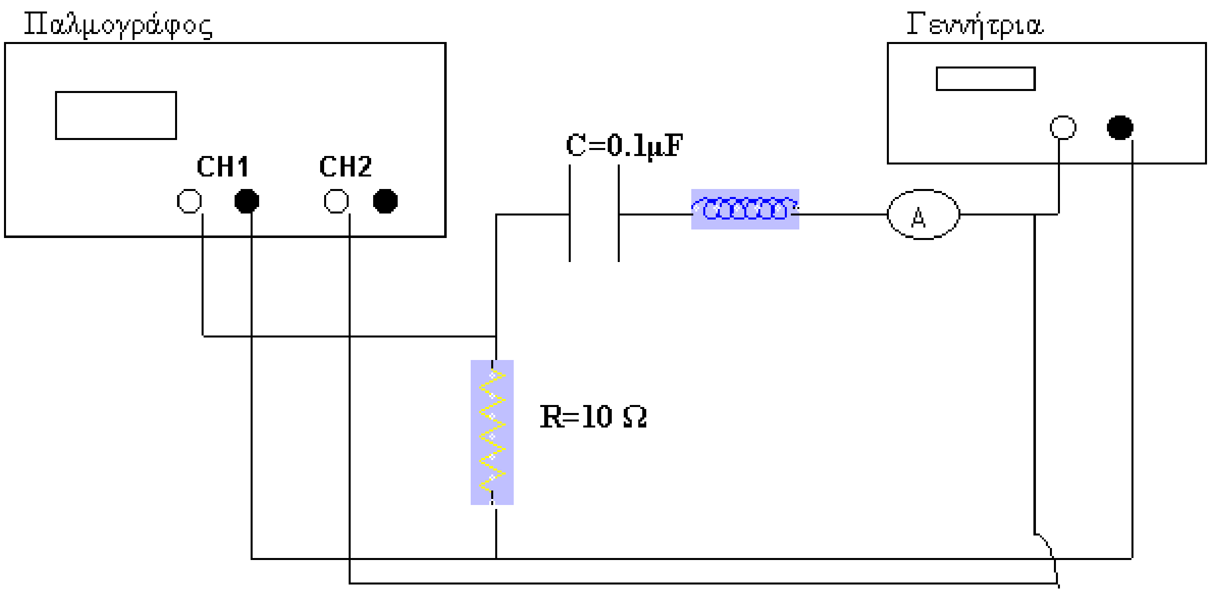
2. α) Πραγματοποιήστε το κύκλωμα το σχήματος (3.1).
   β) Από τη γεννήτρια, να πάρετε ένα τετραγωνικό, τριγωνικό και τέλος ένα ημιτονοειδές σήμα και να τα δείτε στον παλμογράφο.
   γ) Μεταβάλλετε του δύο ρυθμιστές και δείτε τη μεταβολή του σήματος.
   δ) Ρυθμίστε τη συχνότητα και το πλάτος του ημιτονοειδούς σήματος και της γεννήτριας και μετρήστε τα από τον παλμογράφο. Επαναλάβατε για άλλα τρία διαφορετικά ζεύγη τιμών συχνότητας και πλάτους.

3. α) Πραγματοποιείστε το κύκλωμα (3.2):
   β) Δείτε στην οθόνη του παλμογράφου την έλλειψη (εικόνα Lissajous). Αυτό γίνεται με το κουμπί της X-Υ προβολής.
   γ) Μεταβάλλοντας τη συχνότητα του συντοντισμού, επιβάλλετε στο κύκλωμα τον συντονισμό.
   δ) Καταγράψτε τη συχνότητα του συντονισμού, το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα και την τάση στα άκρα της πηγής, της αντίσταση, του πυκνωτή και του πηνίου.

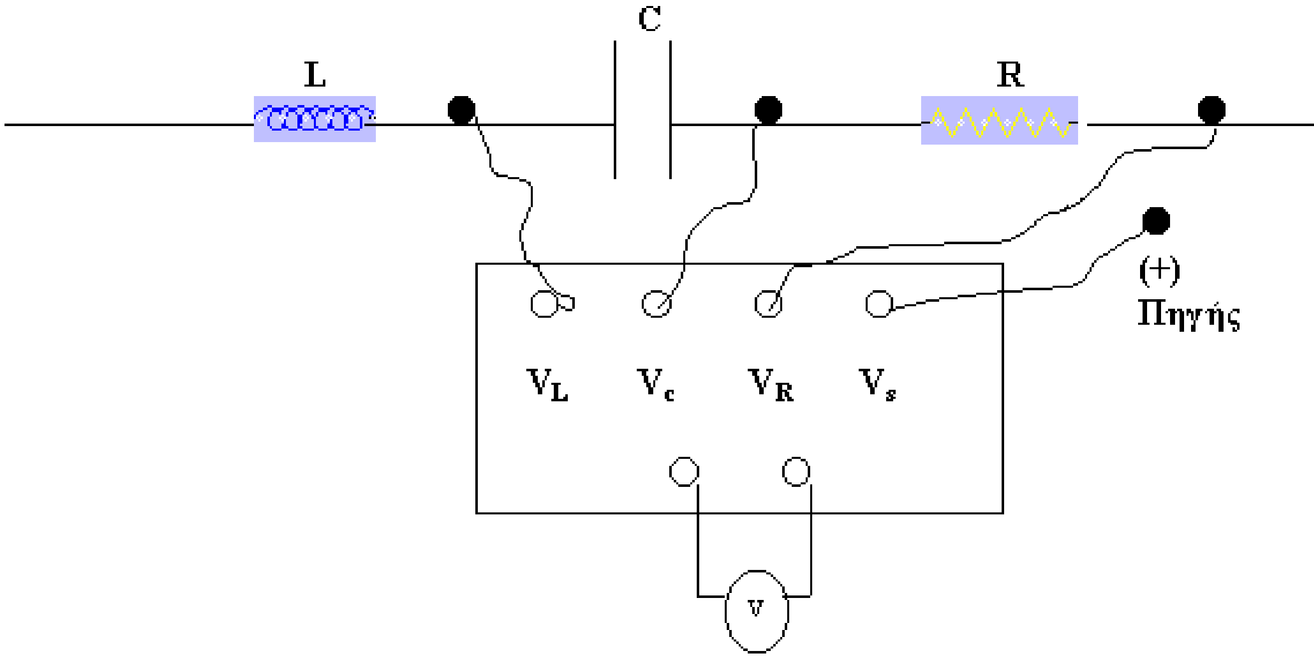
4. α) Προσθέστε στο κύκλωμα τον μεταγωγέα και το βολτόμετρο, όπως φαίνεται στο σχήμα (3.3)
   β) Για 10 τιμές **πριν** και 10 τιμές **μετά** τη συχνότητα συντονισμού, μεταβάλλοντας τη συχνότητα του ημιτονοειδούς σήματος, να καταγράψετε το ρεύμα του κυκλώματος και την τάση στα άκρα της πηγής, της αντίστασης, του πυκνωτή και του πηνίου. Προσέξτε τη χρήση του μεταγωγέα,



Σχήμα 3.1: Κύκλωμα παλμογράφου



Σχήμα 3.2: Κύκλωμα RLC



Σχήμα 3.3: Προσθήκη Μεταγωγέα

ενώ να καταγράφετε ως συχνότητα του σήματος την τιμή που δίνουν τα πολύμετράς σας!.

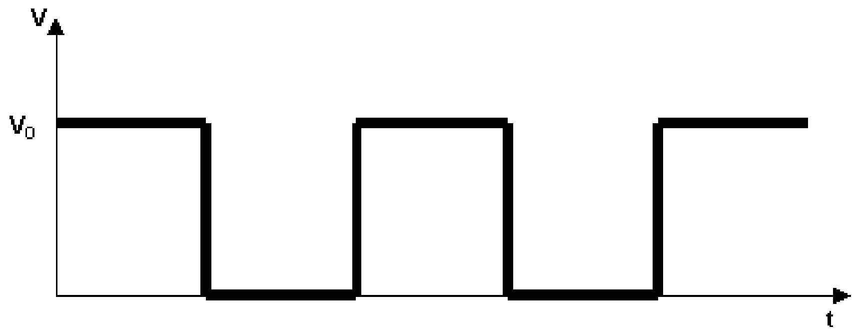
5. Για δύο τιμές πριν και μετά τη συχνότητα συντονισμού, **ίδιες** με αυτές που χρησιμοποιήσατε στο βήμα (4) να προσδιορίσετε, με τη βοήθεια του παλμογράφου, τις παραμέτρους a, b της έλλειψης. Προσέξτε να κεντράρετε την έλλειψή σας!.

Πριν εγκαταλείψετε το εργαστήριο, βεβαιωθήτε ότι έχετε καταγράψει την τιμή της ωμικής αντίστασης και της χωρητικότητας του πυκνωτή που χρησιμοποιήσατε και ότι έχετε εκτιμήσει τα (τυχόν) σφάλματα στα μεγέθη που μετρήσατε.

3.2 Επεξεργασία

3.2.1 Γραφικές παραστάσεις

Να κάνετε τις γραφικές παραστάσεις των συναρτήσεων : $Z=Z(\omega)$, $P=P(\omega)$, $\varphi=\varphi(\omega)$, $I=I(\omega)$.



Σχήμα 3.4: Τετραγωνικός Παλμός

3.2.2 Υπολογισμοί

1. Συγκρίνετε την τιμή της συχνότητας που σας δίνει η ένδειξη της γεννήτριας μ΄ αυτήν που υπολογίζετε από τον παλμογράφο.

2. Έχετε στη διάθεση σας όλα τα πειραματικά και θεωρητικά εργαλεία για να υπολογίσετε τις παρακάτω ποσότητες:
   α. παράγοντας ποιότητας κυκλώματος
   β. συντελεστής επαγωγής του πηνίου
   γ. συχνότητες ημί-ισχύος
   δ. διαφορά φάσης, χρησιμοποιώντας τις παραμέτρους a και b της έλλειψης. Συγκρίνετε με αυές που προσδιορίσατε στην παράγραφο 3.2.1
   ε. συχνότητα ταλάντωσης του κυκλώματος

3.2.3 Ερωτήσεις

1. Ποια η διαφορά φάσης ανάμεσα στη συχνότητα συντονισμού και στη συχνότητα ταλάντωσης του κυκλώματος;

2. Στο σχήμα (3.4), ποια είναι η μέση τιμή του τετραγωνικού παλμού και ποια η RMS τιμή·

3. Στο διάγραμμα I=I(ω) που σχεδιάσατε στην παράγραφο 3.2.1, πώς θα ήταν η μορφή της γραφικής παράστασης αν χρησιμοποιούσατε:
   α) αντίσταση R=87 Ω ;
   β) πυκνωτή χωρητικότητας 3.4 μF;

Κεφάλαιο 4

Μέτρηση τάσης με τη χρήση ηλεκτρομέτρου

4.1 Εκτέλεση πειράματος

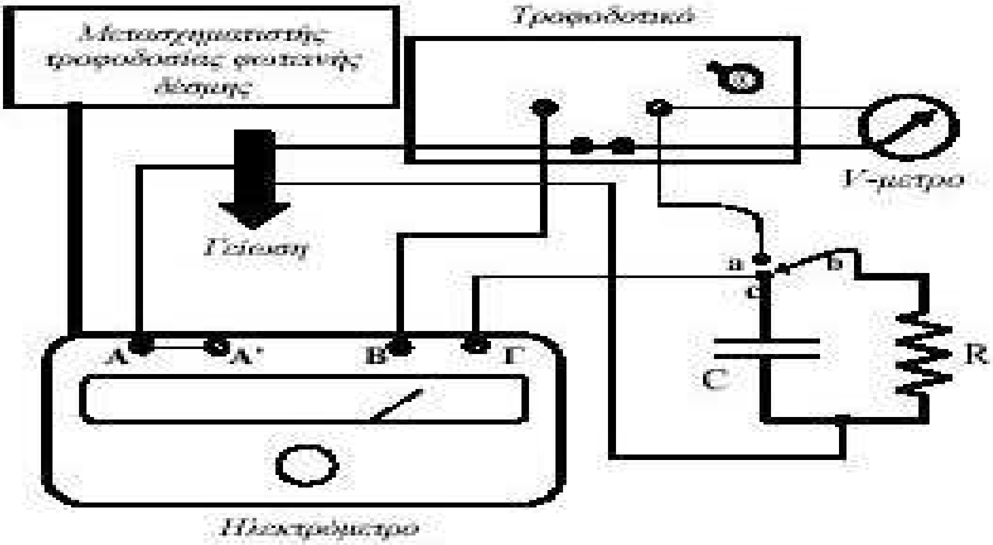
Κατά τη διάρκεια του πειράματος θα πρέπει να έχετε κατά νου ότι το ηλεκτρόμετρο είναι υπερβολικά ευαίσθητο όργανο και τυχόν διαταραχές επηρεάζουν τη λειτουργία του.

1. Επιβεβαιώστε ότι οι ακροδέκτες του ηλεκτρομέτρου είναι γειωμένοι, καθώς επίσης και ότι δεν υπάρχουν εναπομείναντα φορτία στους ακροδέκτες του τροφοδοτικού τάσης.

2. Πραγματοποιείστε το κύκλωμα του σχήματος (4.1) , χωρίς όμως να ανοίξετε τις τροφοδοσίες ακόμα. Επιβεβαιώστε τη σωστή σύνδεση.

3. Για τη βαθμονόμηση του ηλεκτρομέτρου και την παράλληλη φόρτιση του πυκνωτή σας, αυξήστε την μεταβλητή τάση και καταγράψτε την τιμή της (από το βολτόμετρο) και την αντίστοιχη ένδειξη του ηλεκτρομέτρου. Η καταγραφή γίνεται μέχρι την ένδειξη 100 της κλίμακας του ηλεκτρομέτρου και ανά 10 γραμμές περίπου. Εφίσταται η προσοχή στην αργή μεταβολή της τάσης, λόγω της ευαισθησίας του ηλεκτρομέτρου.

4. Ο πυκνωτής είναι πλέον φορτισμένος. Εκφορτίστε τον πυκνωτή σας μέσω **της ωμικής αντίστασης R,** αφαιρώντας την τάση τροφοδοσίας και ξεκινώντας το χρονόμετρό σας. Καταγράφετε την ένδειξη του ηλεκτρομέτρου και τον αντίστοιχο χρόνο, ανά 10 γραμμές περίπου στην κλίμακα του ηλεκτομέτρου μέχρι το τέλος.



Σχήμα 4.1: Κύκλωμα ηλεκτρομέτρου

5. Φορτίστε πάλι τον πυκνωτή σας, όπως στο βήμα 3 (είναι πλέον φανερό πως δεν χρειάζεται πλέον το βολτόμετρο). Τώρα, εκφορτίστε τον πυκνωτή μέσω **της αντίστασης διαρροής** (αφήνοντας το καλώδιο b στον αέρα). Καταγράφετε την ένδειξη του ηλεκτρομέτρου και του χρονομέτρου ανά 1 γραμμή τώρα της κλίμακας του ηλεκτρομέτρου μέχρι τις 85 γραμμές.

Σημείωση: Σε οποιαδήποτε περίπτωση διαπιστώσετε λάθος, επαναλάβετε τη συνδεσμολογία ακολουθώντας το βήμα 1.

Πριν εγκαταλείψετε το εργαστήριο, βεβαιωθήτε ότι έχετε καταγράψει τα στοιχεία του πυκνωτή και της τάσης αναφοράς, ότι έχετε εκτιμήσει τα (τυχόν) σφάλματα στα μεγέθη που μετρήσατε και ότι γειώσατε όλους τους ακροδέκτες του ηλεκτρομέτρου.

4.2 Επεξεργασία

4.2.1 Βαθμονόμηση ηλεκτρομέτρου.

Από τις μετρήσεις του βήματος (3) μπορείτε να χαράξετε την ευθεία ελαχίστων τετραγώνων σε άξονες : ένδειξη ηλεκτρομέτρου - τάση και να προσδιορίσετε την αντίστοιχη συνάρτηση.

4.2.2 Μελέτη εκθετικού νόμου εκφόρτισης του πυκνωτή.

Για τις περιπτώσεις (4) και (5) σχεδιάζετε τη γραφική παράσταση $\ln\frac{V_o}{V} - t$, όπου V_o είναι η αρχική τάση στα άκρα του πυκνωτή που αντιστοιχεί στις 100 γραμμές της κλίμακας του ηλεκτρομέτρου. Από τις δύο γραφικές παραστάσεις υπολογίζετε τις σταθερές χρόνου για τις δύο περιπτώσεις.

4.2.3 Προσδιορισμός ωμικής αντίστασης.

Από τα τ_1, τ_2, C υπολογίζετε τα μεγέθη R_C και R από τις σχέσεις (10) και (11) των εργαστηριακών σας σημειώσεων.

4.2.4 Ερωτήσεις.

1. Επιβεβαιώστε ότι το γινόμενο RC έχει διαστάσεις χρόνου.

2. Να αποδείξετε ότι καθένας από τους οπλισμούς ενός πυκνωτή παράλληλων οπλισμών έλκει τον άλλον με δύναμη

$$F = \frac{q^2}{2\epsilon_o A}$$

   Αποδείξτε τη σχέση με υπολογισμό του έργου που χρειάζεται για την αύξηση της απόστασης μεταξύ των οπλισμών από x σε x+dx.